

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL



**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA
GESTIÓN MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA
PARA LA CIUDAD DE ARMENIA**

PRESENTADO POR:

SUGEY ALEJANDRINA TEREZÓN SEGURA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL:

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIO:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERA CIVIL

Título:

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA
GESTIÓN MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA
PARA LA CIUDAD DE ARMENIA**

Presentado por:

SUGEY ALEJANDRINA TEREZÓN SEGURA

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docentes Directores:

Ing. Mauricio Ernesto Valencia

Ing. Carlos Mata Trigueros

San Salvador, Octubre de 2007

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores:

Ing. Mauricio Ernesto Valencia

Ing. Carlos Mata Trigueros

AGRADECIMIENTOS

A Diosito por que sin sus bendiciones esto no hubiera sido posible desde el inicio de mis estudios hasta la culminación de este proyecto.

A mis asesores, por su ayuda incondicional y desinteresada por sus llamadas de atención que siempre las tome con cariño y como un consejo, por la dedicación y el tiempo prestado, sin ustedes no lo hubiera logrado para mi fueron mis compañeros de tesis.

A Asfaltos de Centro América SA de CV (ASFALCA), por el equipo prestado para la evaluación de los pavimentos y a su personal tanto de oficina como de laboratorio que desinteresadamente colaboraron para las pruebas.

A Ing. Fran Dowe de Planeamiento y Arquitectura por sus consejos para la elaboración del documento y por su colaboración en el préstamo de la viga Benkelman así como al personal, que colaboro para dichas mediciones.

A mis amigos Ingra. Sandra García, Arq. Rhina Castellón, Ada y su esposo, Arq. Claudia Villanueva, Yesenia Peñate, Cristian López que me ayudaron con las evaluaciones de los pavimentos en la ciudad de Armenia, Gracias amigos por su colaboración.

A Ing. Carlos Moran por su comprensión para la culminación de este trabajo y a mis compañeros de trabajo por su ayuda en estos momentos, que necesito de su colaboración.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por sus bendiciones para culminar esta parte de mi vida y por los ángeles que puso en mi camino para que me ayudaran y alentaran a seguir adelante.

Al ángel más hermoso que me dio Diosito como madre Marina Segura de Terezón por ser el incentivo más grande para seguir adelante, mami este logro es suyo, la quiero mucho.

A mi padre Rigoberto Terezón por inculcarnos el anhelo de superación, sus consejos y su cariño.

A mi mamita Lucia Gamez por ser un ejemplo de lucha y trabajo, por sus consejos y esa fe que tiene en sus nietas, gracias mamita por su cariño incondicional.

A mis hermanitas favoritas Brisa Margarita y Larisa Yasmín por sus desveladas conmigo por ayudarme en toda mi carrera cuando no entendía algo, su apoyo en todo momento y en todos los aspectos de mi vida hermanitas las quiero muchísimo.

A una persona muy importante que estuvo a lo largo de toda mi carrera Fernando Villalobos por las alegrías y tristezas compartidas, por ese apoyo y por los momentos en que me recordabas que yo si podía. Gracias amor.

A mi súper amiga Sandra García, por ser mi amiga, mi compañera de estudio, mi consejera, gracias por tu ayuda en este trabajo creo que a veces te preocupabas más que yo.

A mis amigas Mary de Lemus, Rhina Castellón, Claudia Villanueva, Yesenia López, Soraya Franco, Lorena Reyes, Nicolito, Anita y todas las personas que en los momentos que necesite consejos aparecieron para alentarme y ayudarme en cada etapa de este trabajo todos ustedes son los Ángeles que Diosito puso en mi camino para ayudarme.

ÍNDICE GENERAL

Introducción.	XIX
-----------------------	-----

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.	2
1.2 Planteamiento del Problema.	5
1.3 Objetivos.	6
1.3.1 Objetivo General.	6
1.3.2 Objetivos Específicos.	6
1.4 Alcances.	7
1.5 Limitaciones.	8
1.6 Justificaciones.	9

CAPÍTULO II: MARCO TERORICO

2.1 Aspectos Generales	11
2.2 Definición de Pavimentos Perpetuos.	17
2.3 Estabilización de Suelos.. . . .	19
2.3.1 Características obtenidas en suelos estabilizados con emulsión.. . . .	19
2.3.2 Estabilización de la Sub-Base.	21
2.3.3 Estabilización de la Base.	22
2.3.4 Estabilización con pavimentos reciclados	23

2.3.5 Ejecución de la estabilización.	26
2.4 Pavimentación asfáltica en bajos espesores.	32
2.4.1 Aplicación en el mantenimiento de caminos.	34
2.5 Tratamientos superficiales.	36
2.5.1 Materiales para los tratamientos.	38
2.5.2 Lechadas Asfálticas (Slurry Seal).	41
2.5.3 Micro-Aglomerado (Micro-Surfacing).	49
2.5.4 Cap Seal.	57
2.6 Reciclaje de pavimentos..	59
2.6.1 Ventajas del reciclaje de pavimentos.	60
2.6.2 Técnicas de reciclaje.	61

CAPÍTULO III: EVALUACION DE PAVIMENTOS

3.1 Sistemas de administración de pavimentos (SAP).	64
3.2 Establecimiento de un programa de mantenimiento.	67
3.2.1 Elementos de un programa de preservación de pavimentos.	68
3.2.2 Tratamientos de mantenimiento preventivo.	71
3.3 Métodos de evaluación y diagnóstico estructural de los pavimentos existentes.	75
3.3.1 Análisis de los deterioros asociados con carga.	76

3.32 Ensayos destructivos.	79
3.33 Ensayos no destructivos	80
3.34 Viga Benkelman.	83
3.4 Evaluación de las principales calles de la ciudad de Armenia en Sonsonate.	89

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

4.1 Determinación del numero estructural efectivo <i>S_{Nef}</i> del pavimento existente.	124
4.2 Clasificación de los tramos en estudio.	128
4.3 Calculo del espesor de refuerzo.. . . .	135
4.4 Programación de actividades de conservación.	136

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.	139
5.2 Recomendaciones.	141

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Tabla 2.1	Agregados para mezclas de arena-emulsión para sub-bases.	21
Tabla 2.2	Agregados para mezclas con emulsión para bases	23
Tabla 2.3	Observaciones del comportamiento de tratamientos en el mantenimiento preventivo	36
Tabla 2.4	Granulometrías para lechadas asfálticas.	45
Tabla 2.5	Granulometrías para micro-aglomerados	54
Tabla 2.6	Cantidad de asfalto y de agregado para cap seal.	58

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Tabla 3.1	Tipología de los deterioros en pavimentos y posibles causas	72
Tabla 3.2	Posibles tratamientos (mantenimiento preventivo) para varios tipos de deterioros	73
Tabla 3.3	Costos unitarios y expectativa de vida de un tratamiento típico para mantenimiento preventivo	75
Tabla 3.4	Deflexiones obtenidas con la viga Benkelman en la Avenida 3 de Abril	105
Tabla 3.5	Formulario modulo de daños en pavimentos	

	de 2 ^a Calle Oriente.	106
Tabla 3.6	Formulario modulo de daños en pavimentos de Calle Alberto Masferrer	108
Tabla 3.7	Formulario modulo de daños en pavimentos de 1 ^a Calle Oriente.	110
Tabla 3.8	Formulario modulo de daños en pavimentos de 5 ^a Calle Oriente.	112
Tabla 3.9	Formulario modulo de daños en pavimentos de 2 ^a Avenida Sur.	114
Tabla 3.10	Formulario modulo de daños en pavimentos de 4 ^a Avenida Sur.	116
Tabla 3.11	Formulario modulo de daños en pavimentos de 6 ^a Avenida Sur.	118
Tabla 3.12	Espesores y materiales de las capas de los pavimentos en estudio.	121
Tabla 3.13	Espesores y materiales de las capas de los pavimentos en estudio	122

CAPÍTULO IV:

Tabla 4.1	Valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados.	125
Tabla 4.2	Calculo del numero estructural (<i>S_{Nef}</i>).	126

Tabla 4.3	Calculo del numero estructural (<i>S_{Nef}</i>) de Avenida 3 de Abril.	127
Tabla 4.4	Tramos que se clasifican en tercer grupo.	129
Tabla 4.5	Tramos que se clasifican en segundo grupo.	131
Tabla 4.6	Tramos que se clasifican en primer grupo.	133
Tabla 4.7	Calculo del espesor de refuerzo.	135
Tabla 4.8	Actividades anuales a realizar para el mantenimiento rutinario.	136
Tabla 4.9	Actividades a realizar de mantenimiento periódico para los tramos en estudio.. . . .	137

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Figura 1.1	Estructura típica de pavimentos flexibles.	12
Figura 1.2	Estructura típica de pavimentos articulados.	13
Figura 1.3	Estructura típica de pavimentos rígidos	14

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

Figura 2.1	Maquina de Recuperación de caminos	28
Figura 2.2	Planta ambulante	29
Figura 2.3	Motoniveladora	30
Figura 2.4	Rodillo llanta de hule o neumático	31
Figura 2.5	Rodillo vibratorio ruedas metálicas.	31
Figura 2.6	Rodillo vibratorio pata de cabra y rodillo vibratorio liso	31
Figura 2.7	Equipo para lechada asfáltica.	42
Figura 2.8	Diagrama de un típica mezcladora para lechadas asfálticas	43
Figura 2.9	Unidad continua para micro-aglomerados	52
Figura 2.10	Proceso de reciclaje	60
Figura 2.11	Clasificación general de reciclado de pavimentos	62

CAPÍTULO III: EVALUACION DE PAVIMENTOS

Figura 3.1	Categorías de mantenimiento de pavimentos	65
Figura 3.2	Variación típica de las condiciones del pavimento en función del tiempo	66
Figura 3.3	Costo efectividad de estrategias de mantenimiento sobre un periodo de análisis.	66
Figura 3.4	Elementos de un programa de preservación de pavimentos.	70
Figura 3.5	Viga Benkelman	81
Figura 3.6	Deflectómetro Lacroix	81
Figura 3.7	Equipo Dynaflect	82
Figura 3.8	Equipo Road Rater	82
Figura 3.9	Equipo Kuab	84
Figura 3.10	Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman	85
Figura 3.11	Colocación de la viga Benkelman	85
Figura 3.12	Colocación del extremo de medida entre las ruedas gemelas del camión	86
Figura 3.13	Ajuste de la parte trasera de la viga para lograr el apoyo del extremo en el vástago móvil	86
Figura 3.14	Colocación del limbo comparador hasta que la aguja marque cero	86
Figura 3.15	Desplazamiento de camión	87
Figura 3.16	Hundimiento de adoquines y presencia de vegetación	89

Figura 3.17	Grietas por reflexión de juntas en adoquines.	.	.	.	90
Figura 3.18	Falta de junta de dilatación en pozos.	.	.	.	90
Figura 3.19	Empedrado fraguado con carpeta de asfalto.	.	.	.	90
Figura 3.20	Huecos y desintegración de bordes.	.	.	.	91
Figura 3.21	Huecos, desintegración de bordes por acumulación de agua y grietas.	.	.	.	91
Figura 3.22	Baches de asfalto, desintegración de bordes alrededor de pozo y grietas.	.	.	.	92
Figura 3.23	Huecos, desintegración de bordes, baches y grietas.	.	.	.	92
Figura 3.24	Bache de asfalto por la introducción de tuberías.	.	.	.	93
Figura 3.25	Tramo empedrado fraguado con baches de asfalto.	.	.	.	93
Figura 3.26	Perdida de agregados a lo largo del tramo y bache de asfalto.	.	.	.	93
Figura 3.27	Baches por la introducción de tuberías y hundimiento de adoquín.	.	.	.	94
Figura 3.28	Baches de asfalto y hundimiento de algunas piezas de adoquín.	.	.	.	94
Figura 3.29	Baches irregulares de asfalto sobre el adoquinado.	.	.	.	94
Figura 3.30	Grietas transversales y baches de asfalto por introducción de tuberías.	.	.	.	95
Figura 3.31	Piel de cocodrilo y parchado de asfalto.	.	.	.	95

Figura 3.32	Parchado de concreto y asfalto, grietas y peladuras	96
Figura 3.33	Huecos y desintegración de bordes	96
Figura 3.34	Parchado de concreto, grietas y baches	96
Figura 3.35	Grietas longitudinales.	97
Figura 3.36	Huecos en muy mal estado	97
Figura 3.37	Piel de cocodrilo con severidad muy alta y peladuras	98
Figura 3.38	Daño estructural debido al bombeo de finos.	98
Figura 3.39	Perdida del nivel de diseño	
Figura 3.40	Piel de cocodrilo, abultamientos, grietas longitudinales y transversales.	99
Figura 3.41	Piel de cocodrilo con severidad muy alta	99
Figura 3.42	Grietas transversales y longitudinales, exposición de agregados y baches	99
Figura 3.43	Grietas transversales y longitudinales	100
Figura 3.44	Hundimiento de piezas de adoquín	100
Figura 3.45	Hundimiento de piezas de adoquín con bache de asfalto	101
Figura 3.46	Grietas transversales y longitudinales	101
Figura 3.47	Peladura, grieta transversales y longitudinales	101
Figura 3.48	Perdida de carpeta asfáltica	102
Figura 3.49	Baches de concreto, grietas y peladuras	102
Figura 3.50	Bache de concreto por introducción de tuberías	102
Figura 3.51	Peladuras, grietas y baches de asfalto sobre el adoquín.	103

Figura 3.52	Peladura con severidad alta.	103
Figura 3.53	Parchado de concreto y peladura con severidad alto.	104
Figura 3.54	Peladura, grietas transversales y longitudinales.	104
Figura 3.55	Extracción de núcleos.	120
Figura 3.56	Hueco después de extraer núcleo.	120
Figura 3.57	Exploración del material y espesor de base y sub-base.	120

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Figura 4.1	Tramos clasificados en tercer grupo.	130
Figura 4.2	Tramos clasificados en segundo grupo.	132
Figura 4.3	Tramos clasificados en primer grupo.	134

ÍNDICE DE PLANOS**CAPÍTULO III: EVALUACION DE PAVIMENTOS**

Plano 1.1	Plano de fallas en el pavimento 2ª Calle Oriente.	.	.	.	107
Plano 1.2	Plano de fallas en el pavimento				
	Calle Alberto Masferrer	.	.	.	109
Plano 1.3	Plano de fallas en el pavimento 1ª Calle Oriente.	.	.	.	111
Plano 1.4	Plano de fallas en el pavimento 5ª Calle Oriente.	.	.	.	113
Plano 1.5	Plano de fallas en el pavimento 2ª Avenida Sur.	.	.	.	115
Plano 1.6	Plano de fallas en el pavimento 4ª Avenida Sur.	.	.	.	117
Plano 1.7	Plano de fallas en el pavimento 6ª Avenida Sur.	.	.	.	119

INTRODUCCION

En el presente trabajo de graduación, se pretende plantear un Programa de Mantenimiento Vial utilizando el concepto de los Pavimentos Perpetuos, que son estructurados para tener larga vida, sin necesitar una rehabilitación estructural, solamente de renovaciones superficiales periódicas y económicas, dicho programa podrá ser utilizado por las instituciones y las municipalidades de nuestro país, debido básicamente a la gran necesidad de solucionar los problemas viales, en lo referente a poseer acceso a buenos caminos, facilitando así un posterior desarrollo y bienestar tanto económico como social. Además se tomará en consideración, que los presupuestos municipales actuales son bastante limitados y que no cuentan con el personal técnico adecuado que aborde estos aspectos, cualidades que hacen necesaria la creación de una programación de mantenimiento vial económicamente factible.

El programa de mantenimiento tomará como lugar de análisis la ciudad de Armenia, que se encuentra ubicada en el departamento de Sonsonate, considerando únicamente en él las vías principales de la mencionada ciudad, en donde se proyectará el tiempo de intervención de dichas vías, de acuerdo al tráfico vehicular circulante en la zona y al estado actual en que se encuentran los pavimentos que la conforman.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

A partir de la década de los años cincuenta, y a un ritmo cada vez más rápido hasta la década de los años setenta, los gobiernos de los países de América Latina y el Caribe invirtieron una porción importante de los recursos estatales en la construcción de grandes redes viales y de otra infraestructura de transporte. Estos recursos provenían en su mayor parte de los impuestos recaudados, pero también de préstamos nacionales e internacionales. El objetivo de este gigantesco esfuerzo consistía en crear una base sólida para el desarrollo económico y social de los países. En ese entonces, no hubo mayor preocupación por el costo ni por las demás exigencias que supondría, en el futuro, la conservación de la nueva infraestructura.

Gigantescas inversiones, efectuadas a largo plazo, llegan al fin de su vida útil después de relativamente pocos años de uso, debido a que no existe una conservación adecuada. Se estima que la mala gestión de conservación de las redes viales de América Latina y el Caribe causa un aumento innecesario de los costos de operación de vehículos, que pueden llegar a equivaler entre 0.5% y 1% del Producto Geográfico Bruto. Además, ocasiona una pérdida anual del patrimonio vial, que se estima en aproximadamente 3000 millones de dólares.

Sobran evidencias de que el sistema prevaleciente de organización y financiamiento de la conservación vial es inadecuado. Más aún, el sistema actual difícilmente permite una mejora sustancial y sostenida a largo plazo.

La demanda de una red de carreteras bien conservadas y eficientes es esencial para el desarrollo de un país, este interés en particular a dicha temática ha resultado en un aumento en los recursos fiscales asignados al mejoramiento de las carreteras, demandando mayor énfasis en el mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos existentes.

En noviembre del año 2000, se creó en nuestro país el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) como ente autónomo, conformado por un Consejo Directivo; integrado por dos representantes del sector público, uno del Ministerio de Obras Públicas, Transporte Vivienda y Desarrollo Urbano (MOP) y otro del Ministerio de Economía (ME), además de incluir tres representantes de las gremiales de Asociación Nacional de la Empresa Privada (ANEP); provenientes del sector comercio, industria, agropecuario o de servicios y dos representantes de los usuarios nombrados por el presidente de la república. Por lo tanto el FOVIAL tiene como objetivo establecer el marco legal para el financiamiento y la gestión de la conservación de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenable, que constituyen el conjunto de vías de la Red Vial Nacional Prioritaria, en buen y regular estado.

En la actualidad el mejoramiento y mantenimiento de las vías en los municipios de nuestro país se encuentra en manos de las alcaldías correspondientes a cada una de ellas, por estas razones parece haber llegado el momento de reenfocar la gestión de conservación de las redes viales, sobre todo en materia de organización y financiamiento. Estos deben estar regidos por las normativas, especificaciones y técnicas actuales; en nuestro estudio nos basaremos en agencias americanas, tales como, el Instituto del Asfalto (Asphalt Institute), la Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administration, FHWA), la Asociación Nacional de Pavimentos Asfálticos (National Asphalt Pavement Association, NAPA), la Cooperativa Nacional para el Programa de Investigación de Carreteras (National Cooperative Highway Research Program, NCHRP), entre otras.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país las vías terrestres ocupan un lugar primordial en la comunicación de las ciudades y poblados, facilitando el intercambio de bienes y servicios entre ellos, como consecuencia de esto se genera y estimula el posterior desarrollo económico y social de todas las poblaciones aledañas a la zona.

En nuestra actualidad los gobiernos municipales poseen una estructura organizativa propia, con recursos humanos, financieros y técnicos bastante limitados; recursos técnicos en el sentido que las unidades de ingeniería y catastro que poseen cumplen más que todo, las funciones de vigilancia municipal y tributaria del inventario territorial jurisdiccional, administrativamente.

La creación de un programa de mantenimiento vial para los poblados municipales, se hace muy necesario y sobre todo que este acorde a los recursos que los gobiernos municipales posean, sobre todo en el aspecto económico. Que se pueda lograr una condición que no requiera una mayor intervención más que el de un mantenimiento rutinario con menor costo, logrando de esta manera proporcionar y cumplir con las necesidades que las comunidades exigen. Se da el caso que algunas municipalidades incurren en créditos para ejecutar las obras de pavimentación de sus municipios y en el peor de los casos la obra vial ejecutada ya presenta graves deterioros, sin ni siquiera haber terminado de pagar dichos créditos.

1.3 OBJETIVOS

1.31 OBJETIVO GENERAL

Elaborar un programa de mantenimiento para los pavimentos asfálticos, que sea factible técnica y económicamente de aplicar a cualquier municipio de nuestro país, tomando como lugar de análisis las vías principales de la ciudad de Armenia, ubicada en el departamento de Sonsonate, con el fin de tener una ciudad tipo que permita desarrollar el modelo.

1.32 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Utilizar un modelo de mantenimiento en las vías, basado en el concepto de pavimentos perpetuos, que proporcionan estructuras viales de larga vida, con renovación superficial económica y periódica.

- Poner en práctica la técnica de mezclas fabricadas en frío, que proporcionan proyectos mucho más económicos y que son ambientalmente amigables, utilizando maquinaria y equipos de menores precios que los utilizados en las mezclas en caliente.

1.4 ALCANCES

- Se elaborará un programa de mantenimiento para las vías principales de la ciudad de Armenia, basado en el concepto de pavimentos perpetuos, que este acorde a la realidad de una ciudad de este tamaño.
- Se proyectará el tiempo de intervención en las vías principales de la ciudad en análisis, de acuerdo al crecimiento del tráfico vehicular de la misma.

1.5 LIMITACIONES

El estudio pretende aplicarse a la gestión municipal, para ello se tomara únicamente como lugar de análisis la ciudad de Armenia, ubicada en el departamento de Sonsonate, para poder tener una referencia real y factible que nos permita desarrollar el método en cuestión.

El concepto de los pavimentos perpetuos, que proporcionaremos plantea estructuras viales a largo plazo, con renovación superficial y periódica, adaptándose perfectamente a la realidad de nuestros municipios, con el objetivo que se pueda desarrollar el modelo y operar sus vías basados en él, además de considerar siempre las limitaciones presupuestarias de las municipalidades de nuestro país.

1.6 JUSTIFICACIONES

Es un hecho ampliamente reconocido que por falta de conservación oportuna, las vías pueden estar en mal estado y se debe incurrir en mayores gastos para poder repararla. Esto sumado a la falta de vigilancia y evaluación oportuna de las vías en nuestros municipios por lo que idóneamente se toma como lugar de análisis el municipio de Armenia en Sonsonate.

Además las municipalidades, no cuentan con el personal adecuado técnicamente, ni mucho menos con un departamento técnico que aborde este tipo de inconvenientes, es por ello que se presenta la necesidad de crear un programa de mantenimiento vial, que sea capaz de dar solución a dicho problema, mejorando sus accesos y posibilitando de esta manera los beneficios tanto sociales y económicos que la población de dicha ciudad tanto necesita, en lo que respecta a la comunicación y accesibilidad entre cantones y comunidades aledañas, incremento en las actividades comerciales y agrícolas, disminución en el costo de combustible y mantenimiento de los automotores, aumento del tránsito y turismo, entre otros.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ASPECTOS GENERALES

Una buena gestión de la infraestructura vial es indispensable tanto para el desarrollo económico como social de una región, debido a esto es que debe dársele la importancia requerida a esta operación, para poder desarrollar un sistema que tenga como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función lo mejor posible.

Aunque la infraestructura vial incluye todo el conjunto de elementos que permiten el desplazamiento de vehículos en forma confortable y segura desde un punto a otro, minimizando las externalidades tanto del medio ambiente como de su entorno, incluyendo los pavimentos y sus características, puentes, túneles, dispositivos de seguridad, señalización, entorno, medio ambiente, impacto en general, etc. En sí el elemento básico dentro de la infraestructura vial son los pavimentos, en torno a ellos se generan todos los elementos mencionados anteriormente debido a la funcionalidad que cumple el pavimento dentro de la operación de un camino.

Es conveniente tener claro el concepto de pavimento antes de hablar de su gestión, se entiende por pavimento al conjunto de los elementos estructurales de un camino, es decir, son todas las capas que lo conforman y que se denominan comúnmente como capa superficial, base y sub-base, todo el conjunto se apoya sobre el terreno natural o subrasante a la cual llega una mínima parte de la carga vehicular. Dependiendo del

material de construcción y de la forma como reciben y controlan las cargas de los vehículos, los pavimentos se clasifican en:

✓ **Flexibles**

Este tipo de pavimento consiste en una carpeta asfáltica la cual realiza la función de superficie de rodamiento; las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores se distribuyen por medio de las características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales, y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa, proporcionando una superficie de rodadura muy confortable para el usuario de la vía. Las capas que conforman un pavimento flexible son la carpeta asfáltica, base, sub-base, las cuales se construyen sobre la capa de la subrasante (ver figura 1.1)

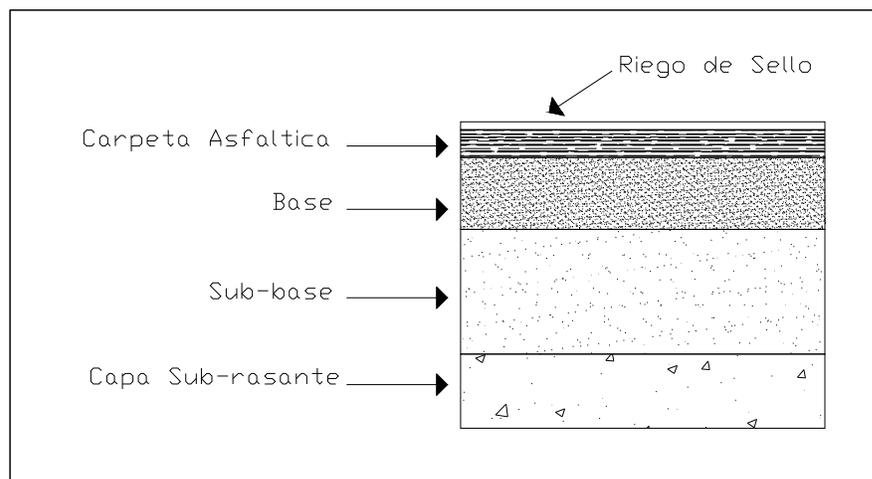


Fig. 1.1 Estructura típica de pavimentos flexibles

✓ Articulados

Construidos con adoquines (bloques de concreto o arcilla prefabricados), que se colocan sobre una capa de arena, que se apoya sobre una capa granular o directamente sobre la subrasante.

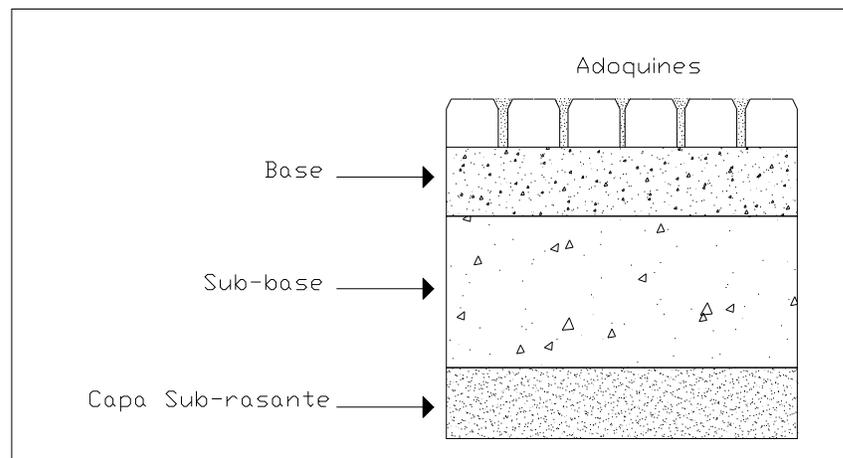


Fig. 1.2 Estructura típica de pavimentos articulados

✓ Rígidos

Se compone de losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe las cargas

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones inferiores sin que se presenten fallas estructurales, la capacidad estructural depende casi totalmente de la losa.

Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la sub-rasante, es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie rígida (ver figura 1.3)

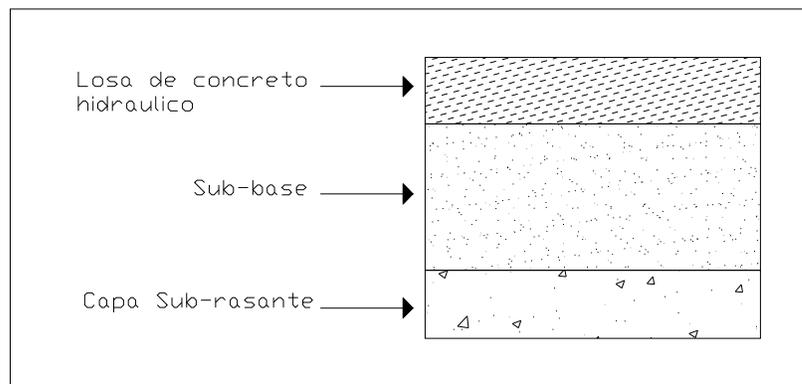


Fig. 1.3 Estructura típica de pavimentos rígidos

La selección del tipo de pavimento a considerar debe basarse en hechos concernientes al desempeño y costo de la estructura del pavimento, se debe tomar en cuenta factores como mitigación del ruido, seguridad en el recorrido y comodidad para el usuario de la vía, entre otros. Dentro de la “Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos (1993)”, en el apéndice B se encuentran consideraciones primarias y secundarias para la selección del tipo de pavimento. Los principales factores mencionados en la guía incluyen tráfico, características del suelo, tiempo, consideraciones constructivas, reciclaje y costos. Los factores secundarios incluyen historia de desempeño, pavimentos adyacentes, conservación de materiales y de energía y disponibilidad de materiales. Dentro de cada uno de estos tópicos el pavimento asfáltico ofrece ventajas que serán analizadas a continuación.

Trafico: Los pavimentos asfálticos tienen un registro probado de manejo de cargas pesadas y altos volúmenes de tráfico, la flexibilidad en construcción significa que el tráfico de la hora pico se puede manejar utilizando una programación nocturna o de fines de semana. La construcción se puede iniciar con un pavimento diseñado para un tráfico pequeño, ahorrando costos y más adelante en el tiempo se puede hacer la actualización a su capacidad última. Uno de los aspectos más interesantes de los pavimentos asfálticos es que se pueden diseñar pavimentos perpetuos, que consisten en estructuras para larga vida con renovación superficial periódica y económica.

Características de los suelos: La variedad en las características del suelo puede dictar la viabilidad económica de una estrategia dada para un pavimento. La construcción por etapas es a menudo una práctica exitosa sobre suelos que están sujetos a cambios de volumen, sobre es importante preparar una buena fundación para el pavimento. Los pavimentos asfálticos se han construido exitosamente en un amplio rango de variedades de suelo, el tratamiento exacto y la compactación del suelo dependerán de la clasificación del suelo, requerimientos de drenaje y clima. El asfalto brinda una ventaja adicional al ser capaz de acomodar una cierta cantidad de ajustes o desplazamientos en el suelo bajo la capa sin una pérdida significativa de serviciabilidad.

Tiempo: La precipitación en forma de nieve, hielo y lluvia afecta la resistencia del suelo, así mismo, la humedad y la temperatura, en términos de congelamiento y deshielo, tienen un impacto en la superficie de rodadura. Los pavimentos asfálticos se

han utilizado exitosamente en climas tanto cálidos como fríos, brindando un excelente servicio.

Consideraciones de construcción: La opción de construcción por etapas puede dictar el tipo de pavimento a construir y permite que una porción de la estructura del pavimento se construya inicialmente a bajo costo, con la adición planeada de espesor más adelante y que los administradores viales puedan utilizar mejor los recursos presupuestales.

Reciclaje: La opción de reciclar el material de un pavimento existente o reutilizar el material de otra fuente es una consideración importante. Esto ahorra recursos naturales y espacio en botaderos, además de reducir los requerimientos de energía en la producción de materiales. Hay una variedad de productos de otras industrias que pueden ser útiles en la mezcla asfáltica, por ejemplo, la escoria del acero se ha utilizado durante años como un agregado durable y duro en la mezcla, el caucho de llanta se ha utilizado exitosamente, la arena de las fundiciones se puede usar como una porción del agregado fino en la mezcla, entre otros. La utilización de los pavimentos asfálticos reciclados (RAP) provee mejoras en la economía y son ambientalmente amigables.

Costos: La economía debería ser la principal consideración que involucre el consumo de recursos públicos. La guía AASHTO reconoce que hay instancias en las que el costo inicial puede excluir la consideración de otros factores, pero hace hincapié en el análisis de costos durante el ciclo de vida (LCCA - life cycle cost analysis). Si se usa el LCCA, la

longitud del período de análisis debería ser suficiente para incorporar una rehabilitación principal representativa o reconstrucción para cada alternativa. Esta franja puede estar entre 30 y 50 años.

El tiempo desde la construcción inicial del pavimento hasta la primera rehabilitación y el tiempo de las subsecuentes actividades de rehabilitación tienen una importancia crítica en la comparación de costos, Donde el pavimento asfáltico de larga duración, es decir el Pavimento Perpetuo resulta ser el mas económico.

2.2 DEFINICION DE PAVIMENTOS PERPETUOS

Un Pavimento Perpetuo se define como un pavimento asfáltico diseñado y construido para durar más de 50 años sin requerir mayor rehabilitación estructural o reconstrucción, necesitando solamente una renovación superficial periódica en respuesta a la fatiga que es confinada a la superficie del pavimento.

El concepto de Pavimento Perpetuo o el de pavimento de larga duración, como puede también llamarse, no es nuevo, se han construido desde los años sesenta y aquellos que fueron bien diseñados y bien construidos han sido muy exitosos, proporcionando por mucho tiempo servicios de larga vida bajo tráfico pesado. Estos son construidos

directamente sobre suelos de subrasante modificadas o sin modificar y las secciones son colocadas sobre bases granulares.

Este tipo de pavimento tiene un espesor adecuado de mezcla para evitar las grietas por fatiga de abajo hacia arriba y para evitar también el ahuellamiento de profundidad estructural, la superficie está compuesta de una mezcla convencional resistente al ahuellamiento, que se coloca sobre una base fuerte que provee soporte durante la construcción y resiste los cambios de clima. Así, los costos de rehabilitación futura se minimizan porque el pavimento necesita solamente recarpeteo periódico.

Una de las ventajas alcanzadas de estos pavimentos es que la sección total del pavimento es más delgada que aquellos en los que se emplea una capa de asfalto delgada sobre bases granulares gruesas. Como resultado, el potencial por fatiga tradicional puede ser eliminado y el agrietamiento del pavimento puede ser confinado a la capa más superficial de la estructura.

Ambas son grandes ventajas en los Pavimentos Perpetuos, así cuando aparecen los daños superficiales y alcanzan un nivel crítico, una solución viable y económica es simplemente remover la capa superior y reemplazarla con el mismo espesor y a la misma profundidad, además de ello el material del pavimento que es removido puede ser reciclado.

2.3 ESTABILIZACION DE SUELOS

La estabilización de suelos para pavimentos es la consolidación de una capa del pavimento o del material de terracería, tanto desde el punto de vista de la resistencia a la deformación por carga, como de la insensibilidad a la acción del agua. Esto se logra mediante la selección adecuada de los materiales por su estructura, la compactación mecánica o el empleo de algún producto cementante. El suelo así tratado puede servir para sub-base o base.

Existen diferentes métodos de estabilización de suelos entre los que se pueden mencionar los de acción mecánica, empleando cementantes naturales, productos asfálticos y productos químicos. Nuestro estudio se desarrolla básicamente en el empleo de emulsiones asfálticas para lograr la requerida estabilización de la capa de terracería, sub-base y base de un pavimento, como requisito básico de los pavimentos perpetuos.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS OBTENIDAS EN SUELOS ESTABILIZADOS CON EMULSIONES ASFALTICAS.

El tratamiento de un suelo con una emulsión asfáltica, posee una amplia variedad de aplicaciones en construcción, rehabilitación y mantenimiento de pavimentos. Además permite mejoras en sus características, entre las que se pueden mencionar:

a. Disminución de la permeabilidad

El ligante residual rellena una parte de los huecos, en el caso de suelos finos, el ligante desempeña igualmente la misión de obstruir, en numerosos puntos, los canales capilares. El nivel de la permeabilidad final, será función del porcentaje de huecos del esqueleto mineral en particular, de su granulometría y de su contenido de ligante, disminuyéndola notablemente. De esta manera las capas inferiores y la subrasante están mejor protegidas contra los daños ocasionados por el agua.

b. Aporte o aumento de la cohesión y la flexibilidad

El tratamiento con emulsiones asfálticas proporciona cohesión a los materiales que no la tienen, aumentando la de aquellos naturalmente cohesivos, también proporciona flexibilidad permitiendo el uso de capas delgadas, sin la utilización de juntas.

c. Mejora de las resistencias mecánicas

Gracias a la disminución de la permeabilidad y al aumento de la cohesión, el tratamiento con emulsión asfáltica, trae consigo de manera general, un aumento de la resistencia a la compresión, tracción y cortante, tanto en seco como en presencia de agua.

La realización de un tratamiento con emulsión no puede ser llevado a cabo sino después de un estudio detallado, que permita verificar que el material tratado alcanza las prestaciones mecánicas suficientes en relación con las sollicitaciones a las que estará sometido. Los materiales con los que es posible realizar un tratamiento con emulsión son básicamente:

- Arenas limosas o ligeramente arcillosas
- Arenas granulométricamente bien graduadas
- Materiales granulares triturados
- Materiales granulares reconstituidos

2.3.2 ESTABILIZACIÓN DE LA SUB-BASE

Pueden emplearse como sub-bases para pavimentos estabilizados con emulsiones asfálticas, los materiales no plásticos tales como las arenas, arenas de ríos y gravas pobremente graduadas y arenas limosas con bajo contenido de arcilla. Algunas de las granulometrías típicas y otras propiedades básicas que deben presentar este tipo de agregados para obtener una mezcla arena – emulsión asfáltica ideal se presentan en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1
AGREGADOS PARA MEZCLAS DE ARENA EMULSION PARA SUB-BASES.

TAMAÑO DEL TAMIZ	PORCENTAJE TOTAL QUE PASA		
	POBREMENTE GRADUADA	BIEN GRADUADA	ARENAS LIMOSAS
12.5 mm (1/2 pulg)	100	100	100
4.75 mm (No. 4)	75-100	75-100	75-100
300 µm (No. 50)	-	15-30	-
75 µm (No. 100)	-	-	15-65
12.5 µm (No. 200)	0-12	5-12	12-20
Equivalente de Arena, %	min. 40	min. 40	min. 40
Indice de Plasticidad	máx. 65	máx. 65	máx. 65

Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute).

2.3.3 ESTABILIZACIÓN DE LA BASE

La base de un pavimento es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos, la carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Las principales funciones de la base son soportar adecuadamente las cargas transmitidas por los vehículos a través de la carpeta y transmitir los esfuerzos a la subrasante, por medio de la subbase, de tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en el pavimento. Además de drenar el agua que se introduce por medio de grietas en la carpeta o por los hombros evitando también la ascensión capilar.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales sin estabilizar y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales. Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales.

La Tabla 2.2 muestra granulometrías típicas y otras propiedades que deben presentar los agregados utilizados para la conformación de una base estabilizada con emulsión asfáltica.

TABLA 2. 2
AGREGADOS PARA MEZCLAS CON EMULSION PARA BASE

TAMAÑO DEL TAMIZ	PORCENTAJE TOTAL QUE PASA		
	GRUESA	MEDIA	FINA
37.5 mm (1-1/2 pulg.)	100	-	-
25.0 mm (1 pulg.)	95-100	100	-
19.0 mm (3/4 in)	-	90-100	-
12.5 mm (1/2 pulg.)	25-60	-	100
9.5 µm (3/8 pulg.)	-	20-55	85-100
4.75 mm (No. 4)	0-10	0-10	-
2.36 mm (No. 8)	0-5	0-5	0-10
1.18 mm (No. 16)	-	-	0-5
75 µm (No.200)	0-2	0-2	0-2
Ensayo de los ángeles, @ 500 rev.	Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40
Porcentaje de Caras Trituradas	min. 65	min. 65	min. 65

Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute).

2.3.4 ESTABILIZACIÓN CON PAVIMENTOS RECICLADOS

Consiste en escarificar el pavimento antiguo, recuperar el perfil con la ayuda de maquinaria, corregir la granulometría mediante la aportación de un nuevo material granular y dar cohesión al material pétreo mediante la incorporación de una emulsión asfáltica con una dotación del 3 al 4 % sobre el peso del material seco. Debido a la integración de material granular se conoce con el nombre de Grava-Emulsión.

La emulsión se formula para que envuelva preferentemente las partículas finas del material granular, es por ello que es poco deformable bajo la acción de solicitaciones

rápidas como las producidas con el paso de los vehículos, lo que limita los esfuerzos transmitidos al soporte por las cargas de tráfico y las deformaciones producidas por esas mismas cargas. El ángulo de rozamiento interno de la mezcla se mantiene tan alto como el de la grava antes de ser tratada, es por ello que la grava-emulsión bien compactada no se deforma por fluencia, ni bajo la acción de cargas rápidas, ni tampoco bajo cargas lentas o estáticas, en cambio se adapta bien a las deformaciones lentas del soporte.

Algunas de las ventajas que ofrece, esta técnica que se adapta muy bien a obras de nueva construcción, son:

- En capas de Base

El soporte de la base a construir deberá tener una capacidad portante adecuada, es por ello que se exige realizar una compactación energética, con ello ya no se necesita de una sub-base tratada, pues la grava-emulsión en capas de base y la grava no tratada en la sub-base se valorizan y se complementan perfectamente. Los espesores uniformes pueden variar entre 8 y 15 cm. aunque en ocasiones se pueden alcanzar hasta los 20 o 25 cm.

- Capas Intermedias

Consiste en interponer una capa intermedia de grava-emulsión de 8 cm. de espesor entre la mezcla hidráulica y el pavimento, logrando que el aglomerado asfáltico no se fatigue mientras conserva su integridad la capa de sub-base con mezcla hidráulica, además de evitar la formación de las fisuras de retracción de los aglomerados asfálticos utilizados

en la capa de rodadura, es decir que la impermeabilidad se mantiene a lo largo del tiempo.

El principal campo de aplicación de la grava-emulsión son las operaciones de reperfilado, que consisten en la mejora simultánea de la rugosidad y de la regularidad superficial, reestableciendo el perfil del firme deformado, antes de aplicar un nuevo pavimento, con el objetivo de mejorar la seguridad y la comodidad de los usuarios.

El éxito de la grava-emulsión se basa en el respeto riguroso a la homogeneidad de sus componentes, condicionada por la precisión del mezclado en la planta de fabricación, la fabricación se realiza en frío con un ligante líquido que no emite ni humos ni polvo, consta de varias operaciones:

- Escarificación
- Rastrillado
- Reperfilado
- Aportación de áridos
- Riego con emulsión
- Mezcla del conjunto con ayuda de maquinaria
- Reperfilado final
- Compactación

2.3.5 EJECUCIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN

Diseño de Mezclas

Las mezclas deben ser diseñadas tomando en cuenta las granulometrías y propiedades de los agregados especificados en las Tablas 2.1 y 2.2 tanto para sub-bases como para bases, los contenidos de emulsión deben ser variables con incrementos del 1%, compatibles con los agregados, de tal manera que se obtenga un contenido de emulsión óptimo basado en la evaluación del escurrimiento del asfalto, con una trabajabilidad de la mezcla bastante satisfactoria y un recubrimiento como mínimo del 60 %.

Elaboración de Mezclas de Emulsiones Asfálticas y Agregados

Son varios los métodos que pueden emplearse para elaborar mezclas de emulsión y agregados, en la elección de este tipo de métodos de producción de mezclado, deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- a. Ubicación del proyecto
- b. Volumen del proyecto
- c. Las condiciones de tráfico, si el camino debe mantenerse abierto o cerrado
- d. Si es necesario utilizar agregados de otros lugares para mejorar las propiedades de la mezcla
- e. Tipo y espesor del pavimento
- f. Condiciones climáticas

Entre los métodos a utilizar para la producción de las mezclas de agregados con emulsiones asfálticas tenemos:

Elaboración de la Mezcla en el Lugar

Mediante la mezcla en el lugar, se estabilizan los agregados directamente sobre el lecho del camino, tratando de obtener un reparto homogéneo del ligante, se pueden distinguir diversos tipos de maquinas para realizar el tratamiento:

- Mezcla con mezcladora rotativa

Se han utilizado las mezcladoras del tipo de eje transversal, las cuales consisten de una cámara de mezclado móvil montada sobre una maquina autopropulsada. La profundidad del corte y del mezclado puede ser variada y es controlada por un indicador de profundidad. La emulsión asfáltica puede ser agregada por medio de una barra de riego que se encuentra dentro de la cámara de mezclado o mediante un distribuidor de asfalto que riega con emulsión la superficie en tratamiento.

- Mezcla con maquina de recuperación de caminos.

Estas maquinas se han desarrollado con el aumento del reciclado de los pavimentos asfálticos y mayores espesores de las capas asfálticas, disponen de un rotor de reciclado equipado con piezas con puntas de carburo para una mas efectiva pulverización del asfalto existente y de otros materiales viales. Para la emulsión y el agua, hay sistemas disponibles de adición de líquidos, como se muestra en la fig. 2.1.



Fig. 2.1. Maquina de recuperación de caminos.

- Plantas Ambulantes

Estas son mezcladoras auto-propulsadas que dosifican y mezclan agregados y emulsión asfáltica in-situ a medida que recorren el camino. La planta típicamente empleada recibe, en una tolva, al agregado que descarga un camión de transporte, agrega y mezcla la emulsión asfáltica en una mezcladora y extiende la mezcla por detrás mediante una engrasadora a medida que avanza sobre la superficie que esta siendo tratada, esta planta posee un tanque para almacenamiento de la emulsión asfáltica. El contenido de la emulsión en las plantas ambulantes se fija ajustando la abertura de la compuerta y controlando el volumen de los agregados provistos desde la tolva de alimentación.



Fig. 2.2 **Planta ambulante**

- Mezcla con Motoniveladoras

Es el menos eficaz y preciso de los métodos de mezcla un-situ y es aplicable principalmente en la estabilización de tramos cortos o pequeñas áreas, el éxito de la mezcla con motoniveladora depende en parte de la capacidad del operador de la máquina, mostrada en la figura 2.3. En este método, la emulsión asfáltica es aplicada por un distribuidor de asfalto sobre un caballete aplanado de material del lugar o material no local, inmediatamente delante de la motoniveladora. La hoja mezcla los materiales removiendo repetidamente el material hacia delante y hacia atrás, si se requiere prehumedecimiento con agua, debe aplicarse previamente a la adición de emulsión y en una cantidad ligeramente superior a lo necesitado. Lo importante es que se logre la mayor uniformidad posible en la granulometría del material y en los contenidos de emulsión y de humedad.



Fig. 2.3 Motoniveladora

Sea cual sea el tipo de maquinaria que se utilice, la mezcla siempre debe extenderse en un espesor uniforme, en una sola o en varias capas más delgadas, de modo que en la capa final no hayan áreas de poco espesor. Los equipos de compactación más frecuentemente empleados para la compactación de mezclas con emulsión asfáltica son los neumáticos, vibratorios de ruedas metálicas cerradas, rodillos vibratorios, entre otros, como se muestra en las figuras 2.4, 2.5 y 2.6 respectivamente. El equipo de compactación y como emplearlo dependerá del tipo, propiedades y espesor de la capa de mezcla con emulsión.



ig. 2.4 Rodillos llanta de hule o neumático



Fig. 2.5 Rodillo vibratorio ruedas metálicas



Fig. 2.6 Rodillo vibratorio pata de cabra y rodillo vibratorio liso.

2.4 PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA EN BAJOS ESPESORES

En los últimos años se vienen desarrollando en todo el mundo técnicas de pavimentación en espesores relativamente delgados, menores a 40 mm, con el objetivo fundamental de proteger la estructura del pavimento y proveer una capa de rodamiento con adecuadas condiciones de seguridad y confort. Se suelen denominar sistemas de pavimentación de bajo espesor a aquellas mezclas asfálticas elaboradas y colocadas en caliente o elaboradas y colocadas a temperatura ambiente, cuyo espesor está comprendido entre 10 y 40 mm. Son recapados no-estructurales o funcionales, mientras que los estructurales se aplican entre 50 y 100 mm de espesor.

Las mezclas de bajo espesor se aplican fundamentalmente en el mantenimiento preventivo de los pavimentos, donde se obtiene el máximo costo-efectividad, esto es, en operaciones de mantenimiento que preserven todavía buen estado de la estructura. También se aplican en pavimentos nuevos para proveer de las necesarias condiciones de seguridad y confort que una mezcla convencional no podría aportar, y en el nuevo concepto de pavimentos perpetuos, en los cuales la capa superior es la única que se renueva a lo largo de la vida de servicio. El empleo de las mezclas delgadas resulta costo-efectiva cuando se aplican sobre pavimentos sanos o con presencia de fallas de bajo a mediano nivel. En este sentido el mantenimiento preventivo se ve altamente beneficiado.

Entre los principales beneficios de estas mezclas se encuentran:

- Mejor textura superficial
- Mayor resistencia al deslizamiento
- Adecuada resistencia a la fatiga y deformación permanente
- Mayor durabilidad
- Son reciclables
- Menor sonoridad
- Superior drenabilidad superficial, etc.

No obstante de las ventajas enumeradas, se puede concluir que estos sistemas son más sensibles a la calidad de los materiales como a los procesos constructivos y no corrigen defectos estructurales.

En la actualidad la industria de los pavimentos asfálticos centra su atención en los siguientes elementos fundamentales: calidad, seguridad, impacto ambiental, rapidez de construcción (minimización de las interrupciones al tránsito), confort y costos. Las encuestas sobre caminos siguen mostrando que lo más importante en el sistema de carreteras para el usuario es la condición del pavimento. Se establece claramente que la prioridad para mejorar las carreteras es enfocar en la calidad de la superficie del camino.

Las mezclas asfálticas de bajo espesor se ubican entre los tratamientos superficiales/lechadas (10 mm) y las mezclas convencionales (50 mm) con importantes

ventajas sobre los mismos. Así comparando los tratamientos superficiales con riegos de asfalto y piedra partida con las mezclas asfálticas de bajo espesor, éstas pueden aplicarse bajo condiciones climáticas que serían adversas para un tratamiento, no presentan desprendimiento de partículas y no generan polvo durante la construcción.

Estas mezclas de bajo espesor pueden elaborarse en frío o en caliente. Las elaboradas y colocadas en frío se denominan Micro-Mezclas Asfálticas en Frío o Micro-aglomerados o Micro-surfacing en la literatura inglesa y sus espesores rondan entre 10 y 15 mm. Las elaboradas y colocadas en caliente se denominan Mezclas Asfálticas en Caliente de Bajo Espesor o Thin-Hot Asphalt Mixtures y sus espesores van de 15 a 40 mm siendo más recomendable el intervalo entre 15-25 mm.

2.4.1 APLICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO DE CAMINOS

Estos sistemas con sus variantes (espesores, ligantes, adiciones, etc.) son aplicados normalmente como tratamiento preventivo de la superficie. Adicionalmente pueden también aplicarse como correctores de fallas menores en la superficie, y eventualmente en tratamientos de emergencia a fin de preservar la integridad del pavimento antes de la aplicación de un refuerzo o reconstrucción. Existen tres niveles o categorías de mantenimientos: preventivo, correctivo y de emergencia. La diferencia estriba en el estado del pavimento al momento de la intervención y tiene gran influencia en el costo-efectividad del tratamiento utilizado.

En este sentido las mezclas de bajo espesor tienen un gran potencial como tratamiento preventivo para preservar la estructura y extender la vida útil del pavimento. El mantenimiento preventivo comprende operaciones de rehabilitación de la superficie con el fin de mejorar y extender la vida de servicio del mismo y supone la aplicación de un plan de mantenimiento que a su vez implica la utilización de dichos tratamientos en forma sistemática.

Se debe determinar la condición del pavimento. Para ello deben relevarse las fallas observables en la superficie, analizar la capacidad estructural, la rugosidad y la resistencia al deslizamiento (seguridad). Como regla general, solamente aquellos pavimentos que exhiban una condición estructural buena son candidatos para el mantenimiento preventivo. Como tratamientos a utilizar se puede nombrar los tratamientos con Riegos de Ligante y Agregados, Tratamientos de Rellenado y Sellado de Fisuras, Fog Seal, Chip Seal, Slurry Seal, los Micro-Aglomerados.

Para un mantenimiento preventivo exitoso debe aplicarse en forma sistemática y realizar un seguimiento a fin de determinar la efectividad del mismo. En la Tabla No. 2.3 se indican los resultados de las investigaciones de Geoffroy quien condujo una evaluación de 60 agencias de caminos en los EE.UU. sobre los beneficios de los mantenimientos preventivos aplicados. En dicha tabla se puede observar el incremento de vida útil del pavimento con la aplicación de diferentes tratamientos y la frecuencia de aplicación de los mismos.

TABLA 2.3 OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE TRATAMIENTOS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

TRATAMIENTO	EDAD DEL PAVIMENTO	FRECUENCIA	INCREMENTO DE VIDA UTIL
Relleno de Fisuras	5 – 6	2 – 4	2 – 4
Chip-Seal	7 – 8	5 – 6	5 – 6
Slurry Seal	5 – 10	5 – 6	5 – 6
Micro-Aglomerados	9 – 10	5 – 6	5 – 6

Fuente: Resultados de las investigaciones de Geoffroy. E.E.U.U. 1998.

Se observa que la frecuencia de aplicación de los tratamientos, dejando de lado el tratamiento de fisuras, es de 5 a 6 años con la correspondiente extensión en vida de servicio. Gran parte del éxito a obtener con la aplicación de tratamientos preventivos se basa en la condición existente del pavimento.

2.5 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Tratamiento asfáltico de superficie (asphalt surface treatment) es un término amplio que engloba varios tipos de aplicaciones con asfalto y asfalto-agregado, usualmente de menos de 25 mm (1 pulgada) de espesor y que puede ser aplicado a cualquier tipo de superficie de camino; Esta puede ser una base granular imprimada, un asfalto existente o un pavimento de hormigón de cemento Portland. Estos tratamientos de superficie aplicados a un pavimento existente, son a menudo llamados Riegos de Sellado (Seal Coats).

- A. TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE (CHIP SEAL); implica el riego con la emulsión asfáltica y el inmediato extendido y rodillado de una fina capa de agregado. Para tratamientos superficiales múltiples, el proceso se repite para una segunda e inclusive una tercera vez, con el tamaño del agregado decreciendo en cada aplicación.

- B. SELLADO DOBLE (SANDWICH SEAL); es una técnica relativamente nueva, en la cual se coloca primeramente un agregado de gran tamaño, luego se riega con la emulsión asfáltica (normalmente modificada con polímeros) e inmediatamente se aplica un agregado de menor tamaño que ‘cierra” el sellado.

- C. LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL); es una mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua. La lechada asfáltica es aplicada como un tratamiento de superficie de poco espesor, con una máquina especialmente diseñada.

- D. MICRO-AGLOMERADO (MICRO-SURFACING); es muy parecido a la lechada asfáltica, pero con la incorporación de polímeros y el empleo de técnicas especializadas de diseño, ofrece mayor durabilidad y puede ser colocada en capas de mayor espesor.

- E. CAPE SEAL; es un tratamiento superficial simple seguido de una lechada asfáltica (Slurry Seal) o de un micro-aglomerado (Micro-Surfacing) para llenar los vacíos dejadas entre los agregados de gran tamaño.

Adecuadamente contruidos, los tratamientos asfálticos de superficie son económicos, fáciles de colocar y de larga duración. Todos ellos sellan y agregan años de servicio a las superficies de los caminos; pero cada uno de ellos tiene uno o más propósitos especiales.

Un tratamiento de superficie no es en sí mismo un pavimento. Es principalmente una técnica de mantenimiento económicamente efectiva para prolongar la vida de servicio del pavimento. Resiste la abrasión del tráfico y provee impermeabilización para la estructura inferior. Un tratamiento de superficie agrega poca resistencia estructural y, por lo tanto, normalmente no se lo toma en cuenta al determinar la capacidad portante de un pavimento.

Si bien, empleado correctamente, un tratamiento de superficie puede proveer una excelente superficie resistente al deslizamiento, no es una panacea para todos los problemas del pavimento. Para obtener los mejores resultados, es esencial una clara comprensión de las ventajas y limitaciones de los tratamientos de superficie con emulsiones asfálticas. La intensidad del tráfico, las condiciones y estructura del pavimento existente, las condiciones climáticas y los materiales disponibles debieran tenerse en consideración al elegir y diseñar un tratamiento de superficie.

2.5.1 MATERIALES PARA LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Para construir tratamientos de superficie de alta calidad y durables, tanto la emulsión asfáltica como el agregado deben cumplir normas de calidad establecidas. Aunque otros

tipos de materiales asfálticos pueden utilizarse para tratamientos de superficie, este trabajo sólo aborda el uso de emulsiones asfálticas.

EMULSIÓN ASFÁLTICA

Las emulsiones asfálticas están formadas de tres ingredientes básicos: cemento asfáltico (AC), agua y agente emulsivo. Se le puede agregar aditivos, tales como estabilizadores, aditivos antidesvestimiento, aditivos para el control de fraguado o polímeros para mejorar las propiedades reológicas del asfalto.

Las emulsiones asfálticas ofrecen varias ventajas con respecto a otros tipos de materiales asfálticos, entre las que se pueden mencionar:

- Pueden ser utilizadas con agregados húmedos, los que, de hecho, son preferidos.
- No requieren altas temperaturas para una adecuada aplicación.
- Eliminan el riesgo de incendio asociado con asfaltos diluidos.
- Evitan los problemas de degradación de la calidad del aire por uso de asfaltos diluidos.
- Proveen una más rápida ‘retención’ de los agregados que los asfaltos diluidos.
- Para la mayoría de las situaciones, pueden formularse ajustadas a las condiciones existentes y a los agregados disponibles.

AGREGADOS

Todos los agregados utilizados en una capa de rodamiento están sometidos a la acción abrasiva del tráfico. Si dichos agregados no son lo suficientemente duros para resistir un

rápido desgaste, el pavimento, cuando este húmedo, puede tornarse peligrosamente resbaladizo. La mayoría de los agregados duros puede usarse con éxito para tratamientos de superficie. La resistencia a la abrasión de los agregados puede ser medida con el ensayo Los Angeles (ASTM C 131 y AASHTO T 961). Para tratamientos de superficie, el desgaste por abrasión no debería superar el 45%. Partículas trituradas con áspera textura superficial y absorción relativamente baja darán los mejores resultados. El agregado escogido también debe cumplir los requisitos funcionales de tamaño, forma y limpieza.

Tamaño: El agregado debería ajustarse, a un tamaño, preferentemente en el rango de 6 a 16 mm (1/4 a 5/8 pulgadas) para tratamientos superficiales simples.

Forma: La forma ideal de un agregado para tratamientos de superficie es la cúbica. Las partículas planas o alargadas no son adecuadas, ya que tienden a disponerse según sus lados planos, y a ser completamente cubiertas con asfalto por el espesor necesario para mantener las partículas cúbicas en su lugar.

Limpieza: Es muy importante que el agregado esté limpio. Si las partículas son polvorientas o están recubiertas con arcilla o limo, existe la probabilidad de que la emulsión no se adhiera a la superficie del agregado.

Las técnicas más adecuadas a las condiciones de nuestro país y que además son las más utilizadas, son los tratamientos de Lechada Asfáltica (Slurry Seal), Micro-Aglomerado (Micro-Surfacing) y Cape Seal, por lo que serán ampliadas a continuación.

2.5.2 LECHADA ASFÁLTICA (SLURRY SEAL)

Una lechada asfáltica es una mezcla de agregados de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, aditivos y agua, dicha mezcla se aplica como un tratamiento de superficie, pueden ser tanto una técnica de mantenimiento preventiva como correctiva. El tratamiento no aumenta la resistencia estructural de un pavimento. Cualquier pavimento que es estructuralmente débil en áreas localizadas, debe ser reparado antes de la aplicación de lechada asfáltica.

Ahuellamiento, ondulaciones, hundimientos a lo largo de los bordes, deficiencias en el abovedado, u otras irregularidades de la superficie que disminuyen la transitabilidad del camino, deben corregirse antes de extender la lechada asfáltica.

La lechada asfáltica es una técnica de mantenimiento muy efectiva para superficies de pavimentos viejos. La lechada llena las fisuras superficiales, detiene el desprendimiento de agregados y pérdida de matriz, mejora la resistencia al deslizamiento y en general protege al pavimento y reduce el deterioro por oxidación, prolongando globalmente la vida útil del pavimento.

Las lechadas asfálticas tienen varias ventajas, entre ellas:

- 2 Son de rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- 2 Impiden que el agregado esté suelto.
- 2 Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.

- 2 Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.
- 2 Mínima pérdida de altura del cordón.
- 2 No hay necesidad de ajustes por la presencia de bocas de inspección y otras estructuras.
- 2 Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.

Esta se aplica en un espesor de 3 a 9 mm (1/8 a 3/8 pulgadas). La máquina utilizada para la mezcla y la aplicación es una unidad independiente, de mezcla de flujo continuo mostrada en las Figuras 2.2 y 2.3. Ella alimenta con exactitud a la cámara de mezclado con cantidades predeterminadas de agregado, filler mineral, aditivos, agua y emulsión asfáltica.



Figura 2.7 Equipo para Lechada Asfáltica

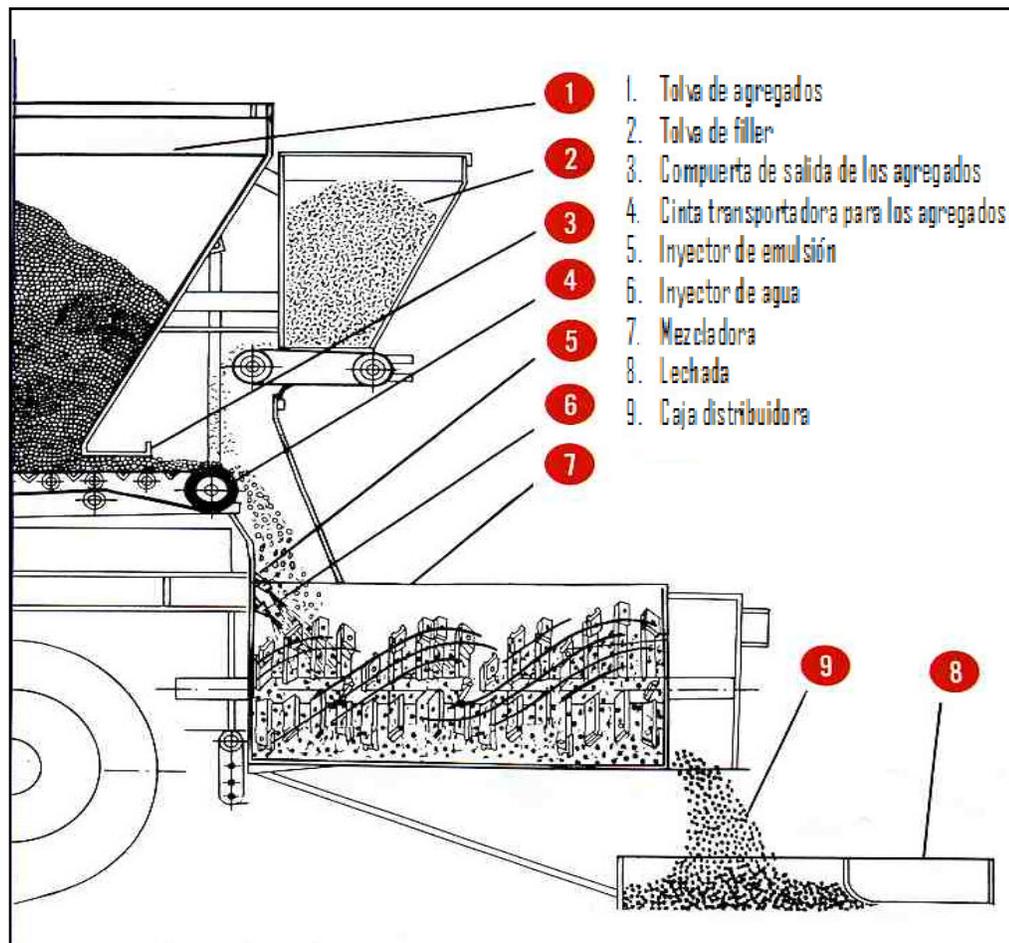


Fig.2.8 Diagrama de una típica mezcladora para Lechadas Asfáltica

La máquina de lechadas tiene una unidad de mezcla continua con elementos agitadores simples o dobles. La lechada asfáltica se descarga, desde la mezcladora, dentro de la caja distribuidora, la cual está equipada con escobas de goma flexibles y tiene un ancho ajustable, pueden estar equipadas con barrenos hidráulicos para distribuir el material uniformemente a lo ancho. Las cajas con barrenos son particularmente beneficiosas cuando se emplea una emulsión de rotura rápida (QS) o cuando en el pavimento hay

pendientes mayores del 8%. En la Figura 2.3 se muestra un tipo de unidad de mezcla de lechadas.

Para lechadas asfálticas se emplean tres granulometrías de agregados indicadas en la Tabla 2.4. La gradación Tipo I corresponde a una capa de sellado de poco espesor, que provee máxima penetración en las fisuras y buenas propiedades de sellado. La lechada asfáltica Tipo I también es un excelente pre-tratamiento para una capa de mezcla asfáltica en caliente o para un tratamiento superficial (chip seal), tiene un buen comportamiento en áreas de baja densidad de tráfico donde el principal objetivo es el sellado, tales como playas de estacionamiento, campos de aterrizaje de aviones livianos, o banquetas.

El tipo II es la gradación para lechadas más ampliamente utilizada. Las lechadas de granulometría Tipo II protegen el pavimento subyacente de la oxidación y del daño por humedad y mejoran la fricción superficial. Adicionalmente, pueden corregir casos de desprendimiento severo. Se emplean en pavimentos con tráfico moderado.

La gradación Tipo III se emplea en correspondencia con aplicaciones voluminosas ($8.2-13.6 \text{ kg/m}^2$) y altos valores de fricción superficial. Las lechadas asfálticas Tipo III se emplean en carreteras de tráfico pesado.

TABLA 2.4 GRANULOMETRIAS PARA LECHADAS ASFÁLTICAS

TIPO DE GRADACIÓN	I	II	III
USO GENERAL	SELLADO DE FISURAS Y SELLADO FINO	SELLADOS EN GENERAL, SUPERFICIES DE TEXTURA MEDIA	SUPERFICIES DE TEXTURA MUY PRONUNCIADA
Tamaño del Tamiz	Porcentaje Pasante	Porcentaje Pasante	Porcentaje Pasante
9.5mm (3/8 pulg.)	100	100	100
4.75mm (N°4)	100	90-100	70-90
2.36mm (N°8)	90-100	65-90	45-70
1.18mm(N° 16)	65-90	45-70	28-50
600 µm (N° 30)	40-65	30-50	19-34
300 µm (N°50)	25-42	18-30	12-25
150 µm (N° 100)	15-30	10-21	7-18
75 µm (N°200)	10-20	5-15	5-15
Contenido del residuo de Asfalto, en % de peso de agregado sseco.	10-16	7.5-13.5	6.5-12
Aplicación en Kg/m ² (libras/ yardas ²), basada en el peso de agregado seco.	3.6-5.4 (8-12)	5.4-9.1 (12-20)	8.2-13.6(18-30)

*Recomendadas por La Asociación Internacional de Lechadas Asfálticas (International Slurry Surfacing Asociation)

Las emulsiones asfálticas utilizadas en las lechadas pueden ser SS-1 (RL-1), CSS-1 (CRL-1), SS-1h (RL1b), QS-1h (RR QS-1h), CSS-1h (CRL-1h) ó CQS-1h (RR QS-1h). Para las emulsiones CQS-1h y QS-1h, no se exige el ensayo de mezcla con cemento. La emulsión adecuada para cualquier agregado de lechada asfáltica puede ser verificada mediante una mezcla de diseño. A la mezcla de lechada pueden agregársele cantidades

relativamente pequeñas de aditivos líquidos o en polvo. Dichos aditivos pueden usarse para mejorar las características de la mezcla, las características de rotura u otras propiedades que se ponen de manifiesto luego del curado. Estos materiales incluyen cemento portland, cal y sulfato de aluminio en adición a algunas sustancias químicas orgánicas. La performance de cualquier aditivo debe evidenciarse en la mezcla de diseño. El agua utilizada en la lechada debe ser potable y compatible con la mezcla.

Un paso importante en la selección de los materiales adecuados y de una mezcla compatible, es realizar una mezcla de diseño en el laboratorio previamente a la aplicación. Los Boletines Técnicos de Diseño de la Asociación Internacional de Lechadas (International Slurry Surfacing Association's Design Technical Bulletins) contienen más información sobre diseño de mezclas. Una correcta combinación de materiales puede producir una lechada con una textura homogénea cremosa que fluirá suavemente como una onda por delante de la enrasadora, no debiera haber escurrimiento de la lechada.

Es esencial calibrar cada máquina de lechada con los mismos materiales del proyecto, esta calibración debería respetar las proporciones de los materiales correspondientes al diseño de la mezcla. Pueden aceptarse informes sobre calibraciones previas con estos mismos materiales, si aquellos fueron realizados dentro del actual año calendario y deberían realizarse aplicaciones de prueba como una verificación final de la consistencia y trabajabilidad de la lechada.

Es importante reparar todas las áreas de falla previamente a la aplicación de la lechada asfáltica, sellando las fisuras en la superficie del pavimento con un aceptable sellador de fisuras. Finalmente, la superficie debe ser limpiada de todos los materiales sueltos, manchas de aceite, vegetación y toda otra materia extraña, Cualquier método estandar de limpieza será aceptable. Si se emplea agua, las fisuras deberán estar secas antes de la aplicación de la lechada asfáltica.

A menos que la superficie del pavimento esté extremadamente “seca” y haya sufrido severos desprendimientos o se trate de un pavimento de hormigón o de ladrillo, en general no es necesario un riego de liga (tack coat) previamente a la aplicación de la lechada asfáltica. De ser necesario el riego de liga, éste debería consistir de una parte de asfalto emulsificado y de tres partes de agua. El distribuidor deberá ser capaz de aplicar uniformemente la dilución con un volumen unitario de 0.25 a 0.45 l/m² (0.05 a 0.10 galones/yarda²). El riego de liga debe curar antes de aplicarse la lechada asfáltica.

Cuando las condiciones locales lo requieran, la superficie será ligeramente humedecida con una muy fina aspersion de agua por delante de la caja distribuidora. La cantidad unitaria de aplicación de la fina aspersion debe ser ajustada durante el día para adaptarse a las condiciones reinantes. Para la aspersion con agua, la máquina de lechadas dispone de barras de riego. Debe evitarse una excesiva aspersion, que origine charcos delante de la caja distribuidora.

Durante la aplicación de la lechada asfáltica, no debe haber grumos, ni apelotonamientos ni haber material grueso sin mezclar en la caja distribuidora. En cada parte de la caja distribuidora debe haber suficiente material para lograr un cubrimiento completo, debe evitarse sobrecargar la caja distribuidora. Estrías, como aquellas causadas por un agregado de tamaño excesivo, deben ser reparadas inmediatamente con una escoba de goma de mano.

Debe ponerse cuidado en evitar la excesiva acumulación de lechada asfáltica en las juntas longitudinales y transversales. En juntas longitudinales se permite un máximo traslapo de 150 mm (6 pulgadas). Las juntas transversales deben ser lo suficientemente suaves para permitir un confortable desplazamiento de los vehículos.

Para mejorar las juntas, corregir imperfecciones menores y colocar la lechada en áreas inaccesibles a la máquina, se emplean rastras y escobas manuales. El área a ser trabajada manualmente debe ser ligeramente humedecida con agua. Luego, la lechada asfáltica puede ser colocada e inmediatamente trabajada con las escobas de goma de mano, debe ponerse cuidado en no dejar las áreas trabajadas a mano con una apariencia desagradable. La aplicación manual de la lechada asfáltica debe limitarse a y sólo debe realizarse en, áreas imposibles de acceder con la máquina.

Rara vez es necesaria la compactación de una lechada asfáltica, el uso de un compactador neumático puede ayudar en proyectos de aeropuertos y playas de estacionamiento, donde el tráfico existente no alcanza a compactar suficientemente la lechada luego de su aplicación. Un compactador neumático de nueve ruedas, con un

peso de entre 9 y 11 toneladas, con una presión de 350-425 kPa (50-60 libras por pulgada²), es adecuado y en general son suficientes dos pasadas.

Es importante compactar cuando el proceso de rotura de la lechada asfáltica está lo suficientemente avanzado para soportar el paso del compactador sin que haya material que quede adherido a las ruedas. Los compactadores de ruedas de acero no son adecuados para lechadas asfálticas, estos compactadores tienden a apoyarse sobre las zonas altas del pavimento, dejando sin compactar las áreas bajas. Además, dejan marcas en la superficie y pueden triturar el agregado de mayor tamaño.

Las lechadas asfálticas no deben colocarse cuando la temperatura del pavimento o del aire es inferior a 10° C (50° F) y está descendiendo; pero pueden ser aplicadas cuando las temperaturas del pavimento y del aire son superiores a 7° C (45° F) y en ascenso. Las lechadas asfálticas no deberían ser extendidas cuando existe la posibilidad de que el producto final hiele dentro de las 24 horas de ser colocado y no deberían ser aplicadas en condiciones de niebla excesiva o en períodos de lluvia.

2.5.3 MICRO-AGLOMERADO (MICRO-SURFACING)

Al igual que las lechadas asfálticas, el micro-aglomerado es una mezcla de agregados bien graduados, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua; pero mediante la adición de polímeros y el uso de técnicas de diseño especializadas, con el micro-aglomerado pueden lograrse espesores varias veces el tamaño del agregado. Como tratamiento superficial, el micro-aglomerado ofrece protección al pavimento subyacente y mejora los

valores de fricción superficial. Emulsivos especiales presentes en emulsiones de micro-aglomerados contribuyen a las características de rápida rotura.

Bajo condiciones promedio, se requieren formulaciones que permitan la liberación de la superficie al tránsito normal en una hora. Reperfilados menores pueden lograrse con una múltiple aplicación. Hay equipos especiales que permiten rellenar huellas de hasta 40 mm (1 ½ pulgadas) en una sola pasada. Las características y beneficios del micro-aglomerado incluyen:

Características:

- 2 Es una mezcla compuesta por una importante proporción de áridos totalmente machacados, en los que el tamaño máximo de los estos, es superior o igual a 4mm.
- 2 Posee, en el momento de su aplicación, una consistencia fluida incluso a temperatura ambiente
- 2 No necesita, por lo general, compactación tras su puesta en obra.
- 2 Constituye una capa de rodadura de pequeño espesor (10mm a 15mm).
- 2 Crea durante un largo periodo de tiempo, una superficie no deslizante, siendo esta cualidad, resistencia al deslizamiento, el punto fuerte de esta técnica.

Beneficios:

- 2 Rápida rotura, rápida liberación al tránsito
- 2 La rotura química permite la aplicación durante la noche.

- 2 Adecuado para carreteras de accesos controlados, de alto volumen de tráfico.
- 2 La capa inicial seguida de una capa de terminación provee un reperfilado menor y una nueva superficie de rodamiento.
- 2 El relleno de huellas seguido de una capa de terminación provee un apropiado drenaje de agua y reduce la posibilidad de hidroneo del vehículo.

El micro-aglomerado es mezclado y colocado por camiones auto-propulsados, compartimentados, diseñados específicamente para esta tarea. Una muy precisa dosificación asegura adecuados porcentajes de cada componente en el volumen de alimentación continua. La cámara de mezclado es una mezcladora de doble eje, múltiples paletas, que rápidamente combina y mezcla completamente los materiales. La mezcla semi-fluida de micro-aglomerado cae en una caja de enrasado con barrenos y es depositada sobre el pavimento en el ancho de una trocha, a medida que el camión avanza a lo largo del camino.

Los camiones de micro-aglomerado para colocación continua como se muestra en la Figura 2.4, son provistos con agregados y emulsión asfáltica por camiones alimentadores y producen un recapado con un mínimo de juntas transversales. Este tipo de maquinaria es capaz de producir hasta 450 toneladas de micro-aglomerado por día. También pueden utilizarse unidades montadas en camiones si es posible lograr una exacta alimentación de materiales y un rápido mezclado. Luego de depositar una carga completa de agregado, estas unidades retornan al acopio para ser recargadas.



Fig.2.9 Unidad Continua para Micro-Aglomeradas

Las cajas de micro-aglomerado para ahuellamiento están diseñadas para depositar material directamente dentro de las huellas. Con múltiples pasadas de relleno de huellas, pueden corregirse depresiones de más de 50 mm (2 pulgadas) de profundidad. Esta técnica permite la prevención del riesgo de hidroplaneo sin el fresado de la superficie existente.

Los agregados para micro-aglomerado son piedras procesadas, 100% trituradas, tales como granito, escoria, calizas, u otros agregados de alta calidad. Para el uso en micro-aglomerado, el agregado individual o la mezcla de agregados deben cumplir las especificaciones de:

- 2 Equivalente de arena (Sand equivalent), ASTM D 2419 (AASHTO T 176) = 60 como mín.

- 2 Durabilidad (Soundness, ASTM C 88 (AASHTO T 104) = 15% como máx. (utilizando sulfato de sodio, Na₂SO₄), o 25% como máx. (utilizando sulfato de magnesio, MgSO₄)
- 2 Pérdida en el ensayo Los Angeles, ASTM C 131 (AASHTO T 96) Composición C ó D = 30% como máx.

Las dos granulometrías generalmente aceptadas para micro-aglomerado se presentan en la Tabla 2.5. El agregado Tipo II se emplea para recapado general de calles y carreteras de volumen de tráfico medio. El agregado Tipo III se emplea para recapado de vías para tráfico pesado, reperfilados menores, relleno de huellas y para áreas donde son deseables altos valores de fricción.

Para micro-aglomerado, las emulsiones CSS—1h-p (CRL) son las más ampliamente utilizadas. Estos materiales son empleados para poner en evidencia las características de rotura de la mezcla. A menudo, y para facilitar el mezclado, se utilizan como aditivos surfactantes orgánicos. Al igual que con las lechadas asfálticas, el agua utilizada en micro-aglomerados debe ser potable y compatible con la mezcla.

Previamente a la aplicación, debe realizarse en laboratorio una mezcla de diseño de micro-aglomerado. Una correcta combinación de materiales debería producir una mezcla semi-fluida de material totalmente recubierto. No debería haber escurrimiento de la emulsión. La rotura del material y la aparición del agua clara debieran tener lugar dentro de los 30 minutos.

TABLA 2.5 GRANULOMETRIA PARA MICRO-AGLOMERADOS

TIPO DE GRADACION	II	III
USO GENERAL	Recapado general, sellado y restauración de la fricción superficial.	Recapado de carreteras de alto volumen de trafico, relleno de huellas, provee superficies de alta fricción
Tamaño del Tamiz	Porcentaje pasante	Porcentaje pasante
9.5 mm (3/8 pulg.)	100	100
4.75 mm (N° 4)	90-100	70-90
2.36 mm (N° 8)	65-90	45-70
1.18 mm (N° 16)	45-70	28-50
600µm (N° 30)	30-50	19-34
300µm (N° 50)	18-30	12-25
150µm (N° 100)	10-21	7-18
75 µm (N° 200)	5-15	5-15
Contenido del residuo de asfalto, en % de peso de agregado seco	5.5-9.5	5.5-9.5
Distribución unitaria de aplicación, en Kg/m ² (libras/yardas ²) basada en el peso de agregado seco	5.4-9.1 (12-20)	8.2-13.6 (18-30)

☒ Recomendadas por la Asociación Internacional de Lechadas (International Slurry Surfacing Asociation).

Es importante calibrar la máquina de micro-aglomerado con los verdaderos materiales del proyecto. La calibración debe respetar las proporciones de los materiales correspondientes al diseño de la mezcla. Pueden utilizarse informes sobre calibraciones previas con los mismos materiales, si fueron realizados dentro del actual año calendario.

Como una verificación final de la consistencia y trabajabilidad de la lechada, pueden realizarse aplicaciones de prueba. La aplicación nocturna de micro-aglomerado requiere formulaciones especiales. Antes de iniciar el proyecto, es aconsejable poner en

evidencia, con pasadas de prueba, la capacidad de la formulación para curar en condiciones nocturnas.

Antes de la aplicación del micro-aglomerado, es importante reparar todas las áreas de fallas. Se deben sellar las fisuras de la superficie del pavimento con un sellador de fisuras aceptable. Finalmente, la superficie debe ser limpiada de todos los materiales sueltos, manchas de aceite, vegetación y todo otro elemento extraño. Cualquier método estandar es aceptable, si se emplea agua, las fisuras deberán estar secas antes de la aplicación de la lechada asfáltica.

El micro-aglomerado es en sí mismo ligante, por lo tanto no requiere un riego de liga a menos que la superficie a tratar esté extremadamente seca y haya sufrido severos desprendimientos ó sea un pavimento de hormigón o de ladrillos. De ser necesario el riego de liga, éste consistirá de una parte de emulsión asfáltica y de tres partes de agua. El distribuidor deberá ser capaz de aplicar uniformemente la dilución en una densidad de 0.25 a 0.45 l/m² (0.05 a 0.10 galones/yarda²). El riego de liga debe curar antes de aplicarse el micro-aglomerado.

Cuando las condiciones locales lo requieran, la superficie será ligeramente humedecida con una muy fina aspersion de agua por delante de la caja distribuidora. La distribución unitaria de la aplicación de la fina aspersion puede ser ajustada durante el día basada en las condiciones reinantes. Para lograr una cobertura completa, la caja distribuidora

siempre deberá llevar suficiente material en todos sus compartimentos evitando la sobrecarga del distribuidor. Las estrías, causadas por agregado de excesivo tamaño, deben ser reparadas inmediatamente con una escoba de goma de mano.

Debe ponerse cuidado en evitar una excesiva acumulación de micro-aglomerado en las líneas de juntas longitudinales y transversales. Las juntas longitudinales deben ser minimizadas y ubicadas en las líneas de carriles centrales, cuando esto sea posible. En las juntas longitudinales se permite un traslape máximo de 150 mm (6 pulgadas). Las juntas transversales deben ser lo suficientemente suaves para permitir un desplazamiento confortable.

Para mejorar juntas, corregir imperfecciones menores y colocar el micro-aglomerado en áreas inaccesibles a la máquina, se emplean rastras y escobas manuales, las áreas a ser trabajadas manualmente deberán primero ser ligeramente humedecidas con agua. Luego, el micro-aglomerado puede ser colocado e inmediatamente distribuido, con las escobas de goma de mano. Debe ponerse cuidado en no dejar las áreas trabajadas a mano con una apariencia desagradable.

Rara vez es necesaria la compactación de un micro-aglomerado, tomando en cuenta de que el tráfico vehicular normalmente provee una adecuada compactación. Cuando, debido a condiciones especiales esta sea requerida, un compactador neumático de nueve ruedas, con un peso de entre 9 y 11 toneladas, con una presión de 350-425 kPa (50-60

libras por pulgada²), es adecuado y en general son suficientes dos pasadas. Es importante compactar cuando el proceso de rotura de la lechada asfáltica está lo suficientemente avanzado para soportar el paso del compactador sin que haya material que quede adherido a las ruedas. Los compactadores de ruedas de acero no son recomendables, ya que estos compactadores tienden a apoyarse en las zonas altas del pavimento, dejando sin compactar las áreas bajas, además dejan marcas en la superficie y pueden triturar el agregado de mayor tamaño.

En general, entre múltiples pasadas, el micro-aglomerado debe curar en 24 horas. Este proceso de curado permite la evaporación del agua y el desarrollo de la resistencia en las pasadas anteriores. Asimismo, la consolidación, debida al tráfico, de las huellas rellenadas y de otras áreas profundas permite el desarrollo de la máxima resistencia. El micro-aglomerado normalmente no debe colocarse cuando la temperatura del pavimento o del aire es inferior a 10° C (50° F) y está descendiendo; pero pueden ser aplicadas cuando las temperaturas del pavimento y del aire son superiores a 7° C (45 °F) y en ascenso. Los micro-aglomerados no deberían ser colocados cuando existe la posibilidad de que el producto final hiele dentro de las 24 horas de aplicado, ni mucho menos si hay presencia de lluvia.

2.5.4 CAPE SEAL

Un “Cape Seal” implica la aplicación de una lechada asfáltica (slurry seal) o de un micro-aglomerado (micro-surfacing) a un tratamiento superficial simple recientemente

construido. La aplicación de la lechada asfáltica o del micro-aglomerado ayuda a llenar los vacíos entre agregados. Los Cape Seals proveen un tratamiento superficial de alta durabilidad. La lechada liga los agregados gruesos para prevenir pérdidas y los agregados gruesos impiden la excesiva la abrasión del tráfico y la erosión de la lechada. Los Cape Seals se emplean a menudo debido al color del tratamiento superficial ya terminado.

DISEÑO DEL CAPE SEAL

Para que el Cape Seal cumpla una performance exitosa, es importante que el tratamiento superficial simple tenga un menor contenido de asfalto que el correspondiente a un tratamiento convencional. El proyecto debería cumplir los criterios de diseño de tratamientos superficiales normalizados y los métodos y especificaciones para lechadas asfálticas o micro-aglomerados (Tabla 2.6).

TABLA 2.6 CANTIDAD DE ASFALTO Y DE AGREGADO PARA CAPE SEAL

	TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO	TAMAÑO N°	CANTIDAD DE AGREGADO KG/M ² (LB/YARDA ²)	CANTIDAD DE ASFALTO LT/M ² (GAL/YARDA ²)	MEZCLA DE LECHADA (TIPO I) KG/M ² (LB/YARDA ²)
12.5 mm (1/2") de espesor	(9.5 – 2.36)mm (3/8pulg.– N°8)	7	14 – 16 (25 – 30)	1.4 – 2.0 (0.3 – 0.45)	2.7 – 4.5 (6 – 10)
19.0 mm (3/4") de espesor	(19 –9.5) mm (3/4 – 3/8) pulg	6	22 – 27 (40 – 50)	1.8 – 2.3 (0.40 – 0.50)	3.5 – 5.5 (8 – 12)

Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute).

La condición más crítica en un Cape Seal (condición que debe ser evitada) es un exceso de lechada que frustra la deseada textura superficial “nudosa”. Entre la colocación del tratamiento de superficie y la subsecuente aplicación de la lechada asfáltica debe permitirse un tiempo de curado de entre cuatro y diez días. El tratamiento de superficie debe ser barrido antes de la aplicación de la lechada asfáltica o del micro-aglomerado, con el objeto de remover material de la cubierta suelto u otro material extraño que impediría la adherencia.

2.6 RECICLAJE DE PAVIMENTOS.

Es un proceso simple que ayuda a resolver muchos problemas creados por la vida moderna, además de salvar grandes cantidades de recursos no renovables y generar economías favorables en los países.

En la actualidad existen varios conceptos de reciclaje de pavimentos asfálticos entre los que podemos mencionar:

- El reciclado es una nueva alternativa técnica de rehabilitación de pavimentos, que consiste en la reutilización de los materiales en servicio, los que han perdido en gran parte sus propiedades iniciales y cuyas características se desean mejorar.
- También es el procedimiento de ingeniería mediante el cual se emplea parte o la totalidad de una estructura de pavimentos bituminosos en la fabricación de una

mezcla asfáltica de calidad superior a la existente o en la estabilización de sus capas granulares.

- El reciclaje de pavimento asfáltico es una tecnología especial que permite la reconstrucción de pavimentos envejecidos y/o deteriorados, empleando sus materiales de construcción originales. Esto es posible en la medida en que no haya llegado a un grado de degradación tal que no permita un rejuvenecimiento eficiente.

En la figura 2.10 se esquematiza el proceso de reciclado del pavimento asfáltico, desde la capa de la base hasta la capa de la carpeta asfáltica.

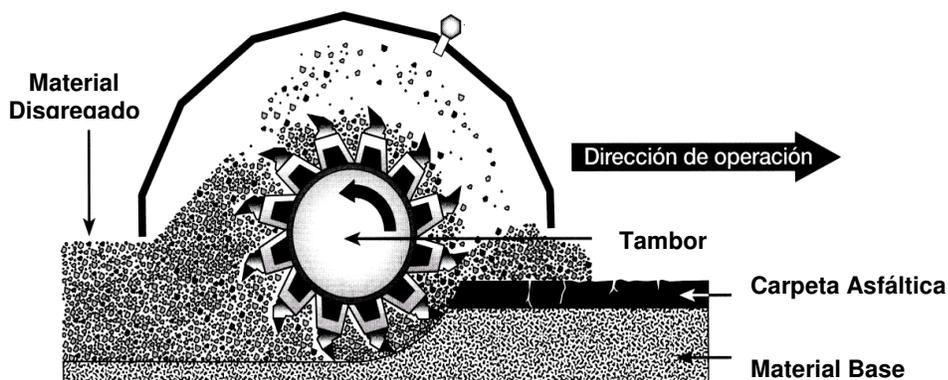


Fig. 2.10 Proceso de Reciclaje

2.6.1 ENTAJAS DEL RECICLAJE DE PAVIMENTOS

- Posibilita la mejora estructural del pavimento existente.
- Permite el uso de refinada técnica de control de calidad.

- Es aplicable a la solución de todos los problemas que afectan la capacidad resistente del pavimento.
- Facilita la eliminación de grietas reflejas.
- Permite corregir los diseños y/o elaboración incorrecta de las mezclas asfálticas existentes.
- Reduce los costos de reconstrucciones y obras de refuerzo estructural.
- Produce un efecto de conservación de las fuentes de materiales viales, de energía y de menor utilización de los caminos para el transporte de materiales viales.
- Permite la utilización de rejuvenecedores y/o mejoradores de cemento asfáltico, lo que confiere una mas larga vida de comportamiento visco-elástico de los pavimentos.
- Posee un menor grado de impacto ambiental.

2.6.2 TÉCNICAS DE RECICLAJE

Existen dos grupos:

1. El reciclado en frío: Generalmente in-situ, adolece de limitaciones técnicas en lo referente al logro de refinados y precisos procesos constructivos, por lo que produce estructuras de inferior calidad que las elaboradas con materiales de alta calidad.
2. El reciclado en caliente: producen estructuras de alta calidad comparables a los de los pavimentos realizados con materiales de alta calidad nuevas, elaboradas en

caliente. Se realiza según dos metodologías distintas, una in-situ y la otra realizada en planta.

En la figura 2.11 se muestra la clasificación general que debe tener el reciclaje de los pavimentos asfálticos, basado en la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO.

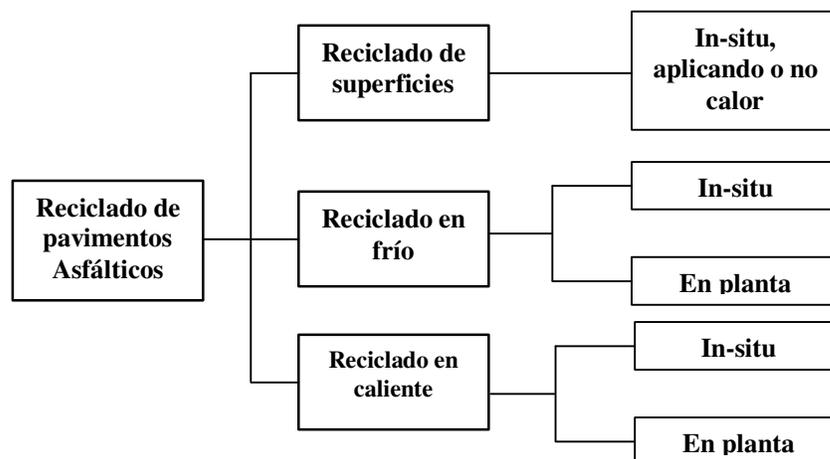


Fig. 2.11 Clasificación general de reciclado de pavimentos

CAPITULO III

EVALUACION DE PAVIMENTOS

3.1 SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS (SAP)

Para establecer la prioridad de actuación e indicar el tipo y cantidad de obras de rehabilitación. Se requiere contar con la información que permita evaluar los pavimentos en estudio. Este capítulo analiza cuales son los requerimientos básicos de información para una buena gestión de pavimentos.

Los Sistemas de Administración de Pavimentos (SAP), generalmente incluyen un subsistema para el mantenimiento de pavimentos el cual puede contener modelos para determinar el tratamiento más efectivo. Estos están basados generalmente en el tipo de pavimento, su condición y otros factores importantes. Sin embargo, es crítico que el tratamiento de mantenimiento adecuado sea aplicado en el momento preciso para que el pavimento funcione según se diseñó y que el programa de mantenimiento sea efectivo desde el punto de vista de su costo. Una limitación de todos los SAP, es su incapacidad para analizar de forma comprensiva los proyectos individuales y determinar el momento adecuado y el costo del tratamiento.

Generalmente están reconocidos dos tipos de mantenimiento de pavimentos (Fig. 3.1): Preventivo y correctivo (o reactivo). El mantenimiento preventivo se utiliza para detener deterioros menores, retardar las fallas progresivas y reducir la necesidad de mantenimiento correctivo. Se lleva a cabo antes de que el pavimento presente fatiga significativa, para proporcionar un sistema de pavimento con un comportamiento mas uniforme. El mantenimiento correctivo se ejecuta cuando ocurre una deficiencia en el

pavimento; por ejemplo pérdida de fricción, ahuellamiento moderado o severo o agrietamiento generalizado.

Aunque cada tipo de mantenimiento es necesario en un extenso programa de preservación de pavimentos, el énfasis debe ponerse en prevenir que el pavimento alcance la condición en la que se requiere el mantenimiento correctivo, ya que el costo asociado a esta aproximación puede ser sustancial. Esta situación es frecuentemente representada como se muestra en la fig. 3.2, donde se comparan diferentes tratamientos en momentos diferentes. Lo que realmente se necesita es una determinación del costo/efectividad del mantenimiento preventivo comparado con la práctica estándar de reparar el pavimento cuando este se deteriora (Fig. 3.3).

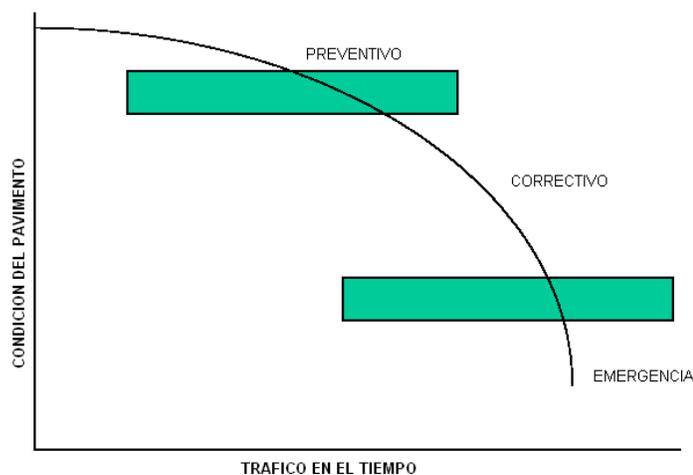


Fig 3.1 Categorías de Mantenimiento de Pavimentos.

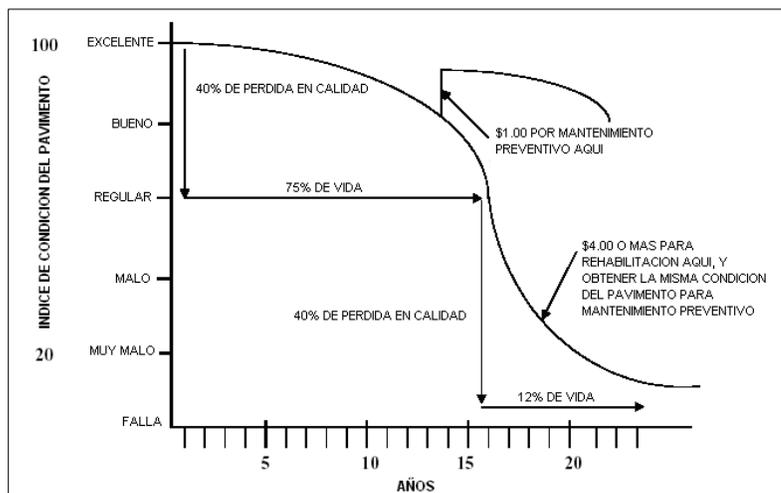


Fig. 3.2 Variación Típica de las Condiciones del Pavimento en Función del Tiempo

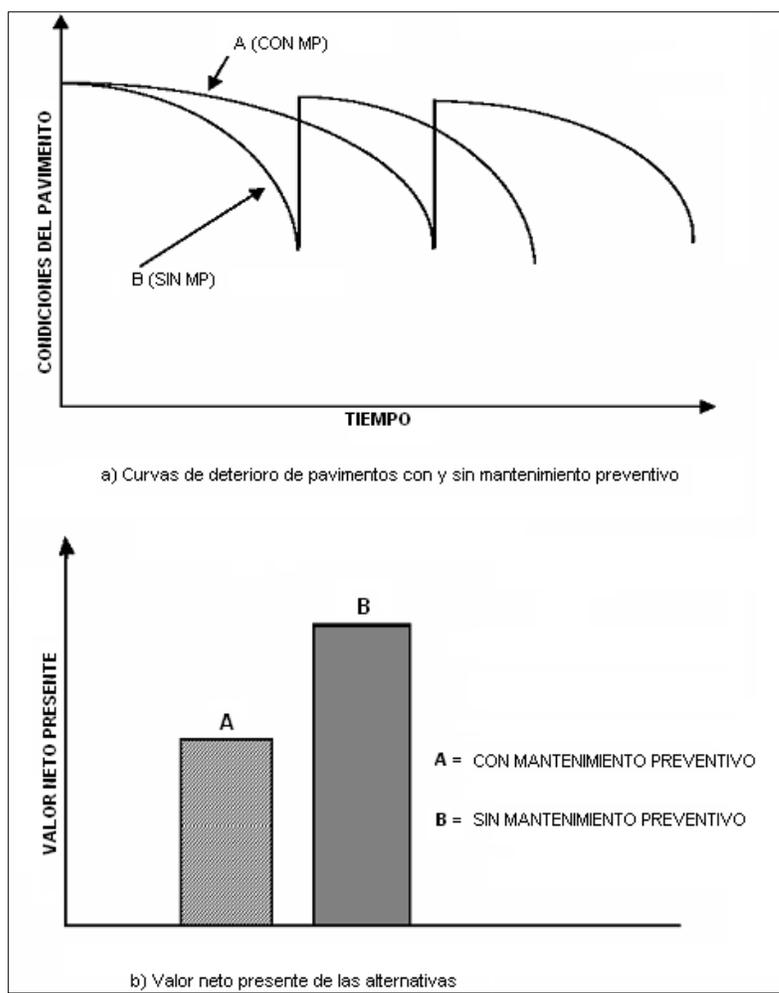


Fig. 3.3 Costo efectividad de varias estrategias de mantenimiento en un periodo de análisis

3.2 ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Hay una cantidad de componentes técnicos en un programa de preservación de pavimentos exitoso, pero ellos deben ser precedidos por dos componentes no técnicos.

Estos son:

- Compromiso por parte de los altos niveles directivos de las agencias con el programa.
- Extenso esfuerzo educativo dirigido al usuario.

Si estos dos componentes no están embebidos en el programa, es muy probable que no sea exitoso. Por supuesto, el compromiso de los altos niveles directivos es siempre esencial en cualquier iniciativa, pero si una agencia no está operando normalmente en el modo preventivo, los cambios requeridos son tanto de “sintonía mental” (actitud) como operacionales. Adicionalmente, el llevar a cabo actividades de mantenimiento en pavimentos que son considerados en buen estado por el usuario (el público que viaja y que paga impuestos), a menudo genera críticas. La gerencia de la agencia debe ser capaz de articular el concepto de preservación del sistema y del empleo de tratamientos de mantenimiento preventivo para dirigir la crítica, lo que significa que el público, el usuario, debe estar informado de las metas y objetivos del programa.

3.2.1 ELEMENTOS DE UN PROGRAMA DE PRESERVACION DE PAVIMENTOS

Los siguientes elementos deben ser considerados cuando se desarrolla un programa de preservación.

- Establecer directrices del programa. Estas directrices se convierten en los instrumentos para establecer las estrategias globales y las metas del programa de preservación proporcionando políticas en asuntos tales como seguridad y medio ambiente e identificando un coordinador del programa. Los elementos técnicos del programa, tales como el sistema para medir las necesidades también deben ser incluidos. Finalmente es necesario identificar un sistema para medir el progreso en relación con las metas establecidas.

- Determinar las necesidades de mantenimiento. Disponer de un sistema para determinar la condición de la red de carreteras existente bajo la jurisdicción de la agencia es un componente esencial para la administración del programa. Los sistemas de administración de pavimentos (SAP) actualmente en uso por las agencias (en otros países como EEUU) tienen este componente pero ellos varían ampliamente en cuanto a su enfoque y sofisticación. Generalmente un estudio de la condición de un pavimento se lleva a cabo por secciones y los defectos son anotados. Este estudio llevado a cabo por personal entrenado o por vehículos automáticos, puede ser complementado con pruebas destructivas o no destructivas. Se debe hacer énfasis en que las señales de angustia de

los SAP tradicionales generalmente indican condiciones de falla y no proveen indicadores tempranos para preservación.

Un análisis de estos datos junto con información tal como la localización del proyecto, tráfico promedio diario, porcentaje de camiones, proyecciones de tráfico y condiciones ambientales (temperaturas, heladas, precipitación) provee un inventario de datos que pueden ser ponderados para la creación de segmentos de pavimento apropiados para preservación, rehabilitación o reconstrucción. Segmentos o pavimentos que requieran una rehabilitación o mantenimiento inmediato no serían buenos candidatos para la preservación.

Proveer un marco de referencia para la selección del tratamiento. Es importante que el tratamiento de mantenimiento seleccionado sea el apropiado para el tipo y niveles de daños, el clima y el nivel de servicio esperado para el proyecto.

Desarrollar los procedimientos para determinar el tratamiento más efectivo. Existen numerosos procedimientos para determinar la efectividad con respecto al costo de los diferentes tratamientos de mantenimiento. Estos están basados en diferentes aproximaciones y varían de simples a complejos. Una aproximación simplificada basada en árboles de decisión procesos matriciales se presenta en este reporte.

Incluir un mecanismo de retroalimentación para determinar la efectividad del programa. Este es un proceso administración para valorar el funcionamiento del programa en función de las metas establecidas. Este se convierte en una herramienta que ayuda para

ajustar los factores que necesitan cambiarse por las modificaciones del programa. La retroalimentación debería incluir tanto el comportamiento individual del pavimento como el comportamiento de todo el sistema.

La figura 3.4 es un diagrama de flujo mostrando la relación entre los diferentes elementos de un programa de preservación de pavimentos. Hay que enfatizar que la dirección del programa se debe involucrar en los puntos 1 y 5 además de asegurar el éxito del programa.

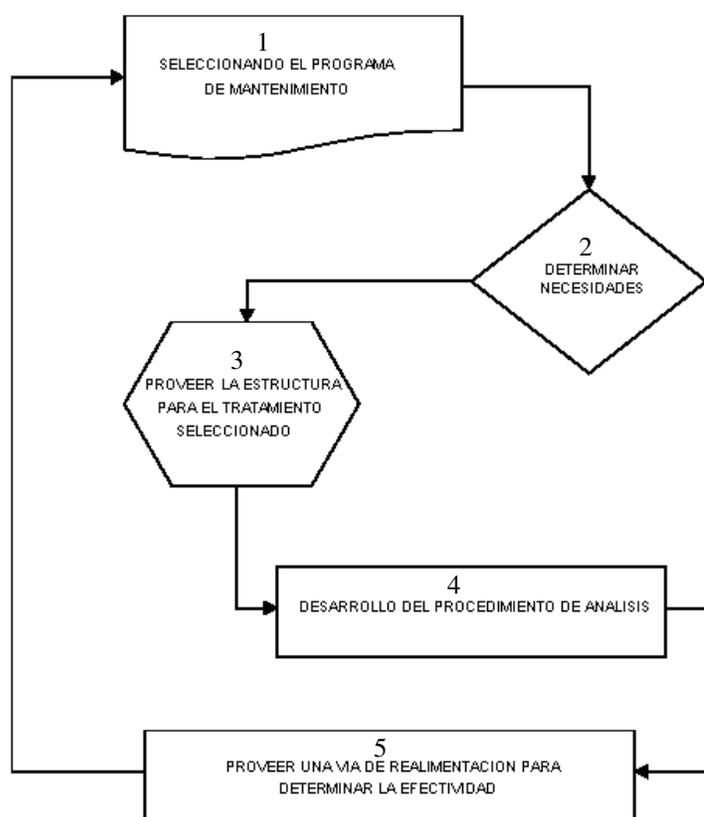


Fig. 3.4 Elementos de un programa de preservación de pavimentos.

3.2.2 TRATAMIENTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Existen diferentes tratamientos preventivos para el mantenimiento de los pavimentos flexibles. Una discusión comprensible de cada tratamiento se puede encontrar en el *Manual básico de las emulsiones asfálticas*, incluyendo las condiciones en las que cada tratamiento puede ser efectivo y los daños del pavimento a los que está dirigido. La periodicidad con la que se aplican determina si estos son preventivos o correctivos. Los tipos de daños en los pavimentos asfálticos se pueden clasificar en cuatro grandes familias las cuales son:

- a) *Fisuras y Grietas*: Son una serie de fracturas en la carpeta de rodadura y se presentan de forma longitudinal, transversal, o combinadas. Estas se pueden originar por una carga excesiva, fatiga, cambios de temperatura, daños por humedad, procesos de contracción o deficiencias en la carpeta asfáltica, base, sub-base o subrasante.
- b) *Deformaciones Superficiales*: Se define como cualquier cambio en la forma original de la superficie de un pavimento flexible, puede ser causada por deficiencia en la carpeta asfáltica o de las capas inferiores. En el primer caso el daño puede ser causado por exceso de asfalto, exceso de agua o la utilización de agregado liso y redondeado. En el segundo caso puede ser por la deformación plástica de la capa o por espesor insuficiente de la base. Se manifiesta con ahuellamiento, ondulaciones, hundimientos, hinchamientos, etc.

- c) *Desintegración:* Es la ruptura del pavimento en fragmentos pequeños y sueltos o también la disgregación de las partículas del agregado integrante de la muestra. Normalmente es causado por deficiencias del asfalto, por oxidación, acción del agua o por la mala operación de los equipos de construcción. Se manifiesta como baches, desprendimientos, pérdida del agregado de la superficie.
- d) *Otros Deterioros:* Como la Aspereza debido a uno o varios de los problemas anteriores

En la tabla 3.1 se muestran los diferentes tipos de deterioros que afectan a los pavimentos asfálticos así como la capacidad que se ve afectada y sus posibles causas

TABLA 3.1
TIPOLOGIA DE LOS DETERIOROS EN PAVIMENTOS Y POSIBLES CAUSAS

Tipo de Deterioro o Defecto		Afecta a la capacidad		Causa	
		Estructural	Funcional	Asociada a cargas	No asociada a cargas
Agrietamiento	Por fatiga	X		X	
	En bloque	X			X
	Juntas y bordes	X			X
	Deslizamiento	X		X	
	Reflexión	X		X	X
	Transversales	X			X
Deformaciones	Ahuellamiento			X	
	Corrugaciones		X		X
Desintegración	Baches	X	X	X	
	Pérdida de Agregado		X		X
	Pérdida de ligante		X		X
Pérdida de Fricción	Pulimento del agregado		X	X	
	exudación		X		X

Fuente: Selección de un tratamiento de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles

La tabla 3.2 muestra posibles tratamientos para determinados tipos de problemas. Si los problemas identificados en el estudio sobre la condición del pavimento están relacionados con deficiencias estructurales, el pavimento no es candidato para un tratamiento de mantenimiento preventivo y debería ser programado para rehabilitación o reconstrucción.

TABLA 3.2 POSIBLES TRATAMIENTOS MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA VARIOS TIPOS DE DETERIOROS

Deterioros en Pavimentos	Sellado de grietas	Riego de Niebla	Micro-Surfacing	Slurry Seal	Cape Seal	Chip Seal	Sobrecarpetas Delgadas	Fresado
Rugosidad								
Inestabilidad Relativa			X		X		X	X
Estabilidad Relativa							X	
Ahuellamiento			X				X	X
Grietas por Fatiga		X	X	X	X	X	X	
Grietas Transversales y Longitudinales	X		X	X	X	X	X	
Exudación			X			X		X
Desintegración del pavimento		X	X	X	X	X		

Donde: X = Tratamiento apropiado

Nota: Esta es una técnica de mantenimiento preventivo solamente para severidad baja.

Fuente: Selección de un tratamiento de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles.

Los diferentes tipos de mantenimiento considerados en este reporte son:

Sellado de Grietas: Este tratamiento es utilizado para prevenir que el agua y basura entren en las grietas del pavimento. El tratamiento puede incluir el rebajado para limpiar la grieta y crear un espacio para el sellante.

Riego de Niebla: Aplicación de un riego de emulsión asfáltica diluida (normalmente 1^a1) para enriquecer la superficie del pavimento e impedirle desmoronamiento y la oxidación. Se considera como una aplicación temporal.

Riego de Sello: Este tratamiento se emplea para impermeabilizar la superficie, sellar grietas pequeñas y mejorar la fricción. Aunque se emplea normalmente para carreteras y calles de bajos volúmenes de tráfico.

Sellos con mezclas frías delgadas: Estos tratamientos incluyen slurry-seal, cap-seal, y microcarpetas que son utilizados en todo tipo de pavimentos para llenar grietas, mejorar la fricción y mejorar el confort al circular.

Sobrecarpetas delgadas: Estas incluyen mezclas densas, abiertas y de granulometría truncada (así como reciclado de la superficie) que son empleadas para mejorar el confort al circular, proveer drenaje y la fricción de la superficie y corregir irregularidades superficiales. Generalmente son de 37 mm de espesor.

La tabla 3.3 resume los costos unitarios proporcionados por ASFALCA S.A. DE C.V. y la vida esperada de los diferentes tratamientos. Estos valores pueden variar dependiendo de la ubicación, las cantidades aplicadas y las condiciones ambientales.

TABLA 3.3 COSTOS UNITARIOS Y EXPECTATIVA DE VIDA DE UN TRATAMIENTO TÍPICO PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO

TRATAMIENTO	COSTO/m ² (\$)	VIDA ESPERADA DEL TRATAMIENTO		
		Mínimo	Promedio	Máximo
Tratamiento para Grietas (Crack Treatment)	1.50	2	3	5
Riego de Niebla (Fog Seals)	0.75	2	3	4
Lechada asfáltica (Slurry Seal)	2.50	3	5	7
Lechadas asfálticas modificadas (Microsurfacing)	3.60	3	7	9
Chip Seal	2.00	3	5	7
Carpeta delgada en caliente (3cm)	8.00 a 9.00	2	7	12
Carpeta delgada en frío (3cm)	7.50 a 8.50	2	5	10

Nota: Los costos pueden variar de acuerdo al tamaño y ubicación del proyecto. La vida esperada también varía en función del tráfico y de las condiciones ambientales.

Fuente: Selección de un tratamiento de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles.

3.3 EVALUACION Y DIANOSTICO ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS EXISTENTE.

La evaluación del pavimento existente tendrá por objeto caracterizar su estado con la finalidad de establecer un diagnóstico que permita seleccionar y proyectar la actuación de rehabilitación más adecuada en cada uno de los tramos homogéneos, de comportamiento sensiblemente uniforme, en que pueda dividirse la carretera en estudio.

El proceso de recopilación de la información necesaria para evaluar el firme se deberá hacer con la amplitud y detalle precisos en cada caso para conseguir los objetivos de la evaluación y definición de la actuación a llevar a cabo.

Existen principalmente tres métodos para poder obtener la evaluación y el diagnóstico estructural de los pavimentos:

1. Análisis de los deterioros asociados con carga.

En este método se puede mencionar el levantamiento de deterioros, que incluye información del pavimento en cuanto a la magnitud de los deterioros, área afectada o longitud y la intensidad o severidad de éstos.

2. Ensayos destructivos.

Consiste en un análisis de los componentes de la estructura por medio de la exploración en campo, a través de apiques y sondeos, ensayos in situ y ensayos de laboratorio.

3. Ensayos no destructivos.

Consiste en aplicar una carga bajo condiciones dinámicas, estáticas o por impacto.

3.3.1 ANÁLISIS DE LOS DETERIOROS ASOCIADOS CON CARGA

La inspección visual es fundamental para la evaluación precisa del estado del pavimento, su objetivo será el pavimento: pero también todo lo de su entorno que pueda tener influencia en su estado, tal como la situación de la explanada (desmonte, terraplén o media ladera), las condiciones de drenaje (cunetas, desagües, drenes, etc.) y las

características del terreno que lo sustenta. Cuando sea necesario abordar un proyecto de rehabilitación estructural, los datos disponibles se tendrán que complementar con una inspección visual detallada que deberá hacerse por técnicos especialistas.

Las deflexiones y los otros parámetros de que se disponga, servirán para hacer una programación óptima de los trabajos de campo, que no deberán ser más que los necesarios ni menos de lo conveniente, para poder evaluar correctamente el estado del pavimento y definir con suficiente precisión la tipología de las soluciones de rehabilitación.

En algún caso, la inspección visual puede ser determinante en la elección de la solución de rehabilitación más adecuada. También este tipo de reconocimiento cuidadoso juega un papel importante, aunque no exclusivo, en la determinación de la solución correcta en las zonas donde, por la magnitud de las deflexiones, se requiera un estudio especial o donde convenga un tratamiento singular y diferenciado del tramo en su conjunto.

La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas:

- 1) Inspección visual inicial: En este caso se pretende obtener una inspección general del proyecto y definir los límites de secciones homogéneas, en las que se tengan tipos y niveles similares de deterioro o bien se sectoriza el pavimento a estudiar tomando como referencia puntos singulares de fácil identificación, generándose de esta forma tramos de trabajo que serán objeto, en la inspección visual detallada, de un análisis más minuciosos. Generalmente esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

2) Inspección visual detallada.

Esta etapa consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella, tomando todas las medidas de seguridad necesarias. El trabajo es realizado sobre secciones homogéneas o sobre los tramos sectorizados. Se realiza un levantamiento de daños tomando nota detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan observaciones adicionales como: estado del drenaje (conformación de cunetas, estado de banquetas, etc.), aspectos geométricos (pendientes, curvaturas, terraplenes, etc.), carril más deteriorado, exudaciones y situación de accesos, la existencia o no de cordones cunetas o condición de los desagües (zanjas, entubamientos). De ser necesario se realizaran tareas de nivelación para la verificación e individualización del estado real de las cunetas y accesos.

Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y localización, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación. Se tendrá de todas las fallas o situaciones especiales una base de fotos convenientemente identificadas, como antecedentes. Con esta forma de trabajo, se van identificando sectores con sus diferentes fallas, para después encontrar la solución a adoptar que involucre a las distintas tipologías de fallas.

Los datos obtenidos en la inspección visual pueden ser recopilado en tablas para una mejor comprensión en el Manual de inventario físico de vías pavimentadas realizado por el MOP se pueden encontrar los diferentes formatos a utilizar para la recopilación de la información sobre geometría, drenajes, guardavías, separador central, señalización

vertical, muros de contención y daños visuales en superficie de la calzada (ver anexo 1) que será el utilizado en este trabajo para la recopilación de daños en la superficie de los pavimentos en estudio.

3.3.2 ENSAYOS DESTRUCTIVOS

Consiste en el análisis de los pavimentos mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorios o in situ, u otros igualmente costosos.

La extracción de testigos nos sirve para conocer la estructura del pavimento en el tramo bajo estudio en un punto de las áreas más críticas. Se determina el espesor de cada capa hasta la sub-base y el total de la estructura. Así mismo los materiales componentes y si fue o no estabilizada alguna capa y con que material o producto (cal, asfalto, cemento).

Los ensayos de laboratorio tienen la finalidad de tratar de reproducir al máximo posible, lo que le ocurre al pavimento cuando se le aplican las cargas, se pueden evaluar deformaciones bajo condiciones de temperatura, humedad, esfuerzos y condiciones generales de los materiales y al final se puede obtener un dictamen en el que se puedan analizar las características y comparar con los requisitos o normas fijadas.

Estos ensayos ayudan a que los pavimentos puedan ser previamente analizados antes de su colocación, o bien después de su colocación, existen unos ensayos más aproximados a la realidad que otros.

3.3.3 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

La evaluación de la capacidad estructural en pavimentos utilizando predominantemente métodos no destructivos, consiste en aplicar una carga bajo condiciones dinámicas, estáticas, o por impacto, cuyos resultados ayudan a determinar en cada estructura del pavimento, las deformaciones o deflexiones asociadas a la sollicitación inducida y así poder definir su capacidad para soportar las cargas vehiculares.

Además, los resultados de dichas deflexiones pueden emplearse a su vez en las siguientes características de los pavimentos.

- a) Módulo de elasticidad de cada capa
- b) Rigidez combinada de los sistemas de pavimentos
- c) Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas de pavimentos de concreto hidráulico
- d) Módulos de reacción de la subrasante
- e) Espesor efectivo, número estructural o valor de soporte del suelo
- f) Capacidad de carga o capacidad de soporte del pavimento

Dichos parámetros pueden utilizarse en el análisis y diseño de la rehabilitación y reconstrucción de pavimentos rígidos y flexibles; valoración de la capacidad estructural, incluyendo la eficiencia de las juntas en pavimentos de concreto hidráulico; detección de oquedades en pavimentos de concreto hidráulico; y/o para fines de inventario estructural de la red.

Los equipos más comunes para determinar la capacidad estructural de los pavimentos son:

- a) Equipo discontinuo de medición. Opera con el principio de brazo de palanca simple como por ejemplo viga Benkelman, mostrada en la Figura 3.5



Fig. 3.5 Viga Benkelman

- b) Equipo estático semicontinuo, actúa con el principio de doble brazo de palanca por ejemplo Deflectómetro Lacroix mostrado en la Figura 3.6



Fig. 3.6 Deflectómetro Lacroix

c) Equipo dinámico de aplicación de carga. Utiliza un generador de fuerza dinámica, el cual puede ser una masa giratoria o un mecanismo que actúa servohidráulicamente controlado, por ejemplo Dynaflect, Road Rater, mostrados en las Figuras 3.7 y 3.8



Fig 3.7 Equipo Dynaflect



Fig 3.8 Equipo Road Rater

d) Equipo de impacto. Crea un impulso de carga sobre el pavimento, dejando caer una masa a partir de alturas variables sobre un sistema de resortes o caucho. Conocido generalmente como Fallig Weight Deflectómetro, FWD, por ejemplo Dynatest, Kuab, mostrado en la Figura 3.9 y Jils.



Fig. 3.9 Equipo Kuab

Para el estudio de la calle principal del área urbana del municipio de Armenia en Sonsonate, se utilizó el deflectómetro denominado Viga Benkelman, por tal razón se ampliará sobre este tema.

3.3.4 VIGA BENKELMAN

Llamado así en honor al Ing. A.C. Benkelman, quién la desarrollo en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

Funciona según el principio de la palanca, es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 3.10, la viga consta esencialmente de dos partes:

(1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B")

(2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto "D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E"). Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas.

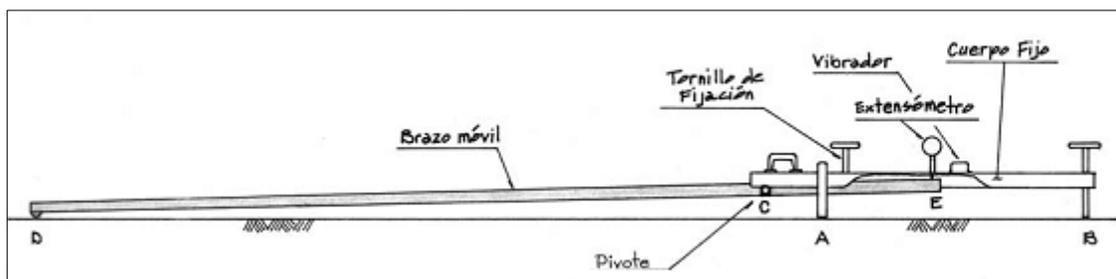


Fig. 3.10 Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro.

Equipo requerido:

– Camión. Deberá tener un eje trasero cuyas características serán las siguientes:

Carga: 13 Toneladas (800 libras)

Ruedas: gemelas, con una distancia mínima entre ellas de 55 mm

(Recomendable 60 mm)

Presión de inflado: 7 kgf/cm² (deberá comprobarse cada 2 o 3 horas,

Ajustándose si es preciso)

- Varios: Cinta métrica, pintura y tiza para marcar, termómetros, hojas de campo, lápices, señales de seguridad herramientas para ajustar la viga.

Procedimiento operativo:

- Una vez elegida la situación longitudinal y transversal del punto a ensayar, se marca adecuadamente.
- Se sitúa el camión paralelo al borde de la calzada, de manera que una pareja de ruedas gemelas se halle centrada sobre el punto a ensayar.
- Se coloca la viga Benkelman paralela al eje de la calzada y nivelada transversalmente (Fig. 3.11), de forma que su extremo de medida se introduzca entre las ruedas gemelas y se apoye firmemente sobre el punto a ensayar a una distancia de 30 cm hacia adelante del eje de dichas ruedas gemelas. Hay que cuidar de que la posición relativa de viga y camión sea tal, que al moverse éste último no rocen sus ruedas gemelas con la viga (Fig.3.12).



Fig. 3.11 Colocación de la viga Benkelman



Fig. 3.12 Colocación del extremo de medida entre las ruedas gemelas del camión.

- Se quita el pasador que sujeta el brazo de medida de la viga, ajustando su parte trasera de forma que el extremo del mismo se apoye en la punta del vástago móvil del comparador.



Fig. 3.13 Ajuste de la parte trasera de la viga para lograr el apoyo del extremo en el vástago móvil

- Se coloca el limbo del comparador de modo que la aguja marque el "0" ajustándose dicha aguja hasta que en un periodo de 15 segundos no varíe más de 0,01 mm.



Fig. 3.14 Colocación del limbo comparador hasta que la aguja marque cero

- El camión se desplaza lentamente hacia adelante de una manera continua y a una velocidad no superior a 3 km/hora.



Fig. 3.15 En esta figura se observa cuando el camión se desliza

- Se toma la lectura máxima en la numeración roja (L_m) y que coincidirá sensiblemente con el paso del eje de las ruedas gemelas sobre la vertical del punto a ensayar.
- Se toma la lectura final (L_f) cuando el camión está suficientemente alejado (mayor o igual de 10 m) y no exista variación de la aguja en periodos de 15 segundos superiores a "0,01 mm".

Normas de seguridad

- El operador se encuentra siempre detrás del camión; a fin de evitar un accidente grave, se recomienda tener, a algunos centímetros detrás de los neumáticos una cuña de parada, de manera que evite un retroceso a destiempo del vehículo.
- Esta precaución es particularmente importante cuando se opera en rampa.

- En ningún caso esta cuña deberá servir para provocar la parada del camión: las cargas que repartiría al suelo perturbarían las medidas.
- Los operadores y peones deberán llevar obligatoriamente chalecos rojos fluorescentes para su identificación diurna.
- Colocar conos para desviar el tráfico y así evitar un accidente.

Las variaciones en las deflexiones (supuesto que el tráfico ha sido el mismo en todas las secciones) son un reflejo de las diferencias entre las secciones: espesores, materiales y especialmente características del cemento. Las menores deflexiones corresponden a las secciones más resistentes y con mayor vida residual ya que, en general, una deflexión menor implica tensiones y deformaciones unitarias menores, por lo tanto mayor número de ciclos antes de la rotura. Las deflexiones altas pueden corresponder a zonas con poca vida residual o incluso a secciones agotadas.

Junto con las deflexiones, la inspección visual detallada definirá los trabajos complementarios de extracción de testigos, calicatas y eventuales ensayos que se deban realizar. La inspección visual se intensificará en aspectos concretos que convenga aclarar (como por ejemplo, zonas singulares que no cumplan las condiciones de tramificación, puntos o zonas de extensión muy limitada con deflexiones anormalmente altas, estado del drenaje, etc). Es importante determinar los tramos homogéneos de comportamiento uniforme, cuyo estudio puede hacerse globalmente, incluso aunque no sean adyacentes. Se tendrá así una visión más amplia de los problemas, que puede

reducir los trabajos de reconocimiento y análisis mediante extracción de testigos, calicatas, ensayos de laboratorios o in situ, u otros igualmente costosos.

3.4 EVALUACIÓN DE LAS PRINCIPALES CALLES DE LA CIUDAD DE ARMENIA, EN SONSONATE.

La evaluación de los pavimentos seleccionados se realizó por medio de la inspección visual, extracción de núcleos y la calle principal del municipio fue evaluada por medio de la viga Benkelman, los datos obtenidos se presentan a continuación.

Ubicación: 2a Calle Oriente

Descripción: El primer tramo de poniente a oriente es de adoquín con hundimiento de piezas y presencia de vegetación como puede observarse en la Fig. 3.16, el segundo tramo es de asfalto sobre adoquín el cual presenta muchas fisuras debido a la reflexión de las juntas como puede observarse en la Fig. 3.17. Los 2 últimos tramos en estudio son empedrados fraguados con una carpeta de 3 cm de asfalto (Ver Fig. 3.18 y Fig. 3.19).



Fig. 3.16 Hundimiento de adoquines y presencia de vegetación.



Fig. 3.17 Grietas por reflexión de juntas en adoquines



Fig. 3.18 Falta de junta de dilatación en pozos



Fig. 3.19 Empedrado fraguado con carpeta de Asfalto

Ubicación: Calle Alberto Masferrer

Descripción: En los dos primeros tramos de poniente a oriente se encuentra un empedrado fraguado con una carpeta de 3 cm de asfalto la cual esta en mal estado como puede verse en la figura 3.20 y 3.21, además de baches de asfalto por la introducción de tuberías de agua potable (ver fig.3.22), baches de concreto, huecos y pérdida de agregados (fig. 3.23).



Fig. 3.20 Huecos y desintegración de bordes.



Fig. 3.21 Huecos, desintegración de bordes por acumulación de agua y grietas



Fig. 3.22 Baches de asfalto, desintegración de bordes alrededor de pozo y grietas.



Fig. 3.23 Huecos, desintegración de bordes, baches y grietas.

Ubicación: 1a Calle Oriente

Descripción: En el primer tramo de poniente a oriente tenemos un carpeta asfáltica de 5cm sobre un empedrado fraguado de 13cm, solamente presenta baches de asfalto a lo largo del tramo por la introducción de tuberías de agua potable como se muestra en la figura 3.24. El segundo tramo es un empedrado fraguado en mal estado, el cual se ha tratado con una capa de mortero y baches de asfalto para aminorar el daño ver figura

3.25. Los dos últimos tramos tienen una carpeta asfáltica de 5 cm. sobre empedrado fraguado presenta pérdida de agregado y baches de asfalto (ver figuras 3.26)

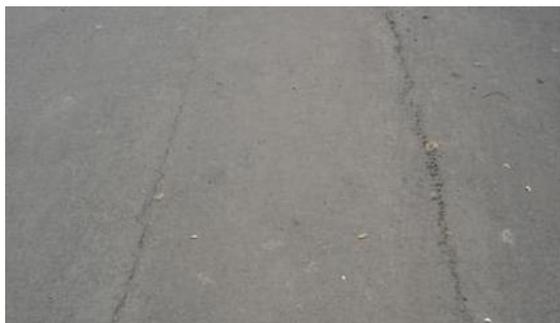


Fig. 3.24 Bache de asfalto por la introducción de tuberías.



Fig. 3.25 Tramo empedrado fraguado con baches de asfalto.



Fig. 3.26 Pérdida de agregados a lo largo del tramo y bache de asfalto.

Ubicación: 3a Calle Oriente

Descripción: Esta calle es adoquinada y presenta hundimientos de las piezas de adoquín, así como baches de asfalto por la introducción de tuberías (ver figuras 3.27, 3.28 y 3.29).



Fig. 3.27 Baches por la introducción de tuberías y hundimiento de adoquín.



Fig. 3.28 Baches de asfalto y hundimiento de algunas piezas de adoquín.



Fig. 3.29 Baches irregulares de asfalto sobre el adoquinado.

Ubicación: 5a Calle Oriente

Descripción: Esta calle tiene una carpeta asfáltica de 5 cm sobre un empedrado fraguado de 13 cm, presenta baches debido a la introducción de tuberías (ver figura 3.30 y 3.31), posee fisuras longitudinales, transversales, peladura (fig. 3.32, 3.33 y 3.34)



Fig. 3.30 Grietas transversales y baches de asfalto por introducción de tuberías



Fig. 3.31 Piel de cocodrilo y parchado de asfalto.



Fig. 3.32 Parchado de concreto y asfalto, grietas y peladuras



Fig. 3.33 Huecos y desintegración de bordes



Fig. 3.34 Parchado de concreto, grietas y baches

Ubicación: Avenida 3 de Abril

Descripción: Esta avenida es de asfalto y se han colocado varios refuerzos por lo que el espesor promedio de la carpeta asfáltica hasta el momento es de 9 cm. En su mayoría esta en buen estado aunque presenta grietas transversales y longitudinales en el primer tramo de Sur a Norte (ver Fig.3.35), a la altura de la 5ª calle oriente huecos en muy mal estado (ver Fig. 3.36) debido a que ahí se estacionan los buses del transporte publico, piel de cocodrilo de severidad media, bombeo de finos en hombros como se puede ver en la figura 3.37 y 3.38, así como la perdida del nivel de diseño debido al recarpeto de l pavimento lo que provoca el empozamiento de agua en los posos (Fig. 3.39)



Fig. 3.35 Grietas longitudinales



Fig. 3.36 Huecos en muy mal estado



Fig. 3.37 Piel de cocodrilo con severidad muy alta y peladuras



Fig. 3.38 Daño estructural debido al bombeo de finos



Fig. 3.39 Perdida del nivel de diseño

Ubicación: Avenida 9 de Septiembre

Descripción: Esta avenida es de asfalto sobre adoquín por lo que se observan grietas debido a la reflexión de las juntas en adoquines, baches de asfalto por introducción de tuberías, peladuras, piel de cocodrilo con un nivel de severidad alta, lo que puede observarse en las fig. 3.40 a fig.3.43



Fig. 3.40 Piel de cocodrilo, abultamientos, grietas longitudinales y transversales.



Fig. 3.41 Piel de cocodrilo con severidad muy alta



Fig. 3.42 Grietas transversales y longitudinales, exposición de agregados y baches



Fig. 3.43 Grietas transversales y longitudinales

Ubicación: 2a Avenida Norte

Descripción: El primer tramo de oriente a poniente de esta avenida es adoquinado hundimientos de piezas, baches de asfalto como se puede ver en las figuras 3.44 y 3.45, los siguientes tramos tienen una carpeta de asfalto sobre empedrado fraguado de 13 cm, presenta muchas fisuras así como peladuras y grietas como puede observarse en las figuras 3.46 y 3.47.



Fig. 3.44 Hundimiento de piezas de adoquín.



Fig. 3.45 Hundimiento de piezas de adoquín con bache de asfalto

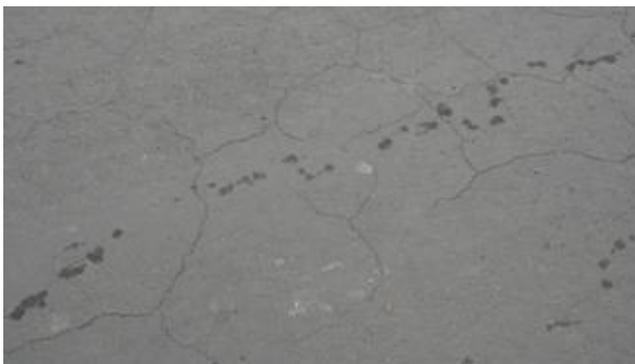


Fig. 3.46 Grietas transversales y longitudinales



Fig. 3.47 Peladura, grietas trasversales y longitudinales.

Ubicación: 4a Avenida Norte

Descripción: Esta avenida tiene una carpeta de 3 cm de asfalto sobre empedrado fraguado de 13 cm de espesor, presenta huecos dejando a la vista el empedrado (ver fig. 3.48), baches de concreto en mal estado (ver fig. 3.49 a fig. 3.51), peladuras y grietas.



Fig. 3.48 Perdida de carpeta asfáltica



Fig. 3.49 Baches de concreto grietas y peladuras



Fig. 3.50 Bache de concreto por introducción de tuberías



Fig. 3.51 Peladuras, grietas y baches de asfalto sobre el adoquín

Ubicación: 6a Avenida Sur

Descripción: Esta avenida posee una carpeta asfáltica de 5 cm, sobre empedrado fraguado de 13 cm de espesor, presenta algunos parches de concreto y en mayor parte peladura con un nivel de severidad alto.



Fig. 3.52 Peladura con severidad alta



Fig. 3.53 Parchado de concreto y peladura con severidad alta



Fig. 3.54 Peladura, grietas transversales y longitudinales

Los datos obtenidos en la evaluación por medio de la viga Benkelman del acceso principal, Avenida 3 de Abril, que conecta directamente con la carretera CA-8 y que comunica las ciudades de San Salvador y Sonsonate se presenta en la tabla 3.4.

Los formularios con los daños encontrados en los pavimentos asfálticos se presentan a continuación desde la tabla 3.5 a tabla 3.10 y los respectivos esquemas para una mejor ubicación de los daños en las diferentes calles en estudio.

**TABLA 3.4 DEFLEXIONES OBTENIDAS CON LA VIGA BENKELMAN
EN AVENIDA 3 DE ABRIL.**

ESTACION	DEFLEXION (Pulg.)		ESTACION	DEFLEXION (Pulg.)	
	DERECHA	IZQUIERDA		DERECHA	IZQUIERDA
0 + 000	0.045		0 + 310		0.017
0 + 010		0.0215	0 + 320	0.018	
0 + 020	0.042		0 + 330		0.024
0 + 030		0.0193	0 + 340	0.023	
0 + 040	0.032		0 + 350		0.019
0 + 050		0.023	0 + 360	0.012	
0 + 060	0.025		0 + 370		0.011
0 + 070		0.02	0 + 380	0.005	
0 + 080	0.024		0 + 390		0.013
0 + 090		0.017	0 + 400	0.016	
0 + 100	0.018		0 + 410		0.021
0 + 110		0.019	0 + 420	0.016	
0 + 120	0.01		0 + 430		0.011
0 + 130		0.02	0 + 440	0.022	
0 + 140	0.014		0 + 450		0.023
0 + 150		0.003	0 + 460	0.015	
0 + 160	0.029		0 + 470		0.01
0 + 170		0.018	0 + 480	0.019	
0 + 180	0.005		0 + 490		0.012
0 + 190		0.017	0 + 500	0.006	
0 + 200	0.022		0 + 510		0.008
0 + 210		0.025	0 + 520	0.01	
0 + 220	0.005		0 + 530		0.001
0 + 230		0.013	0 + 540	0.013	
0 + 240	0.0125		0 + 550		0.009
0 + 250		0.014	0 + 560	0.001	
0 + 260	0.026		0 + 570		0.003
0 + 270		0.017	0 + 580	0.001	
0 + 280	0.004		0 + 590		0.006
0 + 290		0.012	0 + 600	0.003	
0 + 300	0.006		0 + 610		0.004

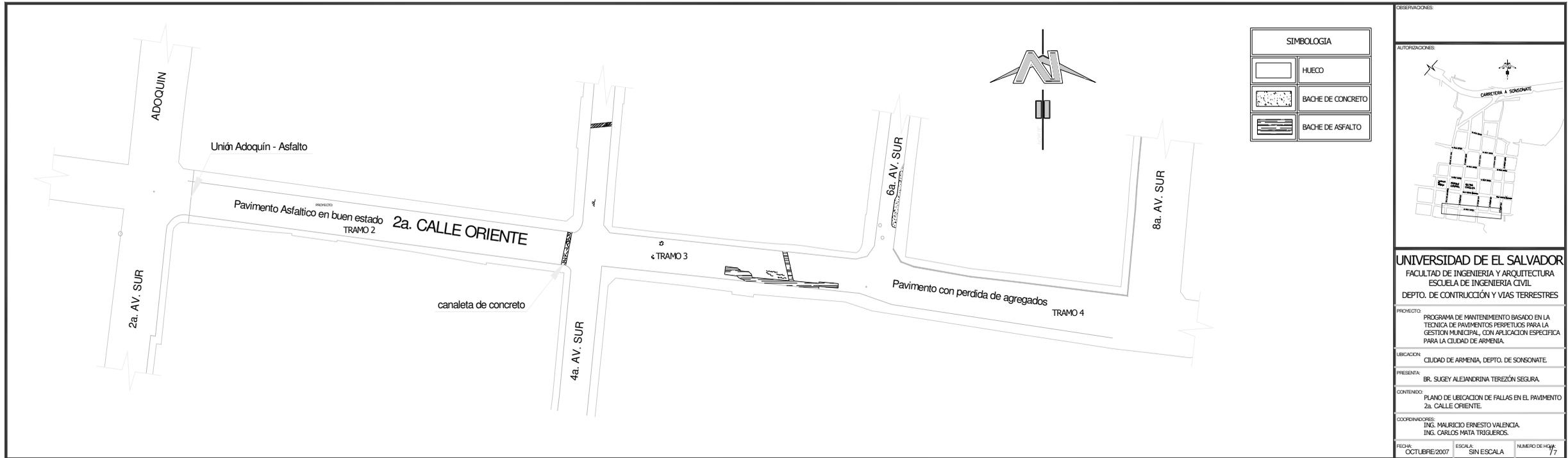
Se realizó en sentido del tráfico.

La deflexión izquierda es al centro de la calle.

TABLA 3.5 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 2a CALLE ORIENTE

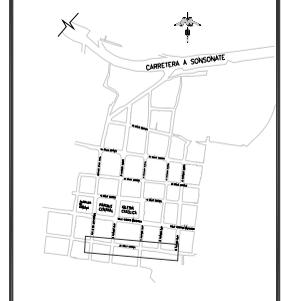
FORMULARIO MODULO DE DANOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																								
Tramo:		2a Calle Oriente													Km inicial		0 + 079							
Departamento:		Sonsonate													Km Final :		0 + 316							
Tipo de carretera:															Fecha:		ago-06							
Nombre de ruta:															Realizó:		Sugey Terezón							
Dirección:		Poniente - Oriente																						
Kilometros		Rodaje							Hombros													Comentarios	Número de carril	
Inicio	Fin	Fisuras	Pérdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo						Derecho									
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)			Escalonado Lateral (cm)
0+079	0+180	0	50	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+180	0+250	1.8	10	0	0	0	0.1	15	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+250	0+316	0	5	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.



OBSERVACIONES:

AUTORIZACIONES:



SIMBOLOGIA	
	HUECO
	BACHE DE CONCRETO
	BACHE DE ASFALTO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPTO. DE CONTRUCCION Y VIAS TERRESTRES

PROYECTO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA GESTION MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA PARA LA CIUDAD DE ARMENIA.

UBICACION: CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE.

PRESENTA: BR. SUGEY ALEJANDRINA TEREZON SEGURA.

CONTENIDO: PLANO DE UBICACION DE FALLAS EN EL PAVIMENTO 2a. CALLE ORIENTE.

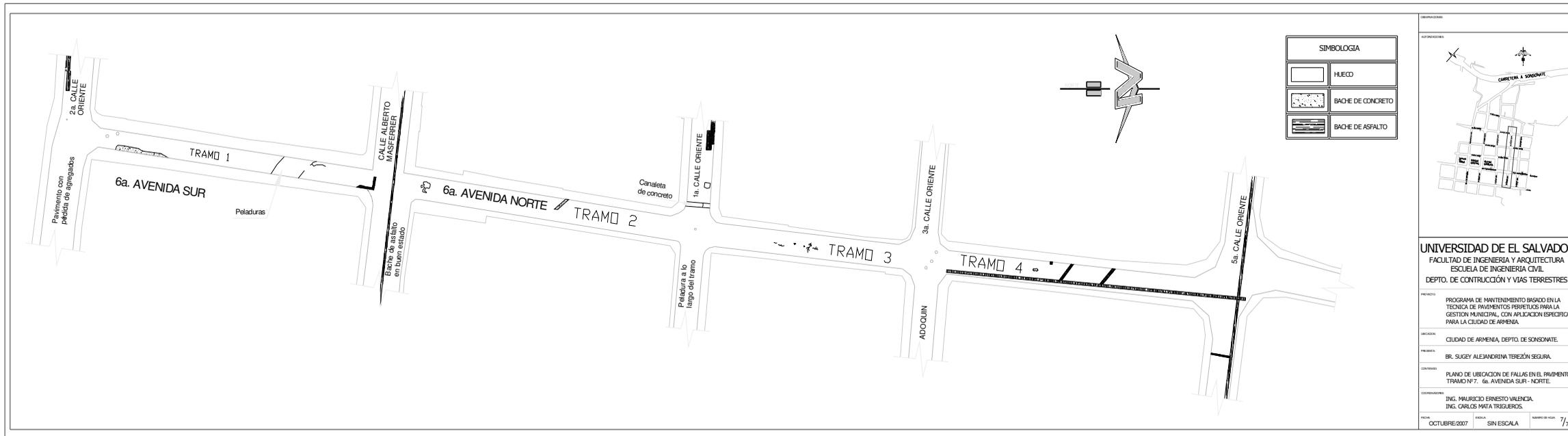
COORDINADORES:
 ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA
 ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.

FECHA: OCTUBRE/2007 ESCALA: SIN ESCALA NUMERO DE HOJA: 7

TABLA 3.6 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CALLE ALBERTO MASFERRER

FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																								
Tramo:		Calle Alberto Masferrer																		Km inicial: 0 + 000				
Departamento:		Sonsonate																		Km Final : 0 + 316				
Tipo de carretera:																				Fecha: ago-06				
Nombre de ruta:																				Realizó: Sugey Terezón				
Dirección:		Poniente - Oriente																						
Kilometros		Rodaje							Hombros													Comentarios	Número de carril	
Inicio	Fin	Fisuras	Perdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo						Derecho									
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)			Escalonado Lateral (cm)
0+000	0+078	8.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.7	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+078	0+180	5.0	5.0	0.0	0.0	0.5	14.5	10.9	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+180	0+254	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+254	0+316	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.

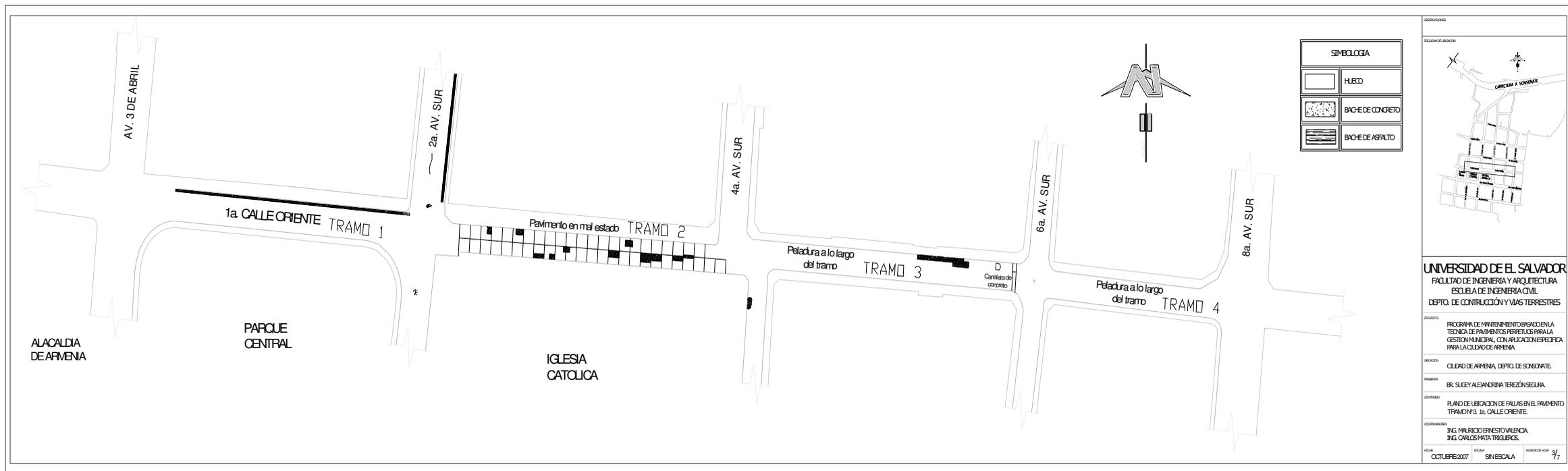


<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL DEPTO. DE CONSTRUCCION Y VIAS TERRESTRES</p>	
<p>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA TECNICA DE PAVIMENTOS PERIUDICOS PARA LA GESTION MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA PARA LA CIUDAD DE ARMENIA.</p>	<p>CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE.</p>
<p>BR. SUZEY ALEJANDRINA TEREZON SEGURA.</p>	<p>PLANO DE UBICACION DE FALLAS EN EL PAVIMENTO TRAMO N°7. 6a. AVENIDA SUR - NORTE.</p>
<p>ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA. ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.</p>	<p>ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA. ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.</p>
<p>OCTUBRE/2007</p>	<p>SIN ESCALA</p>
<p>7/7</p>	<p>7/7</p>

TABLA 3.7 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 1a CALLE ORIENTE

FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																								
Tramo:		1a Calle Oriente										Km inicial:		0+000										
Departamento:		Sonsonate										Km Final :		0+313										
Tipo de carretera:												Fecha:		ago-06										
Nombre de ruta:												Realizó:		Sugey Terezón										
Dirección:		Poniente - Oriente																						
Kilometros		Rodaje						Hombros														Comentarios	Número de carril	
Inicio	Fin	Fisuras	Perdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo							Derecho								
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)			Escalonado Lateral (cm)
0+000	0+084	0	0	0	0	0	0	6	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+169	0+254	0	80	0	0	0	0	9	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+254	0+313	0	20	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.



COORDINADOR

COLABORADORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPTO. DE CONSTRUCCIÓN Y VIAS TERRESTRES

PROFESOR

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
 TÉCNICA DE PUNTEOS PERIÓDICOS PARA LA
 GESTIÓN MUNICIPAL - CONSERVACIÓN ESPECÍFICA
 PARA LA CIUDAD DE ARMENIA

UBICACIÓN

CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE

PROFESORA

BR. SUZELY ALEXANDRA TEREÓN SEGURA

CONTENIDO

PLANO DE UBICACIÓN DE FALLAS EN EL PAVIMENTO
 TRAMO N° 3, 1a. CALLE ORIENTE

COORDINADORES

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA
 ING. CARLOS PATRICK TROLESER

FECHA

OCTUBRE 2007

ESCALA

SIN ESCALA

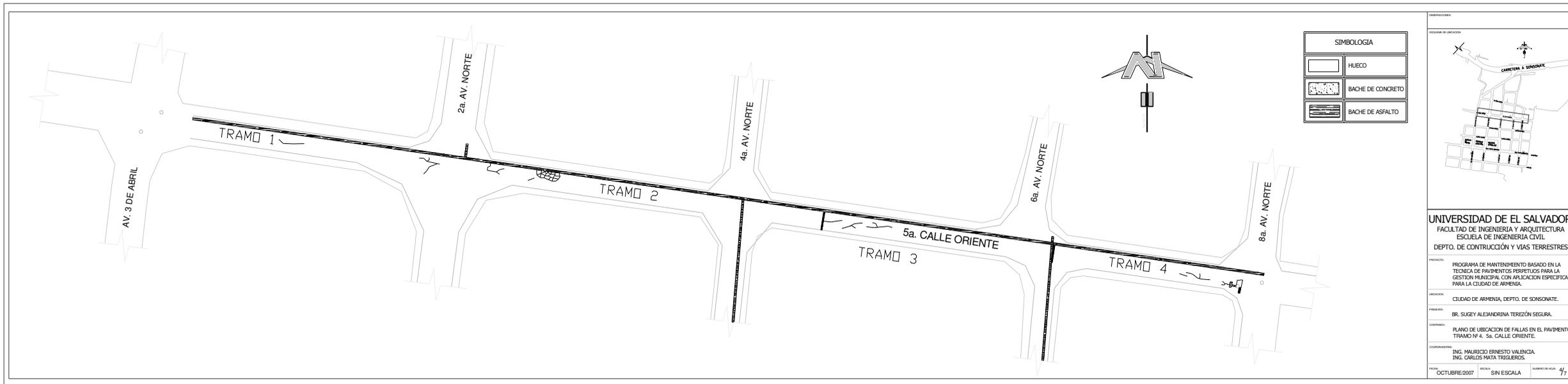
NÚMERO DE HOJA

37

TABLA 3.8 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 5a CALLE ORIENTE

FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																									
Tramo:		5a Calle Oriente										Km inicial:		0 + 000											
Departamento:		Sonsonate										Km Final :		0 + 313											
Tipo de carretera:												Fecha:		ago-06											
Nombre de ruta:												Realizó:		Sugey Terezón											
Dirección:		Poniente - Oriente																							
Kilometros		Rodaje							Hombros													Comentarios	Número de carril		
Inicio	Fin	Fisuras	Pérdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo						Derecho										
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)			Escalonado Lateral (cm)	
0+000	0+089	3.8	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+089	0+165	2.5	10.0	0.0	0.0	3.0	0.0	10.0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+165	0+244	4.1	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+244	0+313	1.2	8.0	0.0	0.0	0.0	0.5	12.7	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPTO. DE CONSTRUCCIÓN Y VIAS TERRESTRES

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
 TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA
 GESTION MUNICIPAL CON APLICACION ESPECIFICA
 PARA LA CIUDAD DE ARMENIA.

CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE.

BR. SUKEY ALEJANDRINA TEREZÓN SEGURA.

PLANO DE UBICACIÓN DE FALAS EN EL PAVIMENTO
 TRAMO Nº 4. 5a. CALLE ORIENTE.

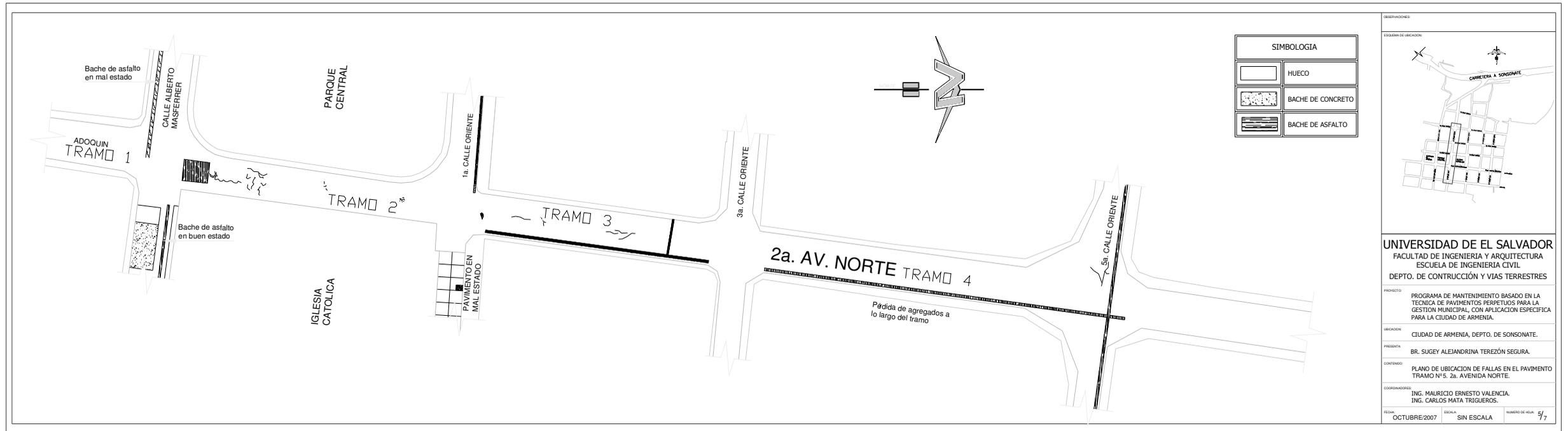
ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA
 ING. CARLOS MATA TRUJEROS.

OCTUBRE 2007 SIN ESCALA 47

TABLA 3.9 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 2a AVENIDA SUR

FORMULARIO MODULO DE DANOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																									
Tramo:		2a Avenida Sur										Km inicial:		0 + 084											
Departamento:		Sonsonate										Km Final :		0 + 303											
Tipo de carretera:												Fecha:		ago-06											
Nombre de ruta:												Realizó:		Sugey Terezón											
Dirección:		Sur -Norte																							
Kilometros		Rodaje							Hombros														Comentarios	Número de carril	
Inicio	Fin	Fisuras	Perdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo							Derecho									
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)			
0+084	0+152	5.2	5	0	0	0	0	5.4	N	0	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+152	0+219	2.8	0	0	0	0	0	6.6	N	0	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+219	0+303	0.0	0	0	0	0	0	7.1	N	0	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.



OBSERVACIONES

ESCALERA DE UBICACION

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPTO. DE CONTRUCCION Y VIAS TERRESTRES

PROYECTO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA GESTION MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA PARA LA CIUDAD DE ARMENIA.

UBICACION: CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE.

PRESENTA: BR. SUGHEY ALEJANDRINA TEREZON SEGURA.

CONTIENE: PLANO DE UBICACION DE FALLAS EN EL PAVIMENTO TRAMO N°5. 2a. AVENIDA NORTE.

COORDINADORES: ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA.
 ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.

FECHA: OCTUBRE/2007 ESCALA: SIN ESCALA NUMERO DE HOJA: 5/7

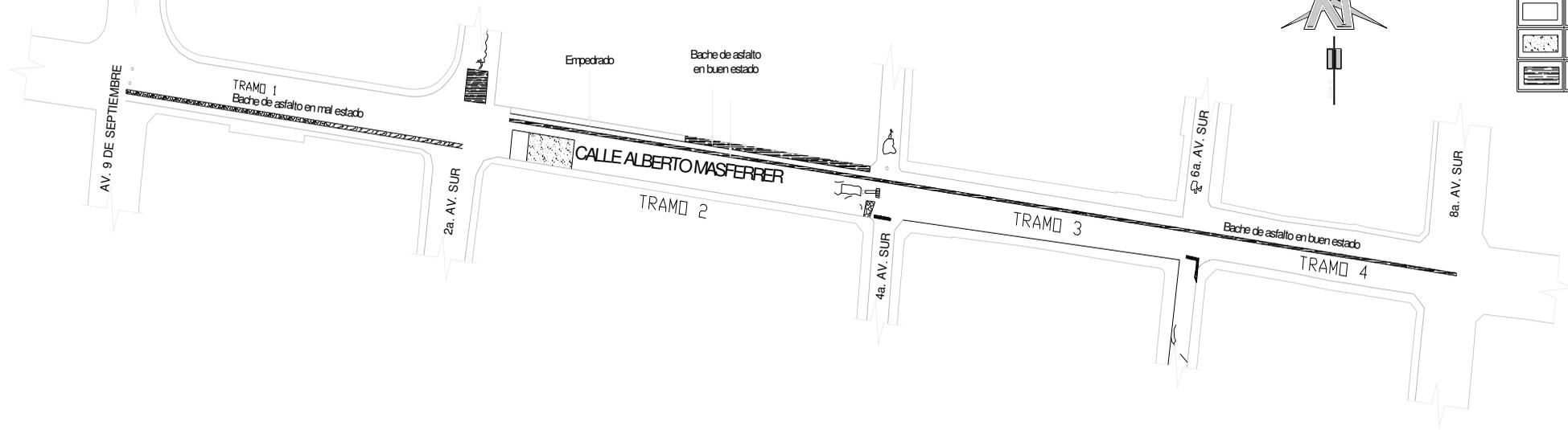
TABLA 3.10 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 4a AVENIDA SUR

FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																								
Tramo:		4a Avenida Sur										Km inicial:		0 + 000										
Departamento:		Sonsonate										Km Final :		0 + 303										
Tipo de carretera:												Fecha:		ago-06										
Nombre de ruta:												Realizó:		Sugey Terezón										
Dirección:		Sur -Norte																						
Kilometros		Rodaje							Hombros														Comentarios	Número de carril
Inicio	Fin	Fisuras	Perdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo							Derecho								
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)		
0+000	0+84	0.16	5	0	0	0	0	1.8	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+084	0+159	10	10	0	0	1.6	2.4	5.6	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+159	0+222	2.9	90	0	0	0	0	1	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3
0+222	0+303	1	40	0	0	0	0	8.2	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0		3

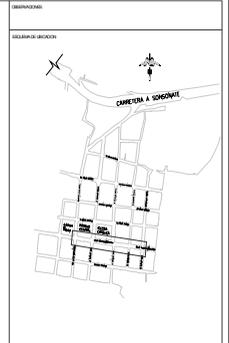
Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.

ALCALDIA
DE ARMENIA

PARQUE
CENTRAL



SIMBOLOGIA	
[Empty box]	HLECO
[Stippled pattern]	BACHE DE CONCRETO
[Horizontal lines pattern]	BACHE DE ASFALTO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPTO. DE CONTRUCCION Y VIAS TERRESTRES

PROYECTO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA
TECNICA DE PAVIMENTOS PERIUDICOS PARA LA
GESTION MUNICIPAL, CON APLICACION ESPECIFICA
PARA LA CIUDAD DE ARMENIA.

UBICACION: CIUDAD DE ARMENIA, DEPTO. DE SONSONATE.

PROFESOR: BR. SUELEY ALEXANDRINA TEREZÓN SEJARA.

CONTENIDO: PLANO DE UBICACION DE FALLAS EN EL PAVIMENTO
CALLE ALBERTO MASFERRER.

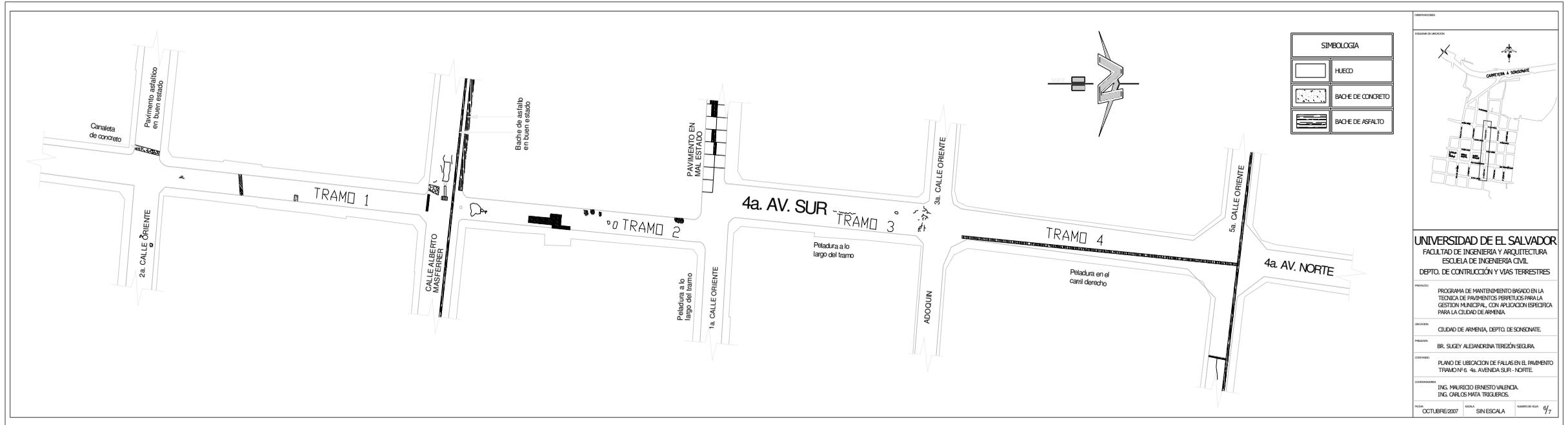
COORDINADORES:
ING. MAURICIO ERNESTO VALENZUELA
ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.

FECHA: OCTUBRE 2007. ESCALA: SIN ESCALA. HOJA: 27

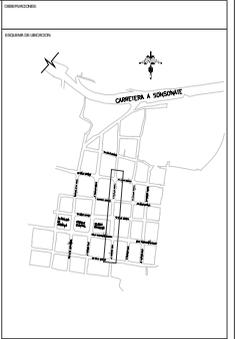
TABLA 3.11 FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE 6a AVENIDA SUR

FORMULARIO MODULO DE DAÑOS EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO																									
Tramo:		6a Avenida Sur												Km inicial:		0 + 000									
Departamento:		Sonsonate												Km Final :		0 + 380									
Tipo de carretera:														Fecha:		ago-06									
Nombre de ruta:														Realizó:		Sugey Terezón									
Dirección:		Sur -Norte																							
Kilometros		Rodaje							Hombros														Comentarios	Número de carril	
Inicio	Fin	Fisuras	Perdida de agregados	Piel de Cocodrilo			Huecos	Bacheo (m ²)	Izquierdo							Derecho									
				Mediano	Alto	Muy alto			Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)	Tipo	Ancho (m)	Longitud a reparar (m)	Bacheo (%)	Fisuras %	Desprendimiento de agregado (%)	Escalonado Lateral (cm)			
0+000	0+081	2.11	5	0	0	0	0	4.6	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+081	0+242	0	0	0	0	0	1	1	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+242	0+301	4.3	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3
0+301	0+380	0	2	0	0	0	0.1	14.1	N	0	0	0	0	0	0	N	0	0	0	0	0	0	0		3

Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.



SIMBOLOGIA	
	HUECO
	BACHE DE CONCRETO
	BACHE DE ASFALTO



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 DEPTO. DE CONSTRUCCION Y VIAS TERRESTRES

PROYECTO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA TECNICA DE PAVIMENTOS PERPETUOS PARA LA GESTION MUNICIPAL CON APLICACION ESPECIFICA PARA LA CIUDAD DE ARMENTA.

UBICACION: CIUDAD DE ARMENTA, DEPTO. DE SONSONATE.

PROYECTISTA: BR. SUGEY ALEJANDRINA TEREZON SEGURA.

COORDINADO: PLANO DE UBICACION DE FALLAS EN EL PAVIMENTO TRAMO N° 6. 4a. AVENIDA SUR - NORTE.

COORDINADORES: ING. MAURICIO ERNESTO VALENZUELA
 ING. CARLOS MATA TRIGUEROS.

FECHA: OCTUBRE/2007 SERIE: SIN ESCALA NUMERO DE PLANO: 97

En algunos de los pavimentos no se contaba con la información sobre su construcción, por medio de la extracción de núcleos y la exploración de la estructura se obtuvo los espesores y materiales de cada capa, así como si alguna fue estabilizada.

En la tabla 3.12 se muestran los espesores y el tipo de pavimento de los diferentes tramos en estudio.



Fig. 3.55 Extracción de núcleos



Fig. 3.56 Hueco después de extraer el núcleo



Fig. 3.57 Exploración del material y espesores de base y sub-base.

TABLA 3.12 ESPEORES Y MATERIALES DE LAS CAPAS DE LOS PAVIMENTOS EN ESTUDIO

Ubicación	Tramo	ESTRUCTURA						Observaciones
		Carpeta		Base		Sub-base		
		Tipo	Espesor (cm)	Tipo	Espesor (cm)	Tipo	Espesor (cm)	
2a Calle Oriente	1	Adoquín		Suelo-cemento	10	Material selecto	1	
	2	Asfalto	5	Suelo-cemento	10	Material selecto	1	
	3	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	4	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
Calle Alberto Masferrer	1	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	2	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	3	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	
	4	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	
1a Calle Oriente	1	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	
	2	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Capa de mortero en mal estado
	3	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	
	4	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	1	
3a Calle Oriente	1 a 4	Adoquín		Suelo-cemento	10	Material selecto	1	
5a Calle Oriente	1 a 4	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	

TABLA 3.13 ESPEORES Y MATERIALES DE LAS CAPAS DE LOS PAVIMENTOS EN ESTUDIO

Ubicación	Tramo	ESTRUCTURA						Observaciones
		Carpeta		Base		Sub-base		
		Tipo	Espesor (cm)	Tipo	Espesor (cm)	Tipo	Espesor (cm)	
Av. 3 de Abril	1 a 4	Adoquín		Suelo-cemento	10	Material selecto	1	
Av. 9 de Septiembre	1 a 4	Asfalto	5	Adoquín		Suelo-cemento	10	
2a Avenida Sur	1	Adoquín		Suelo-cemento	10	Material selecto	1	
	2	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	
	3	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	
	4	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	
4a Avenida Sur	1	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	2	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	3	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
	4	Empedrado fraguado	13	Suelo-cemento	8	Material selecto	1	Carpeta de asfalto de 3 cm.
6a Avenida Sur	1	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Material selecto	1	
	2	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Material selecto	1	
	3	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Material selecto	1	
	4	Asfalto	5	Empedrado fraguado	13	Material selecto	1	

CAPITULO IV

“PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO”

4.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO SN_{ef} DEL PAVIMENTO EXISTENTE.

El examen visual de las probetas de concreto asfáltico permite conocer los distintos grados de alteración, igualmente con respecto a muestras de bases y sub-base, obteniéndose al mismo tiempo los espesores de todas las capas. Lo que nos servirá para obtener el número estructural por medio de la siguiente ecuación.

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

SN_{ef} = Número estructural efectivo (mm)

a_1, a_2 y a_3 = Serán menores que los que se consideran en un diseño nuevo debido al deterioro que presentan las capas. En la tabla 4.1 se presenta una sugerencia de los valores a adoptar para cada capa en función de su grado de deterioro.

D_1, D_2, D_3 = Espesor de carpeta, base y sub base respectivamente (mm)

m_2 y m_3 = Se determinan de acuerdo a las condiciones de drenaje.

En la tabla 4.2 se presenta el cálculo del número estructural (SN_{ef}) de las calles en estudio por medio de la formula anterior, utilizando los datos recopilados en el levantamiento de deterioro y resumidos en las tablas 3.12 y 3.13. El coeficiente estructural para cada capa del pavimento se obtuvo de la tabla 4.1.

**TABLA 4.1 VALORES SUGERIDOS DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL
PARA CAPAS DE PAVIMENTOS DETERIORADOS**

MATERIAL	CONDICION DE SUPERFICIE	COEFICIENTE
Concreto Asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0.35 - 0.40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0.25 - 0.35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0.20 - 0.30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0.14 - 0.20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o <10% de fisuras transversales de alta severidad	0.20 - 0.35
	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0.20 - 0.35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0.15 - 0.25
Base Estabilizada	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0.15 - 0.20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0.10 - 0.20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o <10% de fisuras transversales de alta severidad	0.08 - 0.15
	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación de finos.	0.10 - 0.14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0.00 - 0.10
Base o Sub-base granular		

Fuente: Guía AASTHO para el diseño de estructuras de pavimentos (1993)

TABLA 4.2 CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL (SN_{ef})

Ubicación	No. De Tramo	Tipo de Carpeta	a ₁	a ₂	a ₃	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	m2	m3	SN_{ef} (Pulg)
1a Calle Oriente	1	Asfalto	0.30	0.20	0.12	50	130	8	1	1	1.65
	2	Empedrado fraguado									
	3	Asfalto	0.35	0.20	0.12	50	130	8	1	1	1.75
	4	Asfalto	0.40	0.35	0.10	50	130	1	1	1	2.58
2a Calle Oriente.	1	Adoquin									
	2	Asfalto	0.30	0.20	0.12	50	100	1	1	1	1.38
	3 y 4	Empedrado fraguado									
3a Calle Oriente	1 a 4	Adoquin									
5a Calle Oriente	1	Asfalto	0.35	0.25	0.12	50	130	8	1	1	2.01
	2	Asfalto	0.40	0.25	0.12	50	130	8	1	1	2.10
	3	Asfalto	0.35	0.25	0.12	50	130	8	1	1	2.01
	4	Asfalto	0.40	0.25	0.12	50	130	8	1	1	2.10
Calle Alberto Masferrer	1 y 2	Empedrado fraguado									
	3	Asfalto	0.30	0.20	0.12	50	130	8	1	1	1.65
	4	Asfalto	0.30	0.20	0.12	50	130	8	1	1	1.65
Av. 3 de Abril	1 a 4	Adoquin									
Av. 9 de Septiembre	1	Asfalto	0.25	0.18	0.10	50	50	10	1	1	0.88
	2	Asfalto	0.25	0.18	0.10	50	50	10	1	1	0.88
	3	Asfalto	0.25	0.18	0.10	50	50	10	1	1	0.88
	4	Asfalto	0.25	0.18	0.10	50	50	10	1	1	0.88
2a Avenida Sur	1	Adoquin									
	2 a 4	Empedrado fraguado									
4a Avenida Sur	1 a 4	Empedrado fraguado									
6a Avenida Sur	1	Asfalto	0.35	0.20	0.10	50	130	1	1	1	1.72
	2	Asfalto	0.35	0.20	0.10	50	130	1	1	1	1.72
	3	Asfalto	0.35	0.20	0.10	50	130	1	1	1	1.72
	4	Asfalto	0.35	0.20	0.10	50	130	1	1	1	1.72

Para el caso de la Avenida 3 de Abril el cálculo del número estructural se realizó por medio del programa HDM-4 y los valores obtenidos de deflexión con la viga Benkelman, dichos resultados se presentan en la tabla 4.3.

**TABLA 4.3 CÁLCULO DE NÚMERO ESTRUCTURAL (S_{Nef})
EN AVENIDA 3 de ABRIL.**

ESTACIÓN	NÚMERO ESTRUCTURAL (in)		ESTACIÓN	NÚMERO ESTRUCTURAL (in)	
	DERECHA	IZQUIERDA		DERECHA	IZQUIERDA
0+000	2.94		0+310		5.43
0+010		4.69	0+320	5.24	
0+020	3.07		0+330		4.37
0+030		5.02	0+340	4.49	
0+040	3.65		0+350		5.06
0+050		4.49	0+360	6.76	
0+060	4.26		0+370		7.15
0+070		4.90	0+380	11.74	
0+080	4.37		0+390		6.43
0+090		5.43	0+400	5.64	
0+100	5.24		0+410		4.75
0+110		5.06	0+420	5.64	
0+120	7.59		0+430		7.15
0+130		4.90	0+440	4.62	
0+140	6.13		0+450		4.49
0+150		13.65	0+460	5.88	
0+160	3.88		0+470		7.59
0+170		5.24	0+480	5.06	
0+180	11.74		0+490		6.76
0+190		5.43	0+500	10.47	
0+200	4.62		0+510		8.73
0+210		4.26	0+520	7.59	
0+220	11.74		0+530		8.73
0+230		6.43	0+540	6.43	
0+240	6.59		0+550		8.11
0+250		6.13	0+560	13.65	
0+260	4.16		0+570		13.65
0+270		5.43	0+580	10.45	
0+280	13.48		0+590		10.47
0+290		6.76	0+600	13.65	
0+300	10.49		0+610		13.51

OBSERVACIONES:

La medición de deflexiones se realizó en sentido del tráfico y con la Viga Benkelman.
El valor de número estructural se obtuvo por medio del programa HDM-4 y el valor de la deflexión.
El número estructural izquierdo corresponde al centro de la calle.

4.2 CLASIFICACION DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO.

Determinadas las necesidades en cada sección se pueden separar las mismas en tres grandes grupos.

Primer grupo: Todas las secciones cuyo estado de deterioro es tal, que indudablemente deben ser atendidas a riesgo que en caso contrario se comprometa el nivel aceptable de transitabilidad.

Segundo grupo: Todas aquellas secciones en las que han sido detectados síntomas tales que se aconseja un mantenimiento preventivo, que permita con una obra de poca magnitud extender considerablemente la vida útil del pavimento.

Tercer grupo: Secciones en las que no se prevé ninguna intervención en el pavimento, aconsejando para estos casos una vigilancia y evaluación más frecuente, para detectar los signos de falla donde serán necesarios trabajos a corto plazo y convendría incluirlos en las previsiones de trabajo para años futuros. Estos pueden ser protegidos con contra la intemperización (el sol y la lluvia) y daños por fatiga (volumen y tipo de grafico)

Para clasificar en estos grupos también debe tenerse en cuenta el número estructural que debe tener la calle de acuerdo al nivel de tráfico e importancia de la vía. Para la ciudad de Armenia cuyo tráfico vehicular no es muy grande y solamente en la Avenida 3 de Abril y la tercera calle oriente tiene tráfico pesado (buses de transporte público en su

mayoría, por lo tanto el número estructural con el cual puede diseñarse es de 2.0 por lo tanto tramos en estudio pueden clasificarse de la siguiente manera.

Para $SN_{ef} < 1$; Deben ser incluidos en el primer grupo

Para $1 \leq SN_{ef} < 2$; Deben ser incluidos en el segundo grupo

Para $SN_{ef} \geq 2$; Deben ser incluidos en el tercer grupo

Los tramos incluidos en el tercer grupo presentados en Tabla 4.4, pueden ser protegidos con un Fog Seal o cualquiera de los tratamientos presentados en la tabla 3.2 (ver capítulo III) que son tratamientos de mantenimiento preventivo para varios tipos de deterioros de severidad baja. Para una mejor ubicación se presenta un esquema con los tramos en estudio en la fig. 4.1.

TABLA 4.4 TRAMOS QUE SE CLASIFICAN EN TERCER GRUPO

Ubicación	No. De Tramo	Tipo de Carpeta	SN_{ef} (Pulg)
1a Calle Oriente	4	Asfalto	2.58
5a Calle Oriente	1	Asfalto	2.01
	2	Asfalto	2.10
	3	Asfalto	2.01
	4	Asfalto	2.10

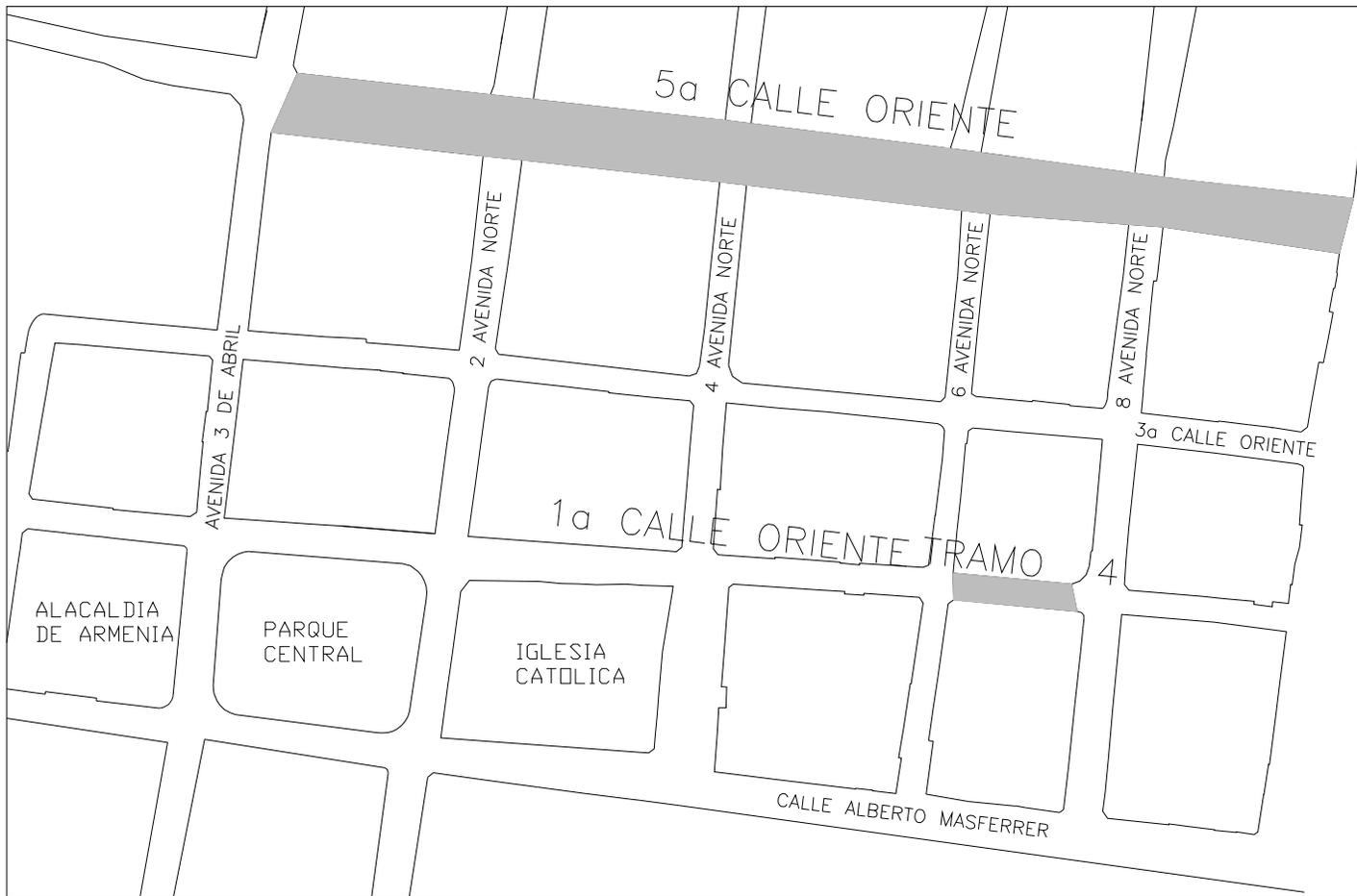


Fig. 4.1 Tramos clasificados en tercer grupo

Mientras que los tramos incluidos en el segundo grupo (Tabla 4.5) requieren un tratamiento periódico, si estos presentan un daño estructural se requerirá de un refuerzo en la base y luego puede colocarse un doble tratamiento, en caso de existir solamente daño en la carpeta es suficiente el doble tratamiento. En la figura 4.2 se presentan los tramos pertenecientes a este grupo.

TABLA 4.5 TRAMOS QUE SE CLASIFICAN EN SEGUNDO GRUPO			
Ubicación	No. De Tramo	Tipo de Carpeta	SN_{ef} (Pulg)
1a Calle Oriente	1	Asfalto	1.65
	3	Asfalto	1.75
2a Calle Oriente.	2	Asfalto	1.38
Calle Alberto Masferrer	3	Asfalto	1.65
	4	Asfalto	1.65
6a Avenida Sur	1	Asfalto	1.72
	2	Asfalto	1.72
	3	Asfalto	1.72
	4	Asfalto	1.72

Finalmente los tramos que pertenecen al primer grupo (Tabla 4.6, figura 4.3) son los que definitivamente necesitan una intervención inmediata, son pavimentos aptos para una reconstrucción que consiste en reemplazar el pavimento existente incluyendo las bases por uno nuevo: la estructura puede ser reemplazada por capas o reciclando.

Reconstrucción en capas.

Consiste en reemplazar parte o la totalidad de las capas de pavimento sin aumentar en forma significativa la cota de este. Esta estrategia permite corregir características como pendientes de drenaje, peraltes entre otras disminuyendo los costos de reconstrucción.



Fig. 4.2 Tramos clasificados en segundo grupo

Reconstrucción por medio de reciclado.

Consiste en utilizar los materiales del pavimento existente como materia prima para el nuevo pavimento. Con esto se disminuyen los recursos necesarios para la reconstrucción y se evita el movimiento masivo de materiales. Tanto para pavimentos de concreto como de asfalto existen procesos de reciclado.

De cuerdo al concepto de pavimentos perpetuos lo ideal es reforzar la base, que puede hacerse al reciclar el pavimento existente (RAP) y utilizar este material para conformar una buena base después colocar un doble tratamiento en la superficie y continuar solo con las renovaciones superficiales.

Para la conformación de la base se recomienda estabilizar con una emulsión asfáltica las propiedades que debe cumplir el material a utilizar fueron analizados en el apartado 2.43 (ver capítulo II).

TABLA 4.6 TRAMOS QUE SE CLASIFICAN EN PRIMER GRUPO

Ubicación	No. De Tramo	Tipo de Carpeta	SN_{ef} (Pulg)
Av. 9 de Septiembre	1	Asfalto	0.88
	2	Asfalto	0.88
	3	Asfalto	0.88
	4	Asfalto	0.88

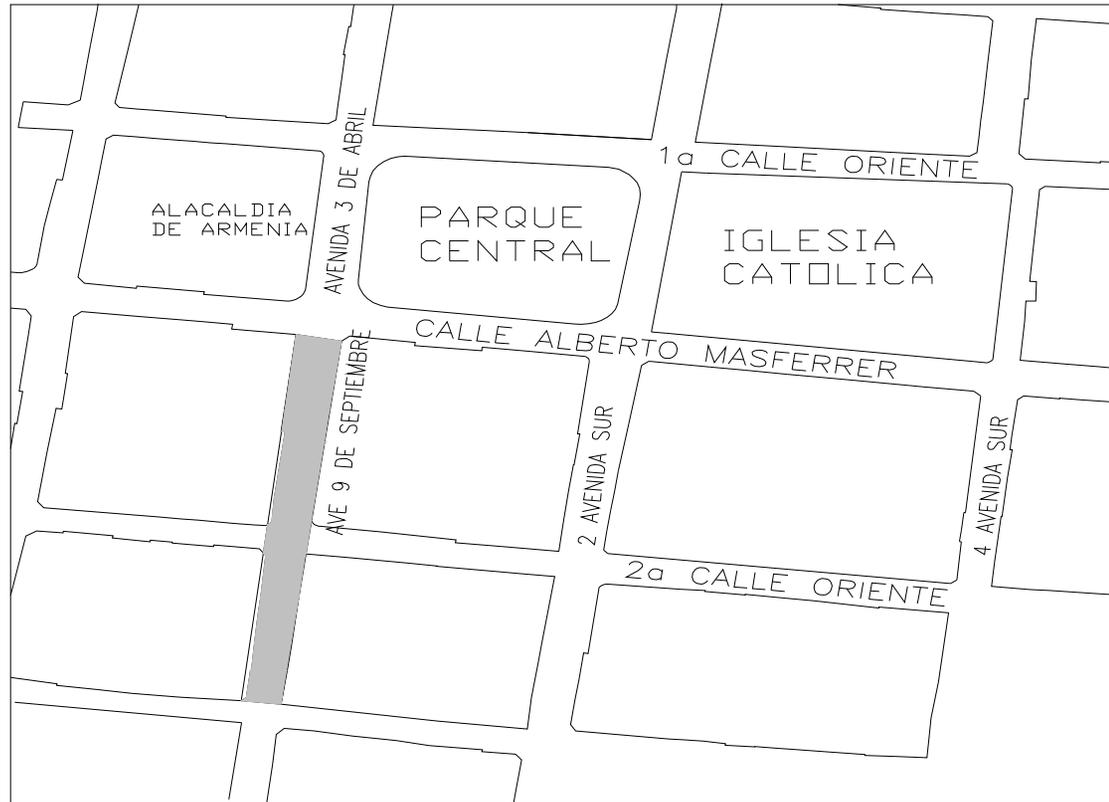


Fig. 4.3 Tramos clasificados en primer grupo

4.2 CALCULO DEL ESPESOR DE REFUERZO

Para los tramos del grupo numero 2 el espesor de refuerzo con el doble tratamiento se calculo de acuerdo al aporte estructural que proporciona el doble tratamiento, los resultados se presentan en la tabla 4.7

TABLA 4.7 CALCULO DEL ESPESOR DE REFUERZO

<i>Ubicación</i>	<i>No de Tramo</i>	<i>Snef</i>	<i>SN - Snef (SN = 2)</i>	<i>Espesor de Refuerzo (pulg)</i>	<i>Espesor de Refuerzo (cm)</i>
1a Calle oriente	1	1.65	0.35	1.0	2.5
	3	1.75	0.25	0.7	1.8
2a Calle oriente	2	1.38	0.62	1.7	4.4
Calle Alberto Masferrer	3	1.65	0.35	1.0	2.5
	4	1.65	0.35	1.0	2.5
6a Avenida sur	1	1.72	0.28	0.8	2.0
	2	1.72	0.28	0.8	2.0
	3	1.72	0.28	0.8	2.0
	4	1.72	0.28	0.8	2.0

Donde:

SN es igual a 2 para la condicion de pavimento nuevo

Espesor de refuerzo = $(SN - Snef) / a1$

a1 = 0.36, aporte estructural de la carpeta (doble tratamiento)

4.3 PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES DE CONSERVACIÓN

Actualmente los planes de conservación pueden ser presentados con la siguiente subdivisión, que básicamente representa una forma de diferenciar el modelamiento de elementos complementarios al pavimento y las del pavimento en si.

Programación de actividades rutinarias.

Esta puede entregarse generalmente en forma de tablas, presentando cantidades de obra rutinaria y totales de actividades de conservación para un proyecto específico. La programación de obras rutinarias para los tramos en estudio de la ciudad de Armenia se presentan el tabla 4.8.

Actividades de conservación periódica y rehabilitación de los tramos.

Se entrega en un formato similar al de actividades rutinarias. La programación de actividades por tramo que requieren mantenimiento periódico se presentan en la tabla 4.9.

TABLA 4.8 ACTIVIDADES ANUALES A REALIZAR PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO

ACTIVIDAD	TIPO DE PAVIMENTO	UNIDAD
Limpieza de cordon-cunetas	Todos	ml / km
Limpieza de alcantarillas	Todos	ml / Km
Conservacion de alcantarillas	Todos	ml / Km
Conservacion de demarcaciones	Todos	ml / Km
Limpieza y reposicion de señales	Todos	unidad/ Km
Fog Seal	CA	m ²
Bacheo superficial (Evaluar si es necesario)	CA	m ²

**TABLA 4.8 ACTIVIDADES NECESARIAS DE MANTENIMIENTO
PERIÓDICO PARA LOS TRAMOS EN ESTUDIO**

Ubicación	No. De Tramo	Carpeta (Tipo)	PROGRAMACIÓN ANUAL DE OBRAS (año de intervención)		
			0	2	4
1a Calle Oriente	1	Asfalto	DT	FS	MP
	2	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	3	Asfalto	DT	FS	MP
	4	Asfalto	FS	DT	MP
2a Calle Oriente.	1	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	2	Asfalto	DT	FS	MP
	3	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	4	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
3a Calle Oriente	1	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	2	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	3	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	4	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
5a Calle Oriente	1	Asfalto	FS	FS	MP
	2	Asfalto	FS	FS	MP
	3	Asfalto	FS	FS	MP
	4	Asfalto	FS	FS	MP
Calle Alberto Masferrer	1	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	2	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	3	Asfalto	DT	FS	MP
	4	Asfalto	DT	FS	MP
Av. 3 de Abril	1	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	2	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	3	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	4	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
Av. 9 de Septiembre	1	Asfalto	REC Y DT	FS	MP
	2	Asfalto	REC Y DT	FS	MP
	3	Asfalto	REC Y DT	FS	MP
	4	Asfalto	REC Y DT	FS	MP
2a Avenida Sur	1	Adoquín	CN Y DT	FS	MP
	2	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	3	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	4	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
4a Avenida Sur	1	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	2	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	3	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
	4	Empedrado fraguado	CN Y DT	FS	MP
6a Avenida Sur	1	Asfalto	DT	FS	MP
	2	Asfalto	DT	FS	MP
	3	Asfalto	DT	FS	MP
	4	Asfalto	DT	FS	MP

DONDE:

DT: Doble tratamiento

FS: Fog Seal

MP: Micro Pavimento

CP: Capa Nivelante

REC: Reciclado de pavimento existente

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de las calles principales del municipio de Armenia, su mayoría se encuentra, en buen estado, solo la Avenida 9 de Septiembre requiere una reconstrucción, las demás calles requieren un mantenimiento preventivo o rutinario.
- Aunque es de vital importancia intervenir las calles que están en mal estado y requieren una reconstrucción, no deben dejarse de lado las calles que se encuentran en buen estado o que comienzan a mostrar algunas grietas, las cuales pueden ser tratadas con lechadas asfálticas para proteger y detener el envejecimiento de la carpeta, lo que se refleja en un ahorro en las reparaciones futuras.
- Es importante reforzar estructuralmente los pavimentos en sus bases y no colocar sobre espesores de carpetas que aumentan el costo de reparación y constituyen una solución a corto plazo.
- El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales sin estabilizar y se comienza a

transitar por la por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales.

- Para que un mantenimiento preventivo sea exitoso, debe aplicarse en forma sistemática y realizar un seguimiento con el fin de determinar la efectividad del mismo, de lo contrario hacer los cambios pertinentes.

5.2 RECOMENDACIONES

- En el caso del municipio de Armenia algunas de sus calles en estudio son adoquinadas o tienen un empedrado fraguado, de acuerdo a la inspección que puede corroborarse en las fotografías presentadas en el capítulo III no poseen mayor daño estructural, son zonas localizadas donde se observan hundimientos y falta de algunas piezas; una buena práctica de reparación en las calles adoquinadas es retirar estas piezas (que puede hacerse con mano no calificada) colocar una capa nivelante de material de rechazo entendiendo como el material obtenido del reciclaje de pavimentos o del material de rechazo de las plantas asfálticas que consiste en la primera y la última bachada, colocar después un doble tratamiento para continuar con renovaciones superficiales. Para el caso de las empedradas fraguadas puede utilizarse este como una base rígida y colocar sobre esta un micropavimento.
- En la Avenida 3 de Abril del municipio de Armenia las deflexiones obtenidas son muy bajas, por lo que no necesita una intervención inmediata pero debido a que sus reparaciones han consistido en una serie de recarpeteos, el nivel del pavimento está por arriba del diseño original por lo que en un futuro se recomienda perfilar, reciclando el material de la carpeta y estabilizarlo con una emulsión luego colocar un doble tratamiento y seguir con las renovaciones superficiales.

- Para la estabilización de bases y sub-bases se recomienda utilizar una emulsión debido a la disminución de la permeabilidad, aumento de la cohesión y flexibilidad, mejorando las resistencias mecánicas de los materiales, permitiendo el uso de renovaciones con capas delgadas, lo que implica una disminución en los costos de reparación. Es importante recordar que los materiales deben ser los adecuados para una estabilización con emulsión.

- Las mezclas para la estabilización de bases y sub-bases deben ser diseñadas tomando en cuenta las granulometrías y propiedades de los agregados especificados en las tablas 2.1 y 2.2 (capítulo II) respectivamente, así como los contenidos de emulsión deben ser variables con incrementos del 1%, compatibles con los agregados, de tal manera que se obtenga un contenido de emulsión óptimo basado en la evaluación del escurrimiento del asfalto, con una trabajabilidad de la mezcla bastante satisfactoria y un recubrimiento como mínimo del 60%.

- En las alcaldías de los municipios debería crearse una entidad con personal capacitado que llevase el historial, de todas las calles desde su año de construcción, su comportamiento y las actividades de mantenimiento realizados, en cada una de ellas con el fin de conocer y tener parámetros reales del comportamiento de los tratamientos realizados a dichas vías y así hacer una mejor programación de actividades que conlleve a ahorros en reparación.

- Solamente aquellos pavimentos que exhiban una condición estructural buena son candidatos para el mantenimiento preventivo, para determinar esta condición es necesario identificar las fallas observables en la superficie, analizar la capacidad estructural y la rugosidad.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Gary Hicks, Stephen B. Seeds y David G. Peshkin (junio de 2000), Selección de un tratamiento de mantenimiento preventivo para pavimentos flexibles, trabajo preparado para “Fundación para la Preservación de Pavimentos”
- ✓ Jim Huddleston, Mark Buncher, and David Newcomb, (2004), Perpetual pavements, For APA (Asphalt Pavement Alliance), Oregon
- ✓ Andreas Schliessler y Alberto Bull, (1994), CAMINOS, Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales, Santiago de Chile.
- ✓ Pablo E. Bolzan, Pavimentación asfáltica en bajos espesores
- ✓ Charlie Betances (1992), Concreto asfáltico, México.
- ✓ Gunter Zietlow (Agosto de 2001) Los fondos de conservación vial en América latina y el Caribe, Washington D.C.