



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnóstica, para la
rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el
deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.**

TUTOR

MG. ING. CIV. MAX DARÍO ALMEIDA FRANCO

AUTORES

JORGE RICARDO BUENO ANDRADE

IRVING GUILLERMO PILAY BAQUE

GUAYAQUIL

2020



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia,
Tecnología e Innovación

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.

AUTOR/ES:

Jorge Ricardo Bueno Andrade
Irving Guillermo Pilay Baque

REVISORES O TUTORES:

Mg. Ing. Civ. Max Darío Almeida Franco.

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero civil

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería,
Industria y Construcción

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE
PUBLICACIÓN:**

2020

N. DE PÁGS:

128

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.

PALABRAS CLAVE: Seguridad del transporte, asfalto, presupuesto, diseño.

RESUMEN:

Esta tesis de tema investigativo ayuda a conocer un poco más sobre la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento debido al constante aumento vehicular, ha surgido como causa principal de este trabajo, buscar soluciones útiles y generar cambios positivos y efectivos viales, para que puedan reducir los diferentes tipos fallas que se generan a lo largo del tiempo ocasionado por los vehículos que circulan diariamente en la ciudad de Guayaquil, es un ahorro económico usando este tipo de innovación tecnológico el micro pavimento es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para protección, compuesta por agregados, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, bacheos superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antideslizantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo con espesores desde 3 a 10 mm. Se detalla que tipos de ensayo se utilizó para la elaboración del micro pavimento: mantenimiento preventivo de pavimentos / emulsiones asfálticas / ensayo de granulometría de agregados (ASTM C-136 – ASTM C-117) / ensayo de equivalente de arena (ASTM D-2419) / ensayo de equivalente de arena (ASTM D-2419) / ensayo de absorción de azul de metileno (ISSA TB -145) / porcentaje teórico de emulsión (ISSA TB-118) / ensayo de tiempo de mezcla (ISSA TB-102) / ensayo de cohesión (ISSA TB-139) / ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB-100) / ensayo de rueda cargada (ISSA TB-109).

N. DE REGISTRO (en base de datos):**N. DE CLASIFICACIÓN:****DIRECCIÓN URL (tesis en la web):****ADJUNTO PDF:**

SI

NO

CONTACTO CON AUTOR/ES:Jorge Ricardo Bueno Andrade
Irving Guillermo Pilay Baque**Teléfono:**

0985702134

0969559475

E-mail:

Jorgebuenocivil@outlook.com

irvingpilay1994@gmail.com

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Msc. Ing. Civ. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza

Teléfono: 042 2596500 Ext. 241 Decano**E-mail:** asalvatierra@ulvr.edu.ec

Certificado de anti plagio académico

pavimentos-flexibles

por Ricardo Bueno Andrade2020

Fecha de entrega: 29-ago-2020 02:58p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1376035908

Nombre del archivo: Tesis_Bueno_-_Pilay_15_de_agosto_del_2020_1_2.docx (22.01M)

Total de palabras: 27585

Total de caracteres: 149708

Ricardo Bueno Andrade

pavimentos-flexibles

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD
AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

1%

2

edoc.pub

Fuente de Internet

1%

3

www.asfalchilemobil.cl

Fuente de Internet

1%

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%

 Luis Francisco

Declaración de autoría y cesión de derechos patrimoniales

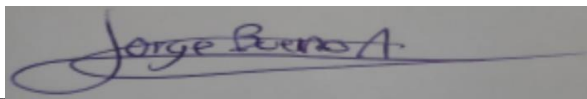
Los/as estudiantes/egresados/as JORGE RICARDO BUENO ANDRADE – IRVING GUILLERMO PILAY BAQUE, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar “Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnóstica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento

Autor(es)

Firma:



JORGE RICARDO BUENO ANDRADE

C.I. 0923219281

Firma:



IRVING GUILLERMO PILAY BAQUE

C.I. 0925802993

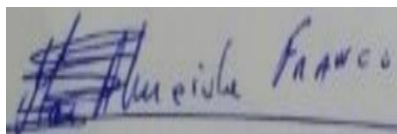
Certificación de aceptación del tutor

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

Certifico:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: (Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento), presentado por los estudiantes JORGE RICARDO BUENO ANDRADE. IRVING GUILLERMO PILAY BAQUE como requisito previo, para optar al Título de (INGENIERO CIVIL), encontrándose apto para su sustentación.

Firma: _____

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is written in a cursive style and appears to read "Max Darío Almeida Franco".

MSC. MAX DARÍO ALMEIDA FRANCO

C.I. 0906706981

Agradecimiento

Primero le agradezco Dios por permitirme día a día levantarme con ánimo para seguir adelante tanto con mi vida cotidiana, como con mis estudios, sin dejarme vencer por nada y además por permitirme cumplir una de las metas que me he propuesto desde el primer día universitario salir como ingeniero civil.

Le agradezco infinitamente a mis padres, Sr. Jorge Luis Bueno Solís y Sra. Esmidia María Andrade Cobos, porque a pesar de las dificultades con las que me encontré a lo largo de mi carrera universitaria siempre me brindaron todo lo que tuvieron para que yo siga con mis estudios, para no decaer y en el caso de fallar en un intento levantarme con más voluntad para salir adelante, a mis abuelos quienes fueron quienes creyeron en mí, me empujaron hacia adelante para ser mejor cada día y dar lo mejor de mí, a mis dos grandes familias y en particular a mi dos hermana quienes fueron mi guía, y es mi ejemplo a seguir .

Agradezco a mi amiga Nancy Jiménez y a mis amigos Ronald Salcan, Boris Hinojosa, Tony Sinchi, Jefferson Tómalá, Geovanny Santamaría, Irving Pilay y a todos los que conformamos un grupo unido quienes fueron un apoyo constante y siempre fomentaron las ganas de salir adelante.

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, en especial a mi tutor Mg. Ing. Max Darío Almeida Franco que con sus conocimientos contribuyeron a mi formación profesional.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mis amados padres, mis dos hermanas, a mi sobrino, a mi sobrina y a mi enamorada debido que, gracias a su comprensión, gran ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento desde mi niñez y ahora en mi juventud, me han enseñado a salir adelante en las adversidades y en cada una de mis metas que me he propuesto sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han enseñado a ser una buena persona, me inculcaron buenos valores, principios, me enseñaron a ser perseverante y a siempre poner empeño en todo lo que, todo aquello con gran amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Muchas gracias de todo corazón los quiero mucho.

Agradecimiento

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes.

Gracias a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino y por darme la oportunidad de culminar con éxito esta investigación.

El amor que mis padres Guillermo Gonzalo Pilay Castro y Eufemia del Rosario Baque Castro me brindaron, por la preocupación y paciencia que fueron dadas en los momentos de dificultad que se presentaron en el transcurso de la investigación.

A la Universidad por haberme permitido ingresar, y haber llevado a cabo el culmino de todos mis estudios.

Al decano, sub decano y director de la carrera de ingeniería civil por su ayuda prestada.

A todos los Master e Ingenieros en el transcurso de la profesionalización que supieron orientar hacia lo correcto y dar los conocimientos que hoy en día poseo.

Al tutor el Mg. Ing. Max Darío Almeida Franco por el compromiso que hizo desde el primer momento; cuya finalidad fue el de darnos apoyo, guías y tener paciencia en cada uno de los procesos efectuados.

Y además mi compañero de tesis Jorge Bueno, por todo este tiempo de sacrificio y esfuerzo puesto en la investigación de este proyecto.

Dedicatoria

Dedico esta tesis:

A Dios

Quien es el creador de todas las cosas y a través de mis años de estudios me ha concedido la vida, la gracia y la fuerza para seguir con el proceso y conseguir lo anhelado; por ello humildemente se la dedico primero este trabajo a Dios.

A mis padres Guillermo Gonzalo Pilay Castro y Eufemia del Rosario Baque Castro

Quienes me dieron la vida y ya que a ellos les debo todo lo que soy.

Gracias mamá y papá por ser ese pilar fundamental en mi vida ya que sin ustedes no habría logrado completar mis sueños; sé que a través de su trabajo y esfuerzo del día a día me apoyaron en mis etapas. Gracias por confianza y sobre todo su amor me ha dado el aliento de superar todas las dificultades que se presentaron.

A la memoria de mi hermano Henry Edwin Pilay Baque

Sé que a pesar de que son pocos los recuerdos que tengo de ti, fueron suficientes para darme el empuje necesario. Gracias por ser esa persona en mi vida.

A mi esposa Gabriela Iturralde e hija Alejandra Pilay

Por todos los sacrificios, esfuerzos y momentos pasados.

Índice general

Repositorio nacional en ciencia y tecnología	III
Certificado de anti plagio académico	IV
Declaración de autoría y cesión de derechos patrimoniales	VI
Certificación de aceptación del tutor	VII
Agradecimiento	VIII
Dedicatoria	IX
Agradecimiento	X
Dedicatoria	XI
Índice general	XII
Resumen técnico	XXI
Abstract	XXII
Introducción	1
Capítulo I	2
1. Diseño de la investigación	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del problema.	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.4. Sistematización del problema.....	2
1.5. Objetivo general.....	3
1.6. Objetivos específicos.....	3
1.7. Justificación de la investigación.....	3
1.8. Delimitación o alcance de la investigación.....	3
1.9. Hipótesis.....	4
1.10. Línea de investigación institucional	4
Capítulo II	5
2. Marco teórico	5
2.1. Marco referencial.....	5
2.2. Proceso constructivo de un pavimento flexible	24

2.2.1.	Perfilado y compactación de subrasante	24
2.2.2.	Colocación de la subrasante:.....	25
2.2.3.	Colocación de la base:	26
2.2.4.	Imprimación asfáltica:	27
2.2.5.	Colocación de la carpeta asfáltica en caliente:	28
2.3.	Ventajas del pavimento flexible:	29
2.4.	Desventajas del pavimento flexible:.....	29
2.5.	Tipos de fallas en los pavimentos flexibles:.....	30
2.5.1.	Fisuras y grietas	31
2.5.1.1.	Fisuras y grietas por fatiga miento.....	31
2.5.1.2.	Fisuras y grietas en bloque.	32
2.5.1.3.	Grietas de borde	32
2.5.1.4.	Fisuras y grietas longitudinales y transversales.	33
2.5.1.5.	Fisuras y grietas reflejadas.....	34
2.5.1.6.	Fisura transversal.....	34
2.5.2.	Deformaciones superficiales	35
2.5.2.1.	Ahuellamiento.	35
2.5.3.	Desintegración del pavimento	36
2.5.3.1.	Parches deteriorados.....	36
2.5.3.2.	Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.	36
2.5.4.	Otros deterioros en los pavimentos.....	37
2.5.4.1.	Exudaciones.....	37
2.5.4.2.	Desgaste.	37
2.5.4.3.	Pérdida de áridos.....	38
2.5.4.4.	Ondulaciones.....	39
2.5.4.5.	Descenso de la berma.....	39
2.5.4.6.	Surgencia de finos y agua.	40
2.5.5.	Recorrido en la ciudad de Guayaquil observando los tipos de fallas de pavimento flexible	41
2.5.5.1.	Fisuras y grietas por fatigamiento	41
2.5.5.2.	Fisuras y grietas en bloque.	41
2.5.5.3.	Fisuras y grietas longitudinales y transversales.	42

2.5.5.4.	Deterioro superficial.....	43
2.5.5.5.	Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales	44
2.5.5.6.	Deformación transversal.	44
2.5.5.7.	Ondulaciones.....	45
2.6.	Micro pavimento.....	46
2.6.1.	Beneficios del micro pavimento (micro surfacing)	47
2.6.2.	Usos del micro pavimento.....	47
2.6.3.	Diseño del micro pavimento	47
Capítulo III	54
3.	Marco metodológico	54
3.1.	Tipo de investigación.	54
3.2.	Diseño de la investigación.....	54
3.3.	Enfoque	55
3.4.	Técnicas e instrumento de recolección de datos	55
3.4.1.	Técnica	55
3.4.2.	Instrumento	56
3.4.3.	Universo.....	56
3.4.4.	Muestra.....	57
3.5.	Validez y confiabilidad	57
3.5.1.	Validez.....	57
3.5.2.	Confiabilidad.....	57
Capítulo IV	58
4.	Propuesta.....	58
4.1.	Descripciones de las zonas de estudios.....	58
4.2.	Características geométricas.....	58
4.3.	Proceso constructivo y aplicación de micro pavimento.....	59
4.4.	Aplicación en campo del micro-pavimento sobre la superficie	60
4.4.1.	Proceso	60
4.4.2.	Colocación proyectada en obra.....	62
4.5.	Impacto ambiental	65
4.6.	Mantenimiento correctivas y preventivas.....	66

4.7.	Proceso constructivo para la rehabilitación y mantenimiento de las fallas observadas en la siguiente zona de estudios.	66
4.7.1.	Proceso constructivo del tramo 1 – tramo 2 para la rehabilitación y mantenimiento de la falla fisuras y grietas longitudinales y transversales (localización calle José de ante para entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 no)	66
4.7.2.	Proceso constructivo para la rehabilitación de la falla baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales (localización calle José de Antepará entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 no) 69	
4.7.3.	Proceso constructivo para la rehabilitación de la falla pérdida de áridos (localización calle José de Antepará entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá franco y 6to callejón 20 no)	72
4.7.4.	Costo estimativo referencial bacheo asfáltico mayor	74
4.8.	Diseño de Micro-pavimento	74
4.8.1.	Ligante asfáltico	75
4.8.2.	Los ensayos que se ejecutaron son los siguientes	77
4.8.3.	Ensayo de granulometría.....	77
4.8.4.	Ensayo de equivalente de arena	79
4.8.5.	Ensayo de azul de metileno.....	81
4.8.6.	Ensayo de desgaste por abrasión (máquina de los ángeles).....	82
4.8.7.	Porcentaje teórico de emulsión ISSA TB -118.....	83
4.8.8.	Ensayo de tiempo de mezclado ISSA TB -102	84
4.8.9.	Ensayo de cohesión (ISSA TB-139)	85
4.8.10.	Ensayo de abrasión en húmedo WTA (ISSA TB-100)	87
4.8.11.	Ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109)	90
4.9.	Resumen de los ensayos de la granulometría.....	93
4.10.	Presupuesto y costo.....	94
4.10.1.	Alcance y limitaciones de resultados esperados	94
4.10.2.	Presupuesto estimativo referencial del micro pavimento tipo III	95
4.11.	Conclusiones y recomendaciones.....	96
4.11.1.	Conclusiones.....	96
4.11.2.	Recomendaciones.....	97
4.12.	Referencias bibliográficas.	98

Índice de tablas

Tabla 1 Costo estimativo referencial bacheo asfáltico mayor	74
Tabla 2 Presupuesto comparativo para el mantenimiento flexible	74
Tabla 3 Resultado del ensayo en el laboratorio para el diseño de micro pavimento	75
Tabla 4 Resultado del ensayo en el laboratorio para el diseño del micro pavimento	76
Tabla 5 Comparaciones de las especificaciones para la emulsión asfáltica a utilizar para el slurry seal - micro pavimento	76
Tabla 6 Comparaciones de las especificaciones para el agregado del slurry seal - micro pavimento	77
Tabla 7 Especificaciones para la curva granulométrica para el diseño del micro pavimento	78
Tabla 8 Especificaciones para la curva granulométrica para el diseño del micro pavimento	78
Tabla 9 Curva ensayo granulométrica línea de color rojo entre cortada	79
Tabla 10 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento	79
Tabla 11 Ensayo de equivalente de arena	80
Tabla 12 Ensayo de equivalente de arena	80
Tabla 13 Límites permitidos para la Absorción de Azul de metileno	81
Tabla 14 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento	82
Tabla 15 Resultado del Ensayo de abrasión	82
Tabla 16 Característica de la mezcla agregado - emulsión	83
Tabla 17 Resultado del Ensayo de tiempo de mezclado	84
Tabla 18 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento	85
Tabla 19 Temperatura Ambiente (Con luz Solar)	85
Tabla 20 Temperatura Ambiente (Bajo sombra)	86
Tabla 21 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento	88
Tabla 22 Resultado Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT	88
Tabla 23 Perdida por abrasión en húmedo	89
Tabla 24 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento	90
Tabla 25 Resultado ensayo de rueda cargada y adhesión de arena	90
Tabla 26 Exceso de asfalto por rueda cargada	92
Tabla 27 Gráfico con parámetros en abrasión en húmedo y rueda cargada	92

Tabla 28 Resultados obtenidos con probetas o moldes que se curaron a temperatura ambiente expuestos a la luz solar93

Tabla 29 Presupuesto estimativo referencial del micro pavimento TIPO III.....95

Índice de figuras

Figura 1 Imagen de google.....	25
Figura 2 Imagen de google.....	26
Figura 3 Imagen de google.....	27
Figura 4 Imagen de google.....	28
Figura 5 Imagen de google.....	29
Figura 6 Fisuras y grietas por fatiga miento.....	31
Figura 7 Fisuras y grietas en bloque.	32
Figura 8 Grietas de borde.....	32
Figura 9 Fisuras y grietas longitudinales y transversales.....	33
Figura 10 Fisuras y grietas Reflejadas.	34
Figura 11 Fisura transversal.	34
Figura 12 Ahuellamiento.....	35
Figura 13 Parches deteriorados.	36
Figura 14 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.	36
Figura 15 Exudaciones.....	37
Figura 16 Desgaste.....	37
Figura 17 Pérdida de áridos.....	38
Figura 18 Ondulaciones	39
Figura 19 Descenso de la berma	39
Figura 20 Surgencia de finos y agua	40
Figura 21 Fisuras y grietas en bloque en la ciudad de Guayaquil.....	41
Figura 22. Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la ciudad de Guayaquil ...	42
Figura 23 Deterioro superficial en la ciudad de Guayaquil	43
Figura 24 Baches en carpeta asfáltica y tratamiento superficiales en la ciudad de Guayaquil	44
Figura 25 Deformación transversal en la ciudad de Guayaquil	44
Figura 26 Ondulaciones en la ciudad de Guayaquil.....	45
Figura 27 localización calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio	58
Figura 28 Avenida Perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO58	
Figura 29 Máquina de mezclado continua Macropaver	61
Figura 30 Composición de la Macropaver	61
Figura 31 Sellado de fisuras.....	62
Figura 32 Contenedores de micropaver	62

Figura 33 Plancha de tendido.....	63
Figura 34 Plancha y banda colocado.....	63
Figura 35 Computador de control	64
Figura 36 Ingreso de la mezcla a la plancha	64
Figura 37 Riego de micro pavimento.....	65
Figura 38 Textura del micro pavimento (antes del curado)	65
Figura 39 Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil.....	67
Figura 40 Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil.....	67
Figura 41 Imagen de google limpieza del pavimento y las fisuras con escobillón y aire comprimido	68
Figura 42 Imagen de google aplicación de riego de liga en la sección que se va a reparar	68
Figura 43 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil	69
Figura 44 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil	70
Figura 45 Imagen de google delimitar el área debe ser rectangular y marcar la zona a reparar	71
Figura 46 Imagen de google compactación 95% del proctor.....	71
Figura 47 Imagen de google compactación con un rodillo neumático o liso.....	72
Figura 48 Pérdida de áridos.....	72
Figura 49 Pérdida de áridos.....	73
Figura 50 Ensayo de azul de metileno	81
Figura 51 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139).....	86
Figura 52 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139).....	87
Figura 53 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139).....	87
Figura 54 Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT (ISSA TB-100)	88
Figura 55 Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT (ISSA TB-100)	89
Figura 56 Ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109).....	91
Figura 57 ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109)	91

Índice de anexos

ANEXOS 1 Costos y análisis precio unitario Capa de sellado en frío con micro pavimento (Tipo III).....	100
ANEXOS 2 Listado de precios por hora de equipos.....	101
ANEXOS 3 Costos y análisis del Bacheo asfáltico Mayor.....	102
ANEXOS 4 Costos y análisis Base clase.....	103
ANEXOS 5 Costos y análisis transporte de base.....	104
ANEXOS 6 Costos y análisis Sellado de fisuras superficiales (Asfalto Polimerizado)	105
ANEXOS 7 Listado de precios por hora de equipos.....	106

Resumen técnico

ESTUDIO A NIVEL DE PRE FACTIBILIDAD, EXPLORATORIA Y DIAGNOSTICA, PARA LA REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, ANALIZANDO EL DETERIORO DEBIDO A LOS IMPACTOS AMBIENTALES COLOCANDO MICRO PAVIMENTO.

El Micro pavimento es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para protección, compuesta por agregados, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, bacheos superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antideslizantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo con espesores desde 3 a 10 mm.

DESCRIPTORES:

MICRO PAVIMENTO / MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PAVIMENTOS / EMULSIONES ASFÁLTICAS / ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS (ASTM C-136 – ASTM C-117) / ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419) / ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419) / ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AZUL DE METILENO (ISSA TB -145) / PORCENTAJE TEÓRICO DE EMULSIÓN(ISSA TB-118) / ENSAYO DE TIEMPO DE MEZCLA (ISSA TB-102) / ENSAYO DE COHESIÓN (ISSA TB-139) / ENSAYO DE ABRASIÓN EN HÚMEDO (ISSA TB-100) / ENSAYO DE RUEDA CARGADA (ISSA TB-109)

Abstract

STUDY AT THE PRE-FEASIBILITY, EXPLORATORY AND DIAGNOSTIC LEVEL, FOR THE REHABILITATION AND MAINTENANCE OF FLEXIBLE FLOORS, ANALYZING THE DETERIORATION DUE TO ENVIRONMENTAL IMPACTS, PLACING MICRO SURFACING.

Micro surfacing is a high-performance asphalt mix for protection, composed of aggregates, asphalt emulsion, mineral filler, and water, which is effectively applied as a seal for aged pavements, a seal for surface cracks, surface patches, and stops disintegration. and endow with anti-slip properties, it also has waterproofing properties. It is applied for preventive or corrective maintenance with thicknesses from 3 to 10 mm.

Key words:

MICRO SURFACING / PREVENTIVE MAINTENANCE PAVING / ASPHALT EMULSIONS / ADDED GRANULOMETRY TEST (ASTM C-136 - ASTM C-117) / SAND EQUIVALENT TEST (ASTM D-2419) / SAND EQUIVALENT TEST (ASTM D-2419) / METHYLENE BLUE ABSORPTION TEST (ISSA TB -145) / THEORETICAL PERCENTAGE OF EMULSION (ISSA TB-118) / MIXING TIME TEST (ISSA TB-102) / COHESION TEST (ISSA TB-139) / WET ABRASION TEST (ISSA TB-100) / LOADED WHEEL TEST (ISSA TB-109)

Introducción

El presente proyecto de titulación consiste en el estudio del deterioro de las vías de pavimento flexibles por impacto ambiental y su uso, para analizar su mantenimiento y rehabilitación en la Provincia del Guayas, con el fin de reducir o evitar costos de una reconstrucción, mano de obra, equipos, materiales a usar.

Para reducir el costo de reconstrucción o mantenimiento del pavimento flexible, se presentan alternativas como es el uso del Micro pavimento para reducir el costo de su reconstrucción o mantenimiento.

El uso adecuado de los micro pavimentos, permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado. Además, permite restaurar la textura superficial y proveerla de mayor resistencia al deslizamiento, La versatilidad de los micro pavimentos como se conoce en el mundo reduce el deterioro de las vías y el costo de mantenimiento de las mismas.

Se considera en el capítulo I, el problema de nuestro proyecto que sería el deterioro de las vías debido a los impactos ambientales y su uso, se plantea los objetivos generales y específicos una solución analizando, evaluando y determinando los procesos a seguir para llegar a nuestra propuesta, justificando de esta manera nuestro proyecto de tesis.

Se considera en el capítulo II, antecedentes históricos de las vías, propuestas de tesis del tema a tratar para con los datos obtenidos de diferentes autores llegar a un consenso de conocimientos, sobre estudios de deterioros de vías y su mantenimiento y rehabilitación considerando costo beneficios

Se determina en el capítulo III, la metodología a seguir para nuestro proyecto, considerando la población, muestra y los datos obtenidos de acuerdo a las técnicas empleadas.

Durante el capítulo IV, se analiza, evalúa y determina, el deterioro de la vía, su reparación y mantenimiento utilizando el micro pavimento considerando su costo beneficio en la Provincia del Guayas

Al final de nuestro proyecto se concluye y recomienda.

Para el análisis de los objetivos de este proyecto de titulación, es determinar datos técnicos sobre los conceptos teóricos y prácticos, del uso de los sellos de lechada asfáltica, o micro pavimentos, con el fin de implementar alternativas de preservación en vías. Para lo cual se pretende analizar sobre, el concepto de sellos de lechada asfáltica y las diferencias con respecto a los otros sellos.

Capítulo I

1. Diseño de la investigación

1.1. Tema.

Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.

1.2. Planteamiento del problema.

En la Provincia del Guayas las vías construidas al pasar los años de vida útil se deterioran por los impactos ambientales y su uso, acciones Física, químicas del medio ambiente, creando una problemática de gastos para sus en reparaciones y mantenimiento. Se analiza posibles soluciones al problema, se necesita evaluar el deterioro de los pavimentos flexibles y las distintas alternativas de rehabilitación y mantenimiento, para así poder tener una reducción de los costos de reparación y construcción.

El mantenimiento de un pavimento Flexible depende de recursos para financiarlo. Para nuestro proyecto se evaluará el uso o colocación del micro pavimento.

1.3. Formulación del problema.

¿cómo influye el uso del Micro pavimento para mejorar los deterioros producidos por efecto de las acciones ambientales en el pavimento flexible?

1.4. Sistematización del problema

- ¿Cómo se produce el deterioro del pavimento flexible por acciones ambientales?
- ¿Cuáles son las fallas que presenta el pavimento flexible por las acciones ambientales?
- ¿Cómo puede mejorar el deterioro del pavimento flexible utilizando Micro pavimento?

1.5. Objetivo general.

Explicar el estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.

1.6. Objetivos específicos.

- Identificar las causas que producen el deterioro en los pavimentos flexibles.
- Analizar las fallas encontradas en el pavimento flexibles.
- Evaluar el comportamiento del uso del Micro pavimento en los pavimentos flexible.

1.7. Justificación de la investigación.

Se considera los problemas y causas del deterioro del pavimento Flexibles, costos de reparación, se necesita investigar, los métodos de reparación de los pavimentos, utilizando el micro pavimento para su reparación mantenimiento y bajar los costos de operación de la vía y devolver al pavimento confort y seguridad.

1.8. Delimitación o alcance de la investigación.

Campo: Educación superior. Tercer nivel

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Investigación Analítica

Tema: Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento

Delimitación espacial: Ecuador - Guayaquil

Delimitación Temporal: 11 meses

1.9. Hipótesis

Realizamos este proyecto debido a la inspección visual en la que encontramos muchos tipos de fallas en los pavimentos flexibles, el diseño del pavimento, la carga soportada, el agua, la temperatura, los materiales del pavimento o la construcción fueron la causa de la falla, pueden emplearse pruebas destructivas y no-destructivas para determinar la condición estructural y las condiciones del material bajo la superficie del pavimento. Los tipos de fallas que se presentan en una estructura de pavimento flexible son: Fisuras y Grietas, Deterioro superficial, Desintegración del pavimento y otros deterioros. Para concluir después de localizar las causas y efectos de los deterioros en los pavimentos flexibles, se realizará un análisis para poder usar el micro pavimento en las fallas presentadas por los Pavimentos flexibles.

1.10. Línea de investigación institucional

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción, industria y desarrollo de energías renovables, territorio, Ordenamiento territorial, Usos del suelo y Urbanismo.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. Marco referencial

Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento

Para nuestro trabajo de titulación se investigan trabajos similares de nuestro tema, para observar métodos realizados durante el proceso de investigación, comparar de cierta forma los resultados obtenidos

Universidad: Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería

Tema: Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues-Cojitambo-Deleg-la Raya

Autor: Diana Patricia Garcés Velecela

Fecha:2017 Cuenca Ecuador

Resumen:

Contar con una infraestructura vial adecuada permite el desarrollo de cualquier región. De ahí que el mantenimiento de la infraestructura vial es importante para garantizar el buen funcionamiento de la misma. Considerando que en nuestro país durante los últimos años se ha tenido una gran inversión en proyectos viales y muchos de ellos al no tener un adecuado mantenimiento presentan daños prematuros, es necesario, por lo tanto, realizar la evaluación vial y establecer un plan de rehabilitación y mantenimiento.

La presente investigación evalúa el estado actual de la vía Azogues-Cojitambo- Déleg- La Raya, importante arteria vial de la provincia del Cañar, la cual se ha catalogado como una vía tipo I, de carácter interprovincial, en base a los resultados del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA= 4755), determinados del conteo vehicular realizado, como parte de la presente investigación, del cual aproximadamente el 80% corresponde a un tráfico de vehículos livianos.

De un análisis en campo, se determinó que la vía se encuentra altamente deteriorada, donde la composición litológica en combinación con la acción de factores externos como el agua de escorrentía, aguas lluvias, acción repetida del tráfico y la falta de mantenimiento aceleran los procesos de deterioro de la estructura del pavimento, presentando varias fallas. Las fallas más comunes detectadas son; piel de cocodrilo, fisuras, hundimiento, baches, pulimento de agregados.

A través de una inspección visual y siguiendo la metodología del PCI, se ha establecido un índice de condición del pavimento de 41, que corresponde a un estado “Malo”, resultado a partir del cual se propone las actividades para remediar y/o reparar los distintos daños encontrados en el pavimento, tales como sobre capas y reconstrucciones en tramos destruidos. Dichas alternativas fueron diseñadas de acuerdo a las recomendaciones dadas por la AASHTO-93. Adicionalmente, se presenta un orden para la ejecución de las actividades para la conservación de la vía y una descripción de las especificaciones técnicas y procedimiento de trabajo de cada actividad a realizar y en los puntos críticos a intervenir. El trabajo aquí propuesto sirve como una herramienta de trabajo para que las entidades gubernamentales ejecuten las actividades necesarias en la vía en mención y/o vías de características similares, constituyendo un elemento de base para gestión de los pavimentos de la zona

Conclusiones y recomendaciones:

En esta sección se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas del estudio: “Evaluación vial y plan de mantenimiento y rehabilitación de la vía Azogues- Cojitambo Déleg- La Raya.

Conclusiones:

Luego de realizar la evaluación del pavimento de la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La Raya, se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

- El objetivo primordial de la evaluación del estado actual del pavimento de la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La Raya es determinar los trabajos adecuados de mantenimiento y rehabilitación con la finalidad de incrementar la vida útil del proyecto, proporcionando seguridad y confort a los usuarios.
- La revisión bibliográfica y conceptualización sobre el tema aportó a obtener pautas para reconocer las fallas existentes en el pavimento y sus niveles de severidad.
- Para realizar el diagnóstico del área de estudio se emplearon visitas de campo, levantamiento fotográfico, conteos volumétricos de tráfico, mediante los cuales se han determinado los parámetros necesarios para evaluación del pavimento y diseños respectivos.
- Luego de la caracterización física de la zona de estudio, se puede destacar que se trata de un área con un relieve de pendientes pronunciadas y cortes altos de taludes en algunos sectores, siendo estos más susceptibles a agentes erosivos y considerando al agua de escorrentía y agua lluvia como principales factores que generan inestabilidad en los taludes y provoca el deterioro constante del pavimento.
- Del estudio de tráfico realizado en la vía Azogues- Cojitambo- Déleg- La Raya se la cataloga como una vía Tipo I, de carácter interprovincial, cuya arteria de mayor ingreso de tráfico es por el sector de Azogues, con mayor movimiento de tráfico durante los días de fines de semana. Además, demanda una cantidad muy importante de tráfico liviano de aproximadamente el 90 % durante un día de fin de semana y un 80% en un día entre semana.

- Las fallas más comunes que se encuentran en el pavimento de la vía Azogues Cojitambo- Déleg- La Raya son piel de cocodrilo, fisuras, hundimiento, baches, pulimento de agregados, situación que indica que en algunos sectores la carpeta asfáltica ha llegado a la fatiga.
- Luego de analizado el estado actual del pavimento se determina que el Índice de Condición del Pavimento es de 41, que en relación con la escala de evaluación del PCI, corresponde a un estado Malo, de allí la necesidad de realizar una intervención vial de forma inmediata para reparar los daños, a través de un tratamiento de sobre capas y la reconstrucción de algunos tramos altamente deteriorados, además se propone realizar algunas actividades de estabilización en sectores más vulnerables a la acción de agentes erosivos que han acelerado el proceso de deterioro de la vía.
- Mediante la información recopilada se presentó un mapa del deterioro en función del índice de condición de pavimentos y se propone un esquema de intervención para mantenimiento y rehabilitación.
- Considerando las actividades propuestas para la recuperación de la vía, se presenta un cronograma de actividades para el periodo de diseño de la vía con la finalidad de denotar la importancia de una intervención continua, adecuada y oportuna para el mantenimiento vial.
- En el Capítulo 4 y 5 del presente documento se presenta una metodología compacta, basada en las recomendaciones del PCI y ASSTHO, que permite determinar los parámetros necesarios para la evaluación vial y establecer soluciones óptimas para la conservación vial, tomando en cuenta que estos procedimientos pueden aplicarse para vías se características similares

Recomendaciones:

En función de los resultados obtenidos del presente estudio se puede recomendar lo siguiente:

- Se requiere realizar actividades de mantenimiento preventivos previo a la ejecución de un tratamiento de sobre carpetas, con la finalidad de garantizar la eficiencia del refuerzo. Además, se debe realizar actividades de estilización de taludes en las zonas más vulnerables a procesos erosivos.
- Es de vital importancia conocer datos referentes a inestabilidades, diseños, variantes y acciones anteriores realizadas en la zona de estudio y así conocer la realidad sobre la cual se va a trabajar, mismas que son tomadas en cuenta para procesar la información tomada en campo y determinar las acciones óptimas para intervenir en la vía, de esta manera cumplir las necesidades de los usuarios de la vía.
- La entidad gubernamental competente debe llevar un historial de todas las intervenciones realizadas en una vía, con la finalidad de conocer parámetros reales del comportamiento de la misma y así poder programar de manera óptima las actividades de mantenimiento que conlleven a ahorros en su intervención.
- Se recomienda realizar actividades de mantenimiento rutinario y preventivo en el menor tiempo posible para evitar deterioros prematuros y daños permanentes en la estructura del pavimento.

- Luego de ser intervenida la vía en mención, es aconsejable realizar monitoreo y evaluaciones periódicas, con la finalidad de dar un mantenimiento eficaz y oportuno, y así evitar daños prematuros y reparaciones que pueden ser generar costos altos.
- Se recomienda realizar conteos volumétricos de tráfico periódicos para tener datos más precisos del crecimiento vehicular de una arteria vial.
- Es necesario realizar un estudio exhaustivo en el sector de Mururco donde se presenta un movimiento de tierra que afecta un tramo de la vía en estudio.

Universidad: Universidad Señor de Sipan facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo

Tema: Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación de la infraestructura vial de la av. Fitzcarrald, tramo carretero pomalca-av Victor Raúl Haya de la Torre

Autor: Hernández Salazar Gino Stalin, Torres Sono Juan Carlos Gregorio

Fecha:2016 noviembre

Resumen:

El mal estado a de las carreteras nivel mundial obedece a una mala construcción principalmente, razón por la cual presentan fallas y/o deterioros en un corto plazo; obligando al mantenimiento de las unidades de transporte y de las vías en un tiempo menor al estimado.

Diversos estudios afirman que es necesario evaluar estructuralmente un pavimento para determinar las verdaderas causas de fallas y/o deterioros que se presentan en él, de tal manera que el método de rehabilitación sea el más adecuado técnico y económicamente.

El presente estudio se enfocó en realizar un estudio topográfico, de tráfico, una evaluación superficial y estructural del pavimento (ensayos de campo y laboratorio).

El tipo de investigación fue cuantitativo – cuasi experimental, se realizaron 03 exploraciones a cielo abierto a lo largo de la vía, además de utilizar guías de observación y entrevistas al equipo técnico de obras de la municipalidad provincial de Chiclayo para conocer los antecedentes de la construcción del tramo en estudio.

Se determinó que la infraestructura vial del tramo en estudio tiene una longitud de 1,255.76 m, IMDA de 6141 veh/día y que los materiales usados en la estructura del pavimento no cumplen con los requerimientos mínimos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, además de un nivel freático alto debido al aporte del canal Yortuque adyacente a la vía.

A partir de estos resultados, se propone la construcción de una nueva estructura del pavimento, acompañado de un drenaje subterráneo lateral como medidas de rehabilitación.

Palabras clave: Evaluación, Fallas y/o deterioros, Pavimento, Rehabilitación

Conclusiones:

La infraestructura vial Av. Fitzcarrald, tramo de estudio tiene una longitud de 1255.76 m, un ancho de calzada promedio de 8.50 m, en todo tramo evaluado y adyacente a la calzada con una separación de 1.50 m recorre un canal sección transversal trapezoidal con transiciones en el puente de la intersección con la Av. Bolognesi, dicho elemento de conducción hídrico tiene una profundidad de 1.50 m en la parte más baja ubicada en la intersección antes mencionada.

Según el estudio de tráfico vial que se realizó se obtuvo un índice medio diario (IMDa) de 6146 vehículos y según la proyección de estudio a 20 años, se tendrá un total de 9553 vehículos por día, Indicándonos que pertenece según clasificación de carreteras a una carretera Dual o Multicarril.

Con la evaluación superficial realizada, concluimos que las fallas más predominantes se encuentran desde la progresiva 0+000 hasta las progresiva 0+800 km, por lo que según la metodología de evaluación Vizir, tomando en cuenta las consideraciones indicadas en el manual de conservación vial MTC (2014), establecemos su condición como “malo”, requiriendo rehabilitación, por lo contrario desde la progresiva anterior hasta la 1+255.76, su condición es buena y solo requieren mantenimiento rutinario.

En el registro de exploración del pavimento, se encontró un espesor de carpeta asfáltica de 2.2”, Base e= 6”, Sub base e= 8” y over 2= 16”, y la profundidad explorada (1.50m). Estas condiciones son de la exploración C-1, además se encontró nivel freático a una profundidad de 1.20 m. Para la exploración C-2 tenemos una carpeta asfáltica e= 1.5”, base e= 8”, sub base e= 6” y cascote e=16”, encontrándose nivel freático a una profundidad de 0.70 m. Para la exploración C-3, tenemos una carpeta asfáltica e= 2.4”, base y sub base e= 8”, en este punto no se encontró nivel freático.

Los resultados obtenidos en campo son incompatibles con el expediente Técnico de ejecución de obra, elaborado por el área de estudios y proyectos de la MPCH (2008), donde estipula en las especificaciones técnicas, específicamente en el capítulo III – estructura del pavimento, se menciona que se realizara el mejoramiento de subrasante con cascote e= 6”, seguido de una capa anticontaminante de hormigón e 6”, capa sub base de afirmado e= 4”, capa base de afirmado de e= 6” y carpeta asfáltica en caliente usando RC 250, e= 2”.

Para los ensayos de laboratorio realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (LEM) de la universidad Señor de Sipán, obtuvimos lo siguiente: Se determinó que, para los requerimientos de agregado fino, no cumplió el índice de plasticidad para las muestras 1 y 2, caso contrario para la muestra 3. Los ensayos de

equivalente de arena y sales solubles están dentro de los parámetros establecidos por la norma, por lo tanto, cumplan con estas. Según requerimientos del agregado grueso si cumplen con los parámetros.

Con respecto al ensayo especial CBR, concluimos que los resultados: 58.1%, 71.7% y 70.7% cumplen para sub bases, mas no para bases. Ahora para la subrasante tenemos un terreno con condición insuficiente, es decir que necesita mejoramiento para un mejor comportamiento del pavimento, debido a que los resultados de CBR, no superan el 6% categorizado por norma como inadecuado.

La propuesta de rehabilitación del tramo afectado para mejorar la transitabilidad vehicular en la avenida estudiada. Consta de una nueva estructura y de un drenaje lateral subterráneo de ancho de 30 cm y de profundidad 0.90 metro debajo de la subrasante acompañado de un filtro de material granular, geotextil y tubería perforada de 4" y demandara un costo de S/ 1'525,310.73 (Son: Un millón quinientos veinticinco mil trescientos diez con 73/100 nuevos soles), presupuesto al mes de noviembre del año 2016.

Recomendaciones:

Los materiales que serán usados para la rehabilitación de la infraestructura vial deberán cumplir los requisitos mínimos de los manuales suelos y pavimentos, especificaciones técnicas del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

Instalar un piezómetro en un periodo determinado, de tal manera que permita tener datos con mayor precisión para poder estimar el nivel freático que se alcanza en las distintas épocas del año y verificar así su grado de afectación real a la infraestructura vial.

Evaluar económica, técnica y ambientalmente otras alternativas de drenaje subterráneo incluidas en la propuesta de rehabilitación.

Universidad: Universidad Cesar vallejo Facultad de Ingeniería

Tema: Micro pavimento: alternativa técnica económica para la pavimentación del asentamiento humano lomas de Marchan-Pucusana

Autor: Jorge John Gabriel Beltrán

Fecha: 2017 Lima - Perú

Resumen:

La presente tesis tiene por título: "Micro pavimento: alternativa técnico-económica para la pavimentación del asentamiento humano Lomas de Marchan Pucusana/Lima", cuyo objetivo principal es Determinar si la

micro pavimentación es la mejor alternativa técnico – económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan, en Pucusana/Lima.

El método de investigación es científico, de tipo aplicativo, siendo la población el Asentamiento Humano Lomas de Marchan en Pucusana – Lima, y la muestra la Calle Independencia de dicho Asentamiento Humano. En la presente tesis se determinaron 10 conclusiones, entre las cuales se destaca que se realizaron en laboratorio ensayos de CBR (California Bureau Ratio) del suelo subrasante y del afirmado de Base Granular y se consideró la circulación de vehículos ligeros.

El paquete estructural del pavimento se diseñó por el método de diseño australiano dando como resultado un espesor necesario de base granular de 25 cm. Se demostró que la alternativa de pavimentación empleando como revestimiento el MPAF en las vías urbanas de bajo tránsito del Asentamiento Humano Las Lomas de Marchan/Pucusana-Lima, presenta ventajas técnicas, económicas y ecológicas; las cuales redundan en la posibilidad de ejecutar mayor número de obras en menor tiempo y con menor inversión. Palabras clave: Micro pavimento, alternativa técnico – económica, mezclas asfálticas, vías urbanas, bajo tránsito, revestimiento, lechada asfáltica.

Conclusiones:

- Para la determinación de los parámetros de diseño estructural del pavimento de las vías del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, por un lado, se realizaron en laboratorio los ensayos de CBR (California Bureau Ratio) del suelo de Sub-rasante y del afirmado de Base Granular. Para el tránsito actuante, se consideró la circulación de vehículos ligeros (autos, camionetas), adoptándose para el cálculo 100 vehículos/día. Los parámetros de CBR considerados se muestran en el anexo 2: CBR de Sub-rasante = 10.0 % CBR de Base Granular = 80.0 % Número de repeticiones carga para 100 vehículos/día = $5.0E + 04$
- El paquete estructural del pavimento se diseñó empleando el método de diseño australiano del NAASRA-National Association of Australian State Road Authorities (actualmente conocido como AUSTROADS), dando como resultado un espesor necesario de base granular de 25 cm: Base Granular = 25 cm Este espesor de afirmado procedente de la Cantera “Crushing” / Pucusana encima de la subrasante terminada, resuelve la exigencia estructural del pavimento en estudio.
- En función al tipo de vía, a la estructura definida en el ítem anterior (2) se propone una capa de desgaste a través de un revestimiento con MPAF, el cual nos permite aplicar capas de poco espesor, en este caso de 10 milímetros que cumple función de desgaste durante un periodo de vida útil de 5 años, según los reportes estadísticos internacionales que reportan un desgaste de capa de MPAF en carreteras o autopistas de 1mm por año.

- Para el diseño de la mezcla de MPAF de espesor 10 mm, cumpliendo el procedimiento ISSA-III, se ha utilizado el agregado fino procedente de la 87 Cantera “Crushing” y la Emulsión Asfáltica Modificada con Polímeros (EAMp) del fabricante Tecnología de Materiales - TDM.
- La granulometría del agregado fino se encuadra en la gradación Tipo M-III de la especificación EG-2013, basada en la ISSA-III, y está diseñado para una aplicación mínima de 10 milímetros de espesor.
- La Emulsión Asfáltica Modificada con Polímeros (EAMp), posee un Residuo Asfáltico de 62.5 % y encuadra en las especificaciones técnicas establecidas para MPAF en las normas ASTM.
- El diseño de mezclas del MPAF quedó definido con las siguientes proporciones: - Óptimo Contenido de Emulsión = 12.6 % (rango entre 13.1 y 12,1%) - Cantidad de Agua = 6.0 % (en peso de la mezcla de agregados) - Aditivo = 1.2 % (en peso de la mezcla de agregados) - Filler (Cemento tipo I) = 0.5 % (en peso de la mezcla de agregados) Este diseño podrá sufrir ajustes de acuerdo a las condiciones climatológicas propias y al equipamiento empleado en el proceso constructivo de la Obra.

El pavimento revestido con MPAF para un metrado referencial de 3.000,00 m² (rendimiento diario conservador del Camión-Planta), debido a su practicidad y versatilidad, ofrece reducción en los plazos de ejecución de obra, así como reduce el costo específico del revestimiento en el orden de 69.68 % con respecto al equivalente al pavimento con MAC. Asimismo, la economía considerando el presupuesto global de pavimentación es de 88 aproximadamente 27.84 % del valor tradicional.

Estas ventajas económicas pueden ser aún mayores, si se optimizan las condiciones de trabajo y los equipamientos de aplicación alcanzándose el rendimiento diario mínimo de 5.000 m² de MPAF colocado. Este estudio demuestra que la alternativa de pavimentación empleando como revestimiento el MPAF en las vías urbanas de bajo tránsito del Asentamiento Humano Las Lomas de Marchan/Pucusana-Lima, presenta ventajas técnicas, económicas y ecológicas; las cuales redundan en la posibilidad de ejecutar mayor número de obras en menor tiempo y con menor inversión.

Recomendaciones:

- En cumplimiento de la Norma ASTM D 6934, es recomendable que la emulsión asfáltica presente un contenido de asfalto residual $\geq 62\%$.
- Se debe considerar las variaciones de temperatura y humedad ambiental, ya que influencia directamente en el contenido de humedad en formulación, la rotura y cura de la mezcla.
- No es recomendable aplicar el MPAF si la temperatura ambiente es inferior 10°C o está en descenso.
- Para el diseño de mezclas del MPAF a ser aplicado en el Asentamiento Humano Las Lomas de MARCHAN/Pucusana-Lima, es aconsejable emplear el agregado de la cantera “Crushing” ubicada en la localidad de Lurín, debido a que cumple con todas las características físico-mecánicas exigidas por las Especificaciones Técnicas Nacionales e Internacionales para garantizar el desempeño del revestimiento en vida de servicio.

- Como elemento de encuadramiento de la granulometría y garantía de la consistencia de la mezcla de MPAF, se recomienda utilizar como filler Cemento Portland Tipo I (Normal) en proporciones del 0.5 a 1.2 % en peso, lo cual además influirá en la consistencia, ruptura y el curado de la mezcla.
- Para evitar la alteración de las características originales del ligante emulsionado polimerizado, es necesario que en almacenamiento se recircule constantemente, con el fin de evitar la formación de natas o grumos en la parte superior o asentamientos del producto.
- Es necesario tener en obra, equipos de laboratorio para poder garantizar a través de los ensayos respectivos la calidad final de la emulsión a emplear 90 en los trabajos de micro pavimentos.
- Para dar apertura al tránsito, se debe esperar hasta que el MPAF cure, tomándose en consideración los resultados de tiempos de rotura y apertura del ensayo de cohesión en laboratorio, de manera que se eviten daños prematuros en la superficie terminada.
- Debido a la versatilidad de uso práctico, eficiente y de alto rendimiento, así como lo económico que resulta aplicar un MPAF, se debe adoptar este sistema como alternativa técnico-económica de pavimentación para vías de bajo tránsito.
- Se incita a los colegas a diversificar las investigaciones para proponer esta tecnología en otras vías urbanas de bajo tránsito que existen a lo largo del país, y que se promueva las aplicaciones en revestimientos de ciclo vías, pasajes urbanos, caminos vecinales, impermeabilización de techos, morteros de albañilería, etc.

Marco conceptual

Pavimento flexible:

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él.

Mezclas asfálticas:

Se define Como Mezclas asfálticas (o bituminoso) en caliente a la combinación de áridos (incluido el polvo mineral) con un ligante. Las cantidades relativas de ligante y áridos determinan las propiedades físicas de la mezcla.

Flexión:

En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural ... Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. El rasgo más destacado es que

Áridos:

Los áridos son materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales. Coloquialmente son conocidos como arena, grava y gravilla, entre otros

Emulsiones asfálticas:

Las emulsiones asfálticas son una mezcla de asfalto con agua que con el emulsificante una emulsión estable que permite tender las carpetas asfálticas "en frío", es decir, a temperaturas menores a 100°C.

Micro pavimentos:

El Micro-pavimento (microsurfacing) se define como una mezcla asfáltica de alta calidad compuesta de: emulsión asfáltica modificada con polímeros, agregado mineral 100 % triturados, filler mineral, agua y otros aditivos, dosificado en proporciones, mezclado y aplicado sobre la superficie del pavimento

Fallas:

En geología, una falla es una fractura, generalmente plana, en el terreno a lo largo de la cual se han deslizado los dos bloques el uno respecto al otro.

Referencias del Micro pavimento

Castiblanco, J. (2015) presenta: Una investigación que tuvo como objetivo suministrar un tipo de soporte técnico relacionado con los conceptos teóricos y prácticos, de la utilización de los sellos de lechada asfáltica o micro pavimentos, para la implementación de esta alternativa de preservación en vías del orden terciario, o municipales (p.4).

El mismo autor, menciona que las lechadas asfálticas y los micro pavimentos cumplen objetivos similares para proteger las capas inferiores, rejuvenecer e impermeabilizar la superficie de rodadura, incrementar la seguridad puesto que corrige la textura superficial, corregir pérdida de áridos gruesos y finos, mejorar la apariencia dando un mayor valor estético, entre otros.

Sin embargo, el autor define el término lechada asfáltica a la mezcla de agregado, emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, cuyo espesor se encuentra en el rango de 3 a 10 mm. Mientras que el micro pavimento es considerado como una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros y agregados triturados, finos minerales, agua y aditivo, cuyo espesor varía en el rango de 10 a 50 mm. (Castiblanco J., 2015, p. 4-5).

Además, el micro pavimento es una alternativa económica para adecuación de vías urbanas y especialmente rurales; menciona también “que en este tipo de pavimentos se pueden utilizar las capas sub rasantes de las vías existentes que a nivel rural en su gran mayoría están a nivel de afirmado”. (Castiblanco J., 2015, p.2)

El autor concluye que la versatilidad de los micro pavimentos, reduce el deterioro de las vías y su costo de mantenimiento, es una solución para sellar pavimentos que se encuentran en avanzado estado de oxidación, restaurar la textura superficial, proveer de mayor resistencia al deslizamiento y corregir el desprendimiento de partículas o raveling. Económicamente hablando, los costos de operación y de conservación son menores con relación a una carretera afirmada, justificando así la inversión de esta intervención, puesto que cumple el requisito básico que es la impermeabilización de las capas granulares. (Castiblanco J., 2015, p.18-19)

Orellana, M., Peña, E. y Pérez, B. (2015) realizaron: “Una investigación que tuvo como objetivo general elaborar una propuesta de diseño y proceso constructivo para la aplicación de lechadas asfálticas en el mantenimiento de vías”. (p.4)

Explican que los tratamientos superficiales se clasifican de manera tradicional según el tipo de base en la cual se coloca ya sean: en calles no pavimentadas (tratamiento Simple y tratamiento doble) o en pavimentos existentes (Slurry Seal y micro pavimentos). Sin embargo, mencionan que, debido al desarrollo de estas alternativas, la gamma de aplicación es amplia y posee diversos escenarios. (Orellana, M. et al., 2015, p.31-35)

Los autores definen a los sellos asfálticos a aquellos revestimientos de emulsiones asfálticas con agregado fino y los clasifican en dos tipos: lechada asfáltica (slurry seal), y micro aglomerado (Micro pavimento). (Orellana, M. et al., 2015, p.9)

La lechada asfáltica (slurry seal) es definida como la “mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua”. (Orellana, M. et al., 2015, p.59) y los micro pavimentos se definen como una “mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral triturado y bien graduado”. (Orellana, M. et al., 2015, p.59)

Los autores explican que un programa de Conservación de Pavimentos se conforma principalmente de: Mantenimiento preventivo, rehabilitación menor (no estructural) y mantenimiento rutinario. - Mantenimiento preventivo, es aquella estrategia para prolongar la vida útil del pavimento e incluyen colocación de Tratamiento Superficial, Slurry Seal, micro pavimentos.

En un mantenimiento periódico, un Tratamiento Superficial es la principal actividad para restablecer características del pavimento sin llegar a ser refuerzo estructural y en caminos sin pavimentar, renovación de la superficie. (Orellana, M. et al., 2015)

Dentro de las conclusiones se puede señalar que “el uso de micro pavimentos, como técnica de mantenimiento vial, contribuye al mejoramiento de las superficies de rodadura”. (Orellana, M. et al., 2015, p.211)

Cea, D., Guinea, K. y Rosa, E. (2009) presentan la investigación que tuvo como objetivo: “Elaborar una guía de diseño de la estructura del pavimento, construcción y mantenimiento de caminos de baja intensidad de tránsito usando tratamientos superficiales”. (p.13)

Con respecto al diseño de la estructura para caminos de baja intensidad usando el Método AASHTO 93, los autores indican que se dividen en tres categorías: - Pavimentos flexibles - Pavimentos rígidos - Caminos con superficies de materiales granular. Además, indican que para las superficies con tratamientos superficiales o sellos de gravilla se utilizarán los procedimientos para pavimentos flexibles.

Debido a que la base fundamental en todo método racional de predicción del comportamiento de pavimentos es la aplicación acumulada de cargas pesadas por eje, es necesario usar la aproximación de diseño de la carga por eje simple equivalente de 18 Kips (ESAL`S) para caminos de baja intensidad de tránsito, sin importar cuán bajo sea el nivel de tráfico o cual sea la distribución de automóviles o caminos. (Cea, D. et al., 2009, p.152-153)

Los autores resaltan que los procedimientos de diseño de caminos de bajo volumen de tránsito para pavimentos flexibles mediante la Guía AASHTO93 son en esencia los mismos que para carreteras. Una variante es el nivel de confiabilidad equivalente al 50 por ciento debido a su bajo uso y bajo nivel de riesgo. Sin embargo, el proyectista puede considerar un rango de 60% a 80% dependiendo del nivel de tráfico. La segunda diferencia es la serviciabilidad final para los pavimentos flexibles es de 2.0 mientras que para un camino con superficie material granular es de 0.5.

Los catálogos de diseño que presentan en su investigación cubren caminos con superficie de material granular, así como de pavimentos flexibles. Menciona que el rango de niveles de tráfico para los diseños de pavimentos flexibles está comprendido entre 50,000 y 1,000,000 ESAL. Y para caminos con superficies de materiales granulares están comprendidos entre 10,000 y 100,000 ESAL.

De esta manera se halla el Número Estructural SN, y luego se halla los espesores de las capas de pavimento. (Cea, D. et al., 2009, p.168-170) Además de analizar el Método AASHTO 93, los autores realizan una guía según el Método AUSTROADS, considerando soluciones estructurales con materiales tradicionales que incluyen las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante o capas de revestimiento granular. (Cea, D. et al., 2009, p.173)

El Método NAASRA hoy AUSTROADS relaciona el Valor de Soporte del suelo (CBR) y la Carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes. Cabe resaltar, que este método permite colocar como mínimo un espesor de afirmado de 150 mm; sin embargo, en caso el tramo tenga ya una capa de afirmado, esta será aprovechada por su aporte estructural y solo se colocará el espesor de afirmado para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño y esta no podrá ser menor a 100 mm. (Cea, D. et al., 2009, p.189-190)

Los autores señalan dos tipos de usos de afirmado y son los siguientes: - Como superficie de rodadura en caminos no pavimentados con suficientes finos. - Como capa inferior granular como colchón anticontaminante, tiene mayor cantidad de piedra, menos arcilla y pocos finos. (Cea, D. et al., 2009, p.185)

Además, mencionan que en caso de que se requiera proteger la superficie de caminos afirmados para retardar su deterioro por erosión y pérdidas de material, debido al tránsito y/o evitar polvo levantado por el mismo se puede colocar una capa protectora como imprimación reforzada bituminosa, tratamiento superficial. (Cea, D. et al., 2009, p. 192).

Concluye que debido a la naturaleza de los pavimentos de bajo volumen de tránsito (mayor deterioro), surge la necesidad de la impermeabilización del paquete estructural del pavimento a bajo costo sugiriendo la aplicación de los tratamientos superficiales asfálticos entre ellos el sello de lechada asfáltica (slurry seal). Además, recomiendan hacer tramos de prueba en donde se compare un camino de tierra contra un camino de tierra con impermeabilización del paquete estructural. (Cea, D. et al., 2009, p. 320-321)

Vallejos, J. (2004) considera a la mezcla asfáltica tipo slurry seal como un tratamiento superficial utilizado en mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos asfálticos y está compuesta por: agregados finos triturados bien gradados, llenante mineral (cal hidratada o cemento portland), agua, emulsión asfáltica de rotura lenta convencional o modificada con polímeros y aditivos si es necesario. (p.118)

El objetivo del Slurry Seal es la preservación de la superficie de las vías asfaltadas nuevas por periodos de hasta 8 años dentro de la vida de diseño del pavimento, corrigiendo los defectos de fallas superficiales o estructurales de un nivel de deterioro liviano. Además, se puede afirmar que el slurry seal sella, impermeabiliza y mejora la apariencia de las calzadas proporcionando superficies de rodadura seguras y adecuadas. (Vallejos J., 2004, p.4)

El problema con el pavimento flexible en algunos casos es la deficiencia de su calidad. Esto se puede presentar debido a la falta de mantenimiento, también por el costo que significa dichas intervenciones. el micro pavimento tiene antecedentes de uso en muchos países del mundo, quienes lo han usado desde hace varios años, países como Guatemala, Costa rica, Argentina, México, Perú, entre otros han estudiado y utilizado micro pavimentos en sus desarrollos de proyectos viales.

Es importante reconocer que este tipo de asfaltos están regulados técnicamente en este país en cuanto a fabricación, uso y aplicación. Y estos micro pavimentos se han utilizado a nivel vial en proyectos dentro del sector privado y estatal. A nivel estatal y como ejemplo local los Municipio desde hace varios años ha venido implementando el uso este tipo de pavimentos llegando a tener pavimentada alrededor del 80 % de la red terciaria.

El uso de los micro pavimentos permite la construcción de capas de rodadura muy económicas, en especial para vías de bajo tráfico, y constituye una alternativa para la rehabilitación de pavimentos asfálticos con

problemas funcionales superficiales, o con patologías que no comprometen el desempeño estructural. La fatiga o deformación permanente se consideran como deterioros avanzados, lo cual obliga a otro tipo de intervenciones.

Las intervenciones con lechadas asfálticas contribuyen al desarrollo sostenible, son amigables con el medio ambiente, permiten una mayor duración de los pavimentos existentes, y optimizan el uso de los materiales y disminuyen el volumen de emisiones a la atmósfera. La versatilidad de los micro pavimentos como se conoce en el mundo reduce el deterioro de las vías y el costo de mantenimiento de las mismas.

El uso adecuado de los micro pavimentos, permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado. Además, permite restaurar la textura superficial y proveerla de mayor resistencia al deslizamiento. Se puede utilizar para corregir el desprendimiento de partículas. Otro uso que se le da a los micro pavimentos, tiene que ver con la impermeabilización de las capas de rodadura, y este puede ser desde el nivel de subrasante estabilizada, o subbase y base granular. Se deben tener en cuenta las características y diferencias de cada aplicación entre lechadas asfálticas y micro pavimentos, así como sus componentes para el uso correcto de la terminología técnica.

El objetivo de este proyecto de titulación, es suministrar un tipo de soporte técnico relacionado con los conceptos teóricos y prácticos, de la utilización de los sellos de lechada asfáltica o micro pavimentos, para la implementación de esta alternativa de preservación en vías del orden terciario. Para lo cual se pretende analizar, sellos de lechada asfáltica y las diferencias con respecto a los otros sellos, las características de los proyectos en los cuales esta técnica se ha aplicado en otros países, aspectos de diseño y desempeño, y especificaciones de calidad.

Las lechadas asfálticas o micro pavimentos corresponden a aplicaciones de emulsiones asfálticas, con o sin adición de polímeros, utilizadas principalmente en la conservación de pavimentos de asfalto.

La ISSA (International Slurry Surfacing Association) define las lechadas como una mezcla de agregado (incluyendo el filler), emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, la que es distribuida uniformemente sobre la superficie de un pavimento existente, en espesores que van desde los 3 a 10 mm. Mientras que los micro pavimentos se definen como un tipo más avanzado de pavimentación superficial por distribuidas en espesores (de 10 a 50 mm de espesor) compuestas por emulsiones asfálticas modificadas con polímeros, en su totalidad agregado triturado, finos minerales, agua y aditivo de control según su uso, que se aplican sobre la superficie dañada para recuperar la funcionalidad de la vía.

Modificación de asfalto con polímeros

El asfalto como compuesto derivado de la refinación del petróleo, es un producto de gran importancia para la industria de la construcción de vías por sus propiedades de consistencia, adhesividad, impermeabilidad y durabilidad. Sin embargo, es un producto muy susceptible a los cambios de temperatura, al envejecimiento

por exposición a la intemperie, la oxidación y foto degradación. El asfalto tradicional está constituido por estructuras alifáticas, aromáticas y cíclicas, las cuales al adicionarles un polímero quedan atrapadas dentro de una red tridimensional. Dicha red es la encargada de absorber gran parte de los esfuerzos a los que se ve sometida una mezcla incrementando su comportamiento visco elástico, es decir que a temperaturas altas se comporta como un sólido y a temperaturas bajas se comporta como un líquido viscoso. De esta forma, el rango de temperaturas de servicio se incrementa al modificar el asfalto con polímeros y por lo tanto su durabilidad. Las lechadas asfálticas modificadas con polímeros son más resistentes a la fatiga, tienen una mayor resistencia al efecto abrasivo de las llantas, mejora su desempeño, a altas temperaturas no se reblandece y a bajas temperaturas no se fractura.

Las lechadas asfálticas y los micro pavimentos cumplen objetivos similares, estos son:

- En cuanto a protección provee una nueva superficie de desgaste, protegiendo las capas inferiores del pavimento, aplicado oportunamente en la superficie del pavimento permite retardar el deterioro de la carpeta asfáltica sellando grietas superficiales mayores, rejuveneciendo e impermeabilizando la superficie.
- En seguridad permite corregir la textura superficial del pavimento cuando éste presenta baja resistencia al deslizamiento. Aunque dentro de la categoría de sellos existen aplicaciones comerciales específicamente diseñadas para mejorar la resistencia al deslizamiento en superficies críticas de pavimentos.
- En la apariencia y calidad de la superficie Corrige deterioros superficiales como pérdida de áridos gruesos y finos, cubre irregularidades y provee una superficie uniforme, aportando valor estético al pavimento.
- Para la Corrección de deformaciones, en el caso particular de los micro pavimentos pueden también ser aplicado para corregir ahuellamientos de hasta 50 mm.
- Además, presentan ventajas por la rápida apertura al tráfico, ya que fragua y seca en 1 hora (se cierra únicamente el carril en el que se está aplicando) y genera muy poca contaminación, únicamente arroja al ambiente el agua con la que se mezcló.

Las lechadas se clasifican en varios tipos, diferentes tamaños de piedra dan diferentes texturas superficiales.

EL TIPO I: Es fino y es para aparcamientos y pistas de aterrizaje.

EL TIPO II: Es más grueso y de propósito general que se utiliza para todas las aplicaciones, incluyendo carreteras arteriales, zonas residenciales y carreteras.

TIPO III: Es el más grueso y se utiliza en las autopistas y carreteras de alta velocidad.

Los diferentes tipos de agregados darán resultados más claros o más oscuros. También puede ser modificado con polímeros para una mayor duración y mejor resistencia al tráfico y el agrietamiento. Esta modificación incluye látex de caucho, caucho de la miga y otros polímeros. [11]

Clasificación de las lechadas asfálticas según el tamaño de los agregados utilizados, tipo I, tipo II, o tipo III.

Tabla 1: Clasificación de lechadas asfálticas según tamaños de agregados.

Tipo I (Pasando 3.2 mm, tamiz N.º 1/8).

Tipo II (Pasando 6.4 mm, tamiz N.º 1/4).

Tipo III (Pasando 9.5 mm, tamiz N.º 3/8).

Elementos estructurales que integran un pavimento

Base: La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante.

Sub- base: Es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento

Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria. Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante. Se emplean normalmente subbases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc.

Sub-rasante: Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes. Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos cohesivos y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación

Pavimento flexible: Es una carpeta constituida por una mezcla asfáltica, proporciona la superficie de rodamiento que soporta directamente las solicitaciones del tránsito. Estructuralmente, la carpeta absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales, ya que las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores 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. Las capas que forman un pavimento flexible son. carpeta asfáltica, base y subbase, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

Asfalto: Es un material aglomerante de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, originarios del petróleo crudo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre, denominados Asfaltos Naturales, o por medio de procesos de destilación industrial cuyo componente predominante es el Bitumen

Los asfaltos destilados del petróleo son producidos ya sea por destilación por vapor o soplados.

La destilación por vapor produce un excelente asfalto para pavimentos, mientras que el producto de destilación por aire o soplado tiene una escasa aplicación en pavimentación.

Obtención y tipos

Según el origen del petróleo crudo la composición de base se divide en:

Base Asfáltica

Base Parafínica

Base Intermedia

Los asfaltos de base asfáltica, es decir, asfaltos obtenidos de petróleos asfálticos, son más deseables para pavimentación, ya que tienen buenas características ligantes y de resistencia al envejecimiento por acción del clima.

Los asfaltos de base parafínica, se oxidan lentamente expuestos a la intemperie, dejando un residuo escamoso y de poco valor como ligantes.

De acuerdo a su aplicación, los asfaltos los podemos clasificar en 2 grandes grupos:

1. Asfaltos para Pavimentos

2. Asfaltos Industriales

Asfaltos para pavimentos: Éstos se subdividen en

- Cementos Asfálticos
- Asfaltos Cortados
- Emulsiones Asfálticas

Cementos asfálticos: Los Cementos Asfálticos, son preparados especialmente para pavimentación.

Es un material ideal para la construcción de pavimentos ya que:

- Es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, impermeable y duradero.
- Es consistente y puro. - Es termoplástico, es decir, se licua a medida que se va calentando.
- Es resistente a los ácidos, sales y álcalis.

Se denominan por las letras CA, y se clasifican según su grado de dureza, el que mide según el ensayo de penetración.

Podemos distinguir CA 40 – 50, CA 60 – 70, etc.; CA indica que es un cemento asfáltico y los números el rango de penetración.

Para su aplicación debe estar libre de agua y con características homogéneas.

En Chile los CA más utilizados son:

- CA 40 – 50: uso en rellenos de junta y grietas.
- CA 60 – 70: en mezcla en planta en caliente para la construcción de bases binder y carpetas de rodado.
- CA 120 – 150: usados en tratamientos superficiales.

Su aplicación no debe hacerse bajo amenaza de lluvia, temperatura ambiente bajo los 10°C en superficies húmedas, tampoco deben ser calentadas sobre los 170 °C.

Asfalto cortado: Los asfaltos cortados, AC, llamados también diluidos, líquidos o Cut-Backs, son asfaltos líquidos que resultan de la dilución de cemento asfáltico con destilados del petróleo.

Se presenta como un líquido de color negro, de viscosidad variable.

Los solventes usados actúan como vehículos, proporcionando productos menos viscosos que pueden ser aplicados a bajas temperaturas.

Los solventes se evaporan después de su aplicación.

Se clasifican según:

1.- Su velocidad de curado: lo cual se divide en 3 categorías:

1) RC: Asfalto Cortado de Curado Rápido (Rapid Curing), se producen al mezclar CA con destilados ligeros del tipo Nafta o Bencina.

Se utilizan generalmente en:

- RC – 1 / RC – 70: Riegos de liga.
- RC – 2 / RC – 250: Mezclas asfálticas abiertas.
- RC – 3 / RC – 800: Sellos de arena, tratamientos superficiales.
- RC – 5 / RC – 3000: Sellos de arena, macadam de penetración.

2) MC: Asfalto Cortado de Curado Medio (Médium Curing), cuyo solvente es la Parafina o Kerosene, lo que da trabajabilidad a temperatura relativamente baja.

Se emplean en:

- MC – 0 / MC – 30: Como imprimante en bases estabilizadas.
- MC – 2 / MC – 250: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada.
- MC – 3 / MC – 800: Mezclas en sitio de graduación abierta y cerrada.
- MC – 4, MC – 5 / MC – 3000: En zonas calurosas y agregados absorbentes.

3) SC: Asfaltos Cortados de Curado Lento (Slow Curing), los aceites son los que le dan cierta fluidez.

Este tipo de asfalto ya no se utiliza.

- Según su viscosidad cinemática (Centistokes): 30, 70, 250, 800, 3000.
- Según grados antiguos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, de menor a mayor viscosidad que definen rangos en Segundos Saybot Furol.

Los asfaltos cortados (AC), no deben emplearse en días de lluvia o con amenaza de lluvia, en temperaturas inferiores a 10°C y en superficies húmedas.

Emulsiones asfálticas: Son de cemento asfáltico en una fase acuosa, con estabilidad variable. El tiempo de quiebre y la viscosidad de las emulsiones, dependen entre otros factores, de la calidad y la cantidad de los agentes emulsificantes.

La cantidad de emulsificantes y aditivo químico utilizados varía generalmente de 0.2 %

a 5 %, y la cantidad de asfalto en el orden de 60 % a 70 %.

El color de emulsiones asfálticas antes del quiebre es marrón y después del quiebre negro, constituyéndole en un elemento auxiliar para la inspección visual.

Las emulsiones asfálticas se clasifican de acuerdo a la carga de la partícula en:

- Catiónica (Utilizadas referentemente en pavimentación)
- Aniónica. (Aplicaciones industriales, levemente en pavimentación)

En cuanto al tiempo de quiebre, se clasifican en:

- Quiebre rápido CRS
- Quiebre medio CMS
- Quiebre lento CSS
- Quiebre controlado. CQS

Las emulsiones asfálticas de quiebre rápido son el ligante más adecuado para la ejecución de tratamientos superficiales, por su facilidad de empleo y su excelente adherencia a todo tipo de áridos.

Las emulsiones de quiebre lento se emplean en riegos de liga, en la preparación de lechadas asfálticas (slurry seal) y riegos negros (fog seal).

Las emulsiones asfálticas de quiebre medio y lento se emplean en la preparación de mezclas en frío, ya sea en planta o en sitio.

Las emulsiones de quiebre controlado (conocidas como Quick Setting) se utilizan para la fabricación de slurries o lechadas asfálticas de rápida apertura al tránsito.

Otros usos para las emulsiones son reciclados en frío, estabilización de suelos, sellos de terminación, membrana de curado, riego de penetración (Macadam) y, en la agricultura, para prevenir la erosión o retardar la evaporación del agua.

2.2. Proceso constructivo de un pavimento flexible

2.2.1. Perfilado y compactación de subrasante

Esta partida consiste en perfilar, refinar, regar y compactar la superficie de la subrasante sin añadir material adicional para mantenerla en condiciones adecuadas, mediante las actividades señaladas para eliminar las elevaciones formadas por el sentido transversal al eje de la vía y conformación de una pendiente uniforme.

Procedimiento:

- Perfilar, refinar, regar y compactar al material superficial desde el borde hacia el eje de la vía, con moto niveladora, cisterna y rodillo respectivamente.

- Efectuar pasadas adicionales esparciendo el material suelto llenando las depresiones de la plataforma a fin de obtener un bombeo adecuado y finalmente reconfigurar.
- La compactación in situ se realizará con rodillo liso vibratorio al 100% del Proctor modificado y se efectuarán periódicamente los ensayos respectivos.



Figura 1 Imagen de google

Fuente: (Google,2019)

2.2.2. Colocación de la subrasante:

Esta partida considera la colocación sobre el nivel de la sub rasante, debidamente preparada, de materiales zarandeados compuestos por piedra fracturada natural con un porcentaje adecuado de finos procedentes de canteras seleccionadas y en conformidad con los alineamientos, cotas, niveles y secciones transversales indicadas en los planos.

La sub base será granular y debe estar libre de materiales orgánicos.

Procedimiento:

- Se transporta, se extiende y compacta el material.
- Hacer el control topográfico colocando los niveles respectivos.
- Perfilar, refinar, regar y compactar al material superficial, desde el borde hacia eje de la vía, con moto niveladora, cisterna y rodillo respectivamente.
- Efectuar pasadas adicionales esparciendo el material suelto llenando las depresiones de la plataforma a fin de obtener un bombeo adecuado y finalmente reconfigurar.
- La compactación será realizada cuando el material presente una humedad adecuada, hasta alcanzar una densidad no menor del 100% de la densidad máxima obtenida por el método del Proctor Modificado, empleando el equipo adecuado.
- Se efectuará periódicamente los ensayos respectivos.



Figura 2 Imagen de google

Fuente: (Google,2019)

2.2.3. Colocación de la base:

Esta partida consiste en colocar, extender, batir y compactar las capas de materiales compuestos por grava o piedra fracturada en forma natural y finos, sobre la sub-base debidamente preparada, en conformidad con los alineamientos, niveles y secciones transversales típicas indicadas en los planos

Procedimiento:

- Extendido de material de Base granular: El material de base será colocado sobre la capa de sub-base o sub-rasante debidamente preparada y será compactada en capas. El material será extendido en una capa uniforme por medio de una moto niveladora, de tal forma que forme una capa suelta, de mayor espesor que el que debe tener la capa compactada.
- Batido de material de Base granular (Mezcla): Para la conformación de la base, se batirá todo el material por medio de la cuchilla de la moto niveladora en toda la profundidad de la capa, llevándolo en forma alternada hacia el centro y los bordes de la calzada.
- Escarificado de material de base granular: El escarificado del material se deberá de realizar para poder uniformizar con el riego de agua que se le aplicará y poder tener una humedad homogénea en todo el material colocado en la calzada.
- Conformación de material de base granula: Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios.
- Humectación de material de Base granular: El agua que se utilizará en el proceso de compactación deberá estar limpia de impurezas.
- Compactación de material de base granular: Una vez concluida la distribución y el emparejamiento del material, cada capa de base deberá ser compactada en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios. Dicho rodillo deberá progresar en forma gradual desde los bordes hacia el centro, en sentido

paralelo al eje de la vía y continuará de este modo hasta que toda la superficie haya recibido este tratamiento.

- Terminación del material de base granular: El material será tratado con moto niveladora y rodillo hasta que se haya obtenido una superficie lisa y uniforme. La cantidad de cilindrado ya pisonado arriba indicada se considerará la mínima necesaria para obtener una compactación adecuada.



Figura 3 Imagen de google

Fuente: (Google,2019)

2.2.4. Imprimación asfáltica:

El riego de imprimación consiste en la aplicación de un material asfáltico, en forma de película, sobre la superficie de la subrasante o de un material granular no tratado (subbase o grava de río), o sobre una base granular no tratada (piedra chancada, grava triturada).

Esta partida considera el suministro y aplicación de riego de asfalto de baja viscosidad sobre la base granular del tramo a pavimentar, preparado con anterioridad de acuerdo con las especificaciones y de conformidad con los planos. Un riego de imprimación recubre y liga las partículas minerales sueltas en la superficie de la base, endurece o refuerza la superficie de la base, impermeabiliza la superficie de la base obturando los vacíos capilares o interconectados, provee adhesión entre la base y la mezcla asfáltica.

Entre las principales funciones tenemos:

- Impermeabilizar la superficie
- Cerrar los espacios capilares
- Revertir y pegar sobre la superficie las partículas sueltas
- Endurecer la superficie
- Facilitar el mantenimiento

- Promover la adherencia entre la superficie sobre la cual se coloca y la primera capa de mezcla asfáltica sobre ella colocada.

El área Imprimada debe estar cerrada al tráfico entre 24 y 48 horas para que el producto bituminoso penetre y se endurezca superficialmente. El exceso de material bituminoso que forme charcos, será retirado con escobas y trabajo manual.

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario.



Figura 4 Imagen de google

Fuente: (Google,2019)

2.2.5. Colocación de la carpeta asfáltica en caliente:

Esta partida consistirá en la colocación de una capa de superficie de rodadura compuesta de una mezcla compacta de agregado mineral y material asfáltico, construida sobre una base debidamente compactada e imprimada.

La mezcla asfáltica en caliente será producida en plantas intermitentes.

La temperatura de los componentes será la adecuada para garantizar una viscosidad en el cemento asfáltico que le permite mezclarse íntimamente con el agregado combinado.

La colocación y distribución se hará por medio de una pavimentadora auto propulsada de tipo y estados adecuados para que se garantice un esparcido de la mezcla en volumen espesor y densidad de capa uniforme.

El esparcido será complementado con un acomodo y rastrillado manual cuando se compruebe irregularidades a la salida de la pavimentadora.

La compactación de la carpeta se deberá llevar a cabo inmediatamente después de que la mezcla haya sido distribuida uniformemente teniendo en cuenta que solo durante el primer rodillazo se permitirá rectificar cualquier irregularidad en el acabado. Utilizando rodillos cilíndricos lisos en tándem y rodillo neumático, además el número de pasadas del equipo de compactación será tal que garantice el 95% de la densidad lograda en el laboratorio.

Por último, las juntas de dilatación en la construcción serán perpendiculares al eje de la vía y tendrá el borde vertical.



Figura 5 Imagen de google

Fuente: (Google,2019)

2.3. Ventajas del pavimento flexible:

Su construcción inicial resulta más económica.

Tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años.

2.4. Desventajas del pavimento flexible:

Para cumplir con su vida útil requiere de un mantenimiento constante.

Las cargas pesadas producen roderas y dislocamientos en el asfalto y son un peligro potencial para los usuarios. Esto constituye un serio problema en intersecciones, casetas de cobro de peaje, donde el tráfico está constantemente frenando y arrancando.

Las roderas llenas de agua de lluvia en estas zonas, pueden causar deslizamientos, pérdida de control del vehículo y, por lo tanto, dar lugar a accidentes y a lesiones personales.

Las roderas, dislocamientos, agrietamientos por temperatura, agrietamientos tipo piel de cocodrilo (fatiga) y el intemperismo, implican un tratamiento frecuente a base de selladores de grietas y de recubrimientos superficiales.

Las distancias de frenado para superficies de hormigón son mucho mayores que para las superficies de asfalto sobre todo cuando el asfalto este húmedo y con huellas.

Una vez que se han formado huellas en un pavimento de asfalto, la experiencia ha demostrado, que la colocación de una sobre carpeta de asfalto sobre ese pavimento no evitará que se vuelva a presentar.

Las huellas reaparecen ante la incapacidad de lograr una compactación adecuada en las huellas que dejan las ruedas y/o ante la imposibilidad del asfalto de resistir las presiones actuales de los neumáticos y los volúmenes de tráfico de hoy en día.

2.5. Tipos de fallas en los pavimentos flexibles:

La mejor forma de identificar las fallas del pavimento y determinar porqué se han producido, es mediante la conducción de un estudio de reconocimiento deseablemente una vez al año, preferiblemente al comienzo de la primavera. En él se debe identificar el tipo, severidad y magnitud de cada falla. También se debe tratar de determinar si el diseño del pavimento, la carga soportada, el agua, la temperatura, los materiales del pavimento o la construcción fueron la causa de la falla. A demás de la inspección visual, pueden emplearse pruebas destructivas y no-destructivas para determinar la condición estructural y las condiciones del material bajo la superficie del pavimento

Los tipos de fallas presentes en una estructura de pavimento flexible son:

- Fisuras y Grietas.
- Deterioro superficial.
- Desintegración del pavimento
- Otros deterioros.

A continuación, se presenta la definición de cada uno de los tipos de falla del pavimento flexible y sus causas, todo aquello acompañado de un registro fotográfico que permite tener una idea más clara de los daños que se pueden encontrar.

2.5.1. Fisuras y grietas

2.5.1.1. Fisuras y grietas por fatiga miento.



Figura 6 Fisuras y grietas por fatiga miento.

Fuente: (Google,2019)

Son una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente ubicadas en zonas donde hay repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de cargas, en donde desarrollan un parecido con la piel de cocodrilo. Este tipo de daño no es común en carpetas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón.

Causas:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas
- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla,
- uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

2.5.1.2. Fisuras y grietas en bloque.



Figura 7 Fisuras y grietas en bloque.

Fuente: (Google,2019)

En este tipo de falla la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma más o menos rectangular. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que este aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, se pueden encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo debido al tránsito.

Causas:

- Es causada principalmente por la contracción del pavimento asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo que se produce en ciclos de esfuerzo – deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inapropiado para el clima de la zona.
- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

2.5.1.3. Grietas de borde

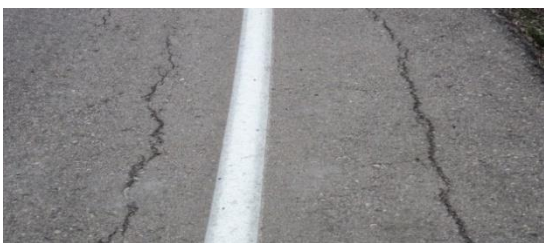


Figura 8 Grietas de borde

Fuente: (Google,2019)

Son grietas con tendencia longitudinal a semicircular ubicadas cerca del borde de la calzada, se presentan generalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel de la berma y la calzada. Generalmente se ubican dentro de una franja paralela al borde, con ancho hasta 0,60 m2.

Causas:

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficientes o. sobre carpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0.30 m a 0,60 m del borde de la calzada.

2.5.1.4. Fisuras y grietas longitudinales y transversales.



Figura 9 Fisuras y grietas longitudinales y transversales.

Fuente: (Google,2019)

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Causas:

Las causas más a ambos tipos de fisuras, son:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes. Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es:
- Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito. Otras causas para la conformación de fisuras transversales son:
- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.

2.5.1.5. Fisuras y grietas reflejadas.



Figura 10 Fisuras y grietas Reflejadas.

Fuente: (Google,2019)

Este tipo de daño ocurre cuando existe una capa de pavimento asfáltico sobre placas de pavimento rígido; estas fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas en dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando hay grietas en el pavimento rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular.

Causas:

- Son generadas por los movimientos de las juntas entre placas de pavimento rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.

2.5.1.6. Fisura transversal.



Figura 11 Fisura transversal.

Fuente: (Google,2019)

Las fisuras de desplazamiento se ocasionan por la falta de adherencia entre la carpeta de superficie y la carpeta inferior. La falta de adherencia puede deberse por la presencia de polvo, aceite, agua o cualquier otro

material no adhesivo entre estas dos carpetas. Generalmente la falta de adherencia se produce cuando no se ha colocado un riego de liga. Algunas veces la mala compactación ocasiona la rotura de la adherencia entre las dos carpetas.

Causas:

- Estructura insuficiente para el nivel de sollicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, diésel, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

2.5.2. Deformaciones superficiales

2.5.2.1. Ahuellamiento.



Figura 12 Ahuellamiento

Fuente: (Google,2019)

Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de la llanta de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes de la zona deprimida y de fisuración.

Un Ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilano por almacenamiento de agua.

Causas:

- El Ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del pavimento asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.
- La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o agregados redondeados.

2.5.3. Desintegración del pavimento

2.5.3.1. Parches deteriorados.



Figura 13 Parches deteriorados.

Fuente: (Google,2019)

Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (agua, gas, etc.)

Causas:

- Procesos constructivos deficientes.
- Sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron
- Deficiencias en las juntas.
- Parche estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Mala construcción del parche (base insuficientemente compactada, mezcla asfáltica mal diseñada).

2.5.3.2. Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.



Figura 14 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales.

Fuente: (Google,2019)

Cavidad, normalmente redondeada, que se forma al desprenderse mezcla asfáltica. Para considerarla como bache al menos una de sus dimensiones un mínimo debe tener de 150 mm.

Causas:

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Derrame de solventes (bencina, aceite, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

2.5.4. Otros deterioros en los pavimentos

2.5.4.1. Exudaciones.



Figura 15 Exudaciones

Fuente: (Google,2019)

Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligantes asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

Causas:

- La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de mezcla sea bajo sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes.

2.5.4.2. Desgaste.



Figura 16 Desgaste

Fuente: (Google,2019)

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida del ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por

donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito. Posibles Causas:

El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto.

Causas:

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

2.5.4.3. Pérdida de áridos.



Figura 17 Pérdida de áridos

Fuente: (Google,2019)

Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos.

Causas:

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.

2.5.4.4. Ondulaciones.



Figura 18 Ondulaciones

Fuente: (Google,2019)

La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos pueden presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.

Es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores a 1,0 m.

Causas:

- Exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso afecta toda la zona de la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.
- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.

2.5.4.5. Descenso de la berma.



Figura 19 Descenso de la berma

Fuente: (Google,2019)

Corresponde a una diferencia de elevación entre la calzada y la berma, debido a un desplazamiento de la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, provocando su deterioro.

Causas:

- Generalmente sucede cuando existen diferencias entre los materiales de la berma y el pavimento o por el bombeo del material de base en la berma. También puede estar asociado con problemas de inestabilidad de los taludes aledaños.

2.5.4.6. Surgencia de finos y agua.

Figura 20 Surgencia de finos y agua

Fuente: (Google,2019)

Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito.

La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno.

Se encuentra principalmente en pavimentos semirrígidos (con base estabilizada).

Causas:

- Ausencia o inadecuado sistema de sub -drenaje, exceso de finos en la estructura, filtración de aguas.
- Separación entre berma y pavimento.
- Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma.
- Este daño permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro.
- Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes aledaños o con la ausencia de liga entre la calzada y la berma cuando se construyen por separado.

2.5.5. Recorrido en la ciudad de Guayaquil observando los tipos de fallas de pavimento flexible

2.5.5.1. Fisuras y grietas por fatigamiento



Figura 21 Fisuras y grietas por fatigamiento en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en el kilómetro 16.5, vía a Daule son una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente ubicadas en zonas donde hay repeticiones de carga debido a la circulación de transporte. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de cargas, en donde desarrollan un parecido con la piel de cocodrilo. Este tipo de daño no es común en carpetas asfálticas colocadas sobre pavimentos de hormigón

Causas:

- La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica.
- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).

2.5.5.2. Fisuras y grietas en bloque.



Figura 21 Fisuras y grietas en bloque en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en el kilómetro 16.5, vía a Daule en este tipo de falla la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma más o menos rectangular. Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que este aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, se pueden encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo debido al tránsito.

Causas:

- Es causada principalmente por la contracción del pavimento asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo que se produce en ciclos de esfuerzo – deformación sobre la mezcla.
- La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inapropiado para el clima de la zona.
- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.
- Espesor del pavimento inadecuado para el nivel de solicitaciones
- baja capacidad de soporte de la subrasante.

2.5.5.3. Fisuras y grietas longitudinales y transversales.



Figura 22. Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en la calle Colombia entre la 25 y 24, corresponden discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Causas:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.
- Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es: Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito.
- Otras causas para la conformación de fisuras transversales son: Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

2.5.5.4. Deterioro superficial.



Figura 23 Deterioro superficial en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en la calle Colombia entre la 25 y 24, Parches deteriorados. Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (agua, gas, etc.)

Causas:

- Procesos constructivos deficientes.
- Sólo se recubrió la zona deteriorada sin solucionar las causas que lo originaron.
- Deficiencias en las juntas.
- Parche estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.

2.5.5.5. Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales



Figura 24 Baches en carpeta asfáltica y tratamiento superficiales en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en la avenida Machala y Aurora estrada Ayala, Cavidad normalmente redondeada, que se forma al desprenderse mezcla asfáltica. Para considerarla como bache al menos una de sus dimensiones un mínimo debe tener de 150 mm.

Causas:

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de sollicitaciones y características de la subrasante
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, aceite, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

2.5.5.6. Deformación transversal.



Figura 25 Deformación transversal en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en la calle Sedalana y la 22. Las fisuras de desplazamiento se ocasionan por la falta de adherencia entre la carpeta de superficie y la carpeta inferior. La falta de adherencia puede deberse por la

presencia de polvo, aceite, agua o cualquier otro material no adhesivo entre estas dos carpetas. Generalmente la falta de adherencia se produce cuando no se ha colocado un riego de liga. Algunas veces la mala compactación ocasiona la rotura de la adherencia entre las dos carpetas.

Causas:

- Estructura insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la subrasante.
- Drenaje inadecuado o insuficiente.
- Derrame de solventes (bencina, diésel, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

2.5.5.7. Ondulaciones

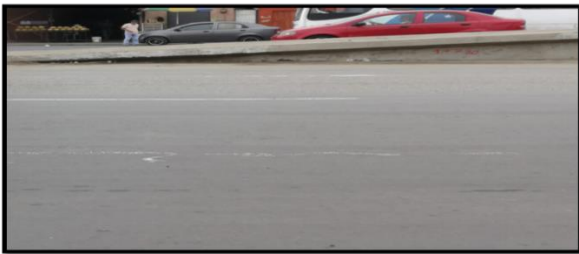


Figura 26 Ondulaciones en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

Se encuentra ubicado en el kilómetro 16.5, vía a Daule, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores a 1,0 m.

Causas:

- La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos pueden presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.
- Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso afecta toda la zona de la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.
- Bajo este contexto, las causas más probables son:
 - Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
 - Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
 - Exceso o mala calidad del asfalto.
 - Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).

- Falta de curado de las mezclas en la vía.
- Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

2.6. Micro pavimento

Es una mezcla asfáltica de alto rendimiento para protección, compuesta por agregados, emulsión asfáltica, filler mineral, y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antideslizantes, también cuenta con propiedades impermeabilizantes. Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo con espesores desde 3 a 10 mm. Se puede aplicar en capas con lo cual se corrigen defectos de la superficie, como hundimientos, desniveles, etc.

Se desarrolla en Alemania a fines de los 60, en los Estados Unidos se usa desde los 80. ^{[1][2][3][4]}_{[5][6][7][8]} En el Mundo a finales del siglo pasado se aplicaron cerca de 2,000,000 de toneladas de Micro Pavimento. (Micro Surfacing)

La ISSA (International Slurry Surfacing Association) agrupa empresas y dependencias de 17 países relacionadas con diseños, equipos y aplicaciones de Slurry Seal (riego de sello con lechada asfáltica) y Micro Surfacing (Micro Pavimento).

Las guías generales para aplicación de Micro pavimento (Micro surfacing) son las guías ISSA A143 son una excelente referencia para elaborar las especificaciones y/o normas.

El tipo II (1/4" max) se aplica en un rango de 5.5 a 11 kg/m² en Calles y Avenidas para nivelar sellar y corregir, el tipo III (3/8" max.) se aplica en un rango de 8 a 17 kg/m² en Carreteras y Avenidas de alto tráfico PCM, S.A. DE C.V. ha aplicado Micro Pavimento cumpliendo las Guías ISSA A143 desde 1999 para rehabilitar y/o conservar carreteras, avenidas y calles. Con rangos de aplicación que van desde los 9 kg/m² y en zonas muy dañadas hasta 34 kg/m².

El rehabilitado y mantenimiento de pavimentos con Micro Pavimento es una solución rápida, limpia y efectiva en costo.

2.6.1. Beneficios del micro pavimento (micro surfacing)

- 1.- Corrige diversidad de defectos y daños de la superficie de los pavimentos (baches, hundimientos, zonas agrietadas, nivelado de zonas, etc.)
- 2.- Provoca un mínimo de molestias, se abre al tráfico en menos de una hora después de la aplicación.
- 3.- Mejora en Índice de Confort (IDC) y/o IRI (International Roughness Index), mejora la seguridad.
- 4.- Solución efectiva en costo.
- 5.- No es necesario re nivelar tapas de registro o brocales de drenaje.
- 6.- No altera la descarga de aguas pluviales de los lotes a la calle.
- 7.- Usando una caja especialmente diseñada se corrigen roderas y huellas.
- 8.- Durabilidad de 4 a 10 años

2.6.2. Usos del micro pavimento

Se usa en Carreteras y Avenidas con tráfico intenso y/o pesado, Calles y Aeropuertos para Nivelar, Sellar y Corregir algunos defectos de la superficie de los Pavimentos y elevar la fricción, generalmente con espesores de 6 a 10 mm.

Con Micro pavimento las molestias son mínimas, se abre al tráfico en menos de 1 hora.

En nuestro medio, con frecuencia se confunde Micro pavimento (Micro Surfacing) con «Riego de Sello Asfáltico» y en algunos lugares le han llamado Micro carpeta con Polímero.

Estas aplicaciones tienen algunas similitudes, pero son diferentes en ingredientes de la mezcla, equipo para la aplicación, etc., y sobre todo en el resultado de las aplicaciones.

2.6.3. Diseño del micro pavimento

1. Micro pavimento Metodología ISSA

- Técnicas de mantenimiento preventivo y rehabilitación de superficies.
- Se logra poco o ningún incremento estructural.
- Deben de ser consideradas solo para aquellos pavimentos que poseen capacidad de carga remanente, necesaria para soportar las cargas de diseño vehicular.
- Se utilizan como un sello superficial para corregir irregularidades tales como pérdida de propiedades anti-derrapantes (alisamiento), oxidación y desprendimientos en pavimentos.

- Han mostrado buenos resultados para mejorar las características de fricción superficial, recuperación de ahuellamientos y pequeñas irregularidades, en vías tanto de alto como de bajo volumen de tráfico.

Definición Micro pavimento:

Es un sistema formado por:

- Agregado mineral
- Filler
- Agua y otros aditivos debidamente proporcionados
- Emulsión de rotura controlada modificada con polímero todos dependen uno del otro

5. Specifications ISSA International Slurry Surfacing Association

- ISSA A 105 Especificaciones para Slurry Seal • ISSA A 143 Especificaciones para Micro pavimento

6. Agregado - Granulometrías Tamaño de tamiz Tipo I % pasante Tipo II % pasante Tipo III % pasante
 Tolerancias 3/8 (9.5 mm) 100 100 100 #4 (4.75 mm) 100 90 – 100 70 – 90 +/-5% #8 (2.36 mm) 90 – 100 65 – 90 45 – 70 +/-5% #16 (1.18 mm) 65 – 90 45 – 70 28 – 50 +/-5% #30 (600 um) 40 – 65 30 – 50 19 – 34 +/-5% #50 (330 um) 25 – 42 18 – 30 12 – 25 +/-4% #100 (150 um) 15 – 30 10 – 21 7 – 18 +/-3% #200 (75 um) 10 – 20 5 – 15 5 – 15 +/-2%

Micro pavimento: tipo II y III

7. Caracterización de agregados Ensayos Granulometría Durabilidad Abrasión Forma de partícula Equivalente de arena Azul de Metileno Slurry Seal Tipo I, II, III 15% máx. Na₂SO₄ 35% máx. 100% triturada 45% mín. ninguno Micro pavimento Tipo II, III 15% máx. Na₂SO₄ 30% máx. 100% triturada 65% mín. 15 mg/g máx.* * Este valor representa la máxima cantidad de azul de metileno comúnmente permitido para este ensayo. Pocos laboratorios realizan esta prueba.

8. Filler

- Normalmente usado hasta 2% con respecto al peso del agregado seco.
- Cemento Portland, Cal hidratada ó cualquier otro fino que ayude en alguno de los tres propósitos, para los cuales es usado
- Aditivo para iniciar la reacción
- Agente tixotrópico 3. Corrige deficiencias en los finos que pasan la malla # 200
- Agua
- Componente intermedio en diseño
- Potable (de preferencia)
- No debe contener sólidos en suspensión

- Caracterización de emulsiones Ensayos Residuo Asfáltico Viscosidad Sedimentación Tamiz Penetración Pto. Ablandamiento % Polímero Slurry Seal 60% mín. 20 – 100 SSF 1.0% máx. 0.1% máx. 40 – 90 dm Ninguno Micro pavimento 62% mín. 20 – 100 SSF 1.0% máx. 0.1% máx. 40 – 90 dm 57°C mín. 3.0% mín del contenido de asfalto.
- Especificaciones para el Diseño de Mezcla Ensayos Tiempo de mezcla Tiempo de rotura Tiempo de tráfico WTAT, g/m2 pérdida - 1 hora inmersión - 6 días inmersión LWT, g/m2 adhesión arena Desplazamiento Lateral Slurry Seal > 180 seg 12.0 hr máx. 24.0 hr máx. 807.0 máx. Ninguno 538 máx. Ninguno Micro pavimento > 120 seg 0.5 hr máx. 1.0 hr máx. 538.0 máx. 807.0 máx. 538 máx. 5% máx.

12. Diseño de mezcla

13. Ensayo de Cohesión ISSA TB 139

- Clasifica el sistema en términos de cuán rápido la mezcla desarrolla una adecuada cohesión a fin de poder apertura el tráfico.

14. Ensayo de abrasión en húmedo ISSA TB 100

- Determina la resistencia a la abrasión en húmedo de una mezcla en función al contenido de asfalto.
- Mide el contenido mínimo de asfalto del sistema.

15. Ensayo de rueda cargada ISSA TB 109

- Determina el máximo contenido de asfalto para evitar exudación en el sistema.

16. Caso Practico DISEÑO DE MICROPAVIMENTO

17. Diseño MICROPAVIMENTO TIPO II I. Caracterización de agregado Procedencia de muestra Cantera La Esperanza km. 581+650 LD Carretera Panamericana Norte SERIE ABERTURA PESO RET. RET. PAR. RET. AC. PASA AMERICANA g % % % 3/8" 9.525 0.0 0.0 100.0 100 - 100 # 4 4.760 25.6 5.1 10.5 89.5 90 - 100 # 8 2.380 30.0 6.0 23.0 77.0 65 - 90 # 16 1.190 49.5 9.9 35.9 64.1 45 - 70 # 30 0.590 47.0 9.4 53.2 46.8 30 - 50 # 50 0.297 41.9 8.4 70.9 29.1 18 - 30 # 100 0.149 19.1 3.8 87.8 12.2 10 - 21 # 200 0.074 33.1 6.6 94.5 5.6 5 - 15 < # 200 27.9 5.6 100.0 0.0 (mm) ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136) MALLAS ESPECIFICACIÓN (ASTM C-117) ENSAYO ESPECIFICACIÓN RESULTADO EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM 2419) MÍNIMO 45% 65.0 % DURABILIDAD (MgSO4) (ASTM C 88) MÁXIMO 25% 8.4 % AZUL DE METILENO (ISSA TB 145) - .- 12 mg/g

18. Diseño MICROPAVIMENTO TIPO II. Análisis de agua PROCEDENCIA ESPECIFICACIÓN RESULTADO PH DUREZA PH DUREZA HUAMANZAÑA NEUTRO (7) MAXIMO 380 ppm 7.85 +600 EL MILAGRO 8.03 141 EL CHAO 7.72 105 EL VIRU 7.67 +600

19. Diseño MICROPAVIMENTO TIPO II III. Caracterización de emulsión* ENSAYO MÉTODO UNIDADES RESULTADO ESPECIFICACIÓN Residuo Asfáltico ASTM D 244 % 65.7 Mínimo 62% Penetración (25 °C, 100g, 5 seg) ASTM D 5 dm 68 60 - 70 dm Recuperación Elástica por Torsión NLT 329 % 30 Mínimo 12% • EMULTEC CQS-1HP • Consideración clima, fija dureza de asfalto

20. Diseño Micro pavimento tipo II IV. Contenido teórico de asfalto teórico en base a la granulometría: 8.6% Emulsión asfáltica teórica calculada: 13.1% V. Calidad de mezcla

- Humedad natural del agregado: 0.2%
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado
- Fuente de agua CHAO • Filler: Cemento Portland Tipo I
- Tiempo de mezclado > 120 segundos
- Porcentajes en peso del agregado Emulsión teórica (%) Agua (%) Aditivo (%) Filler (%) 13.1 8.0 1.0 0.2

21. Diseño Micro pavimento tipo IV

Especificaciones, ensayo, método, requisito Tiempo de mezclado ISSA TB 113 Mínimo 120 seg. Cohesión en húmedo - 30 minutos mínimo (rotura) - 60 minutos mínimo ISSA TB 139 12 kg-cm mínimo 20 kg-cm mínimo Pérdida de abrasión en húmedo, 1 hora inmersión, WTAT ISSA TB 100 Máximo 538 g/m² Exceso de asfalto por adhesión de arena, LWT ISSA TB 109 Máximo 538 g/m² VI. RESULTADOS % EMULSIÓN % FILLER % ADITIVO % AGUA TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos) COHESIÓN (kg-cm) 30 min 60 min 13.1 0.2 1.0 8.0 220 12.2 (N) **24.9 (S)**

22. Diseño Micro pavimento tipo:

Diseño Optimo Micro pavimento % Emulsión = 12.5 % Agua = 8.2 % Aditivo = 0.2 % CP = 1.0 Emulsión (%) WTAT (g/m²) LWT (g/m²) 11.0 419.0 356.3 13.0 370.0 403.2 15.0 272.0 466.2

23. Diseño Micro pavimento

Consideraciones Componentes Límites Residuo asfáltico 5.5% a 10.5% por peso de agregado seco Filler mineral 0.0% - 3.0% (basado en peso de agregado seco) Polímero Mínimo 3% basado en peso de asfalto Aditivos como sea necesario Agua como sea necesario para lograr la consistencia apropiada de la mezcla

24. TASAS DE APLICACIÓN MICROPAVIMENTO TIPO DE AGREGADO RECOMENDACION TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA

TIPO II Zonas urbanas y residenciales Pistas de aterrizaje de aeropuertos 10 - 20 lb/yd² (5.4 – 10.8 kg/m²)

TIPO III Rutas principales e interestatales Bacheo 15 -30 lb/yd² (8.1 – 16.3 kg/m²) como sea requerido

25. Consideraciones finales

- La buena calidad de los materiales es importante para el rendimiento apropiado de las mezclas de slurry seal y micro pavimentos.
- Sin embargo, no es suficiente que los materiales sean de buena calidad pues ello no asegura una mezcla satisfactoria ya que pueden ser incompatibles entre ellos.
- Los diseños de slurry seal y micro pavimentos son hechos a medida del agregado, teniendo en cuenta las condiciones climáticas a las que serán sometidas las mezclas y las facilidades o limitantes del sector de aplicación.

Trabajos de reparación

Las técnicas de mantenimiento caen dentro de dos categorías generales: actividades correctivas y actividades preventivas. Las actividades correctivas reparan una falla dada y mejoran la serviciabilidad del pavimento. La reparación de espesor completo y reparación de espesor parcial son actividades correctivas. Las actividades preventivas son actividades que retardan o previenen la aparición de una falla con el fin de mantener una buena serviciabilidad.

Resello de juntas y grietas, nivelación de bermas, instalación de drenes, son técnicas preventivas. El cepillado, la colocación de barras de traspaso de cargas, la estabilización de losas, pueden actuar como técnicas correctivas, así como también preventivas. En el anexo D

se muestran los tipos de fallas con sus respectivas técnicas de reparación.

A continuación, veremos el procedimiento de trabajo de las distintas técnicas de reparación en los pavimentos flexibles.

Tratamientos Superficiales

Bañón, L. y Beviá, J. (2000) definen al tratamiento superficial como toda actividad que tiene por objeto brindar al pavimento de determinadas características superficiales sin pretender con ello un aumento de resistencia superficial. Y clasifica los tratamientos superficiales en función de su composición como sigue:

a) Riegos sin gravilla: Normalmente forman parte de operaciones auxiliares o complementarias en el proceso de construcción o conservación del firme. Se caracterizan por componerse únicamente de ligantes bituminosos.

b) Riegos con gravilla: Pueden ser calificados como los tratamientos superficiales por antonomasia. Se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades superficiales del firme e incluso como capa de rodadura en firmes rurales o de escaso tráfico rodado.

c) Lechadas bituminosas: Este tipo de compuestos están formados por una mezcla de emulsión bituminosa con áridos finos de granulometría estricta, consiguiendo un mortero de excelentes propiedades superficiales.

(p. 3-17)

Bañón, L. y Beviá, J. mencionan además que las lechadas bituminosas conocidas como slurry se aplican con la finalidad de mejorar la superficie del pavimento impermeabilizando a pavimentos envejecidos o excesivamente fisurados (tratamiento de sellado) y mejorando el deslizamiento.

A continuación, se muestra en la Tabla 2 la clasificación de los Tratamientos Superficiales, los usos y aplicaciones correspondientes. Se puede observar, que, dentro de los riegos sin gravilla, los riegos antipolvo son aplicados exclusivamente sobre la superficie de caminos rurales no pavimentados o con poco tránsito y los riegos sin gravilla restantes son aplicados sobre una de las capas de un pavimento flexible y puede ser durante la construcción o mantenimiento

Marco legal

Normas:

ASTM C 136-09, AASHTO T-27, INEN 696

Determinar la curva granulometría de los agregados mediante un proceso de clasificación de nuestro agregado por su tamaño nominal.

AASHTO T-176, MOP E 108, ASTM D 2419-09

Ayuda a determinar, qué cantidad de polvo o material malo se tiene en la muestra de agregados finos y arena.

ASTM C 131-09, AASHTO T-96, INEN 860-861

Este determina la resistencia a la fractura que tiene nuestro material, por medio del desgaste y la fricción entre partículas.

ASTM C88-09, AASHTO T-104, INEN 163

Determinar el comportamiento de nuestro material en la intemperie, para determinar su desintegrará.

ASTM C29

Sirve para determinar las diferentes gravedades que van a ser requeridas, gravedad Bulk, gravedad específica, gravedad aparente, y absorción de los agregados gruesos y finos.

ASTM D113-07

El ensayo de ductilidad nos ayuda a determinar si nuestro asfalto en su vida útil va a resistir las diferentes cargas a las que será sometido, o al cambio de temperaturas, para evitar que se produzcan fisuramientos, ya que la ductilidad es la capacidad que tiene un material para deformarse y volver a su estado original después de ser sometido a una fuerza.

ASTM D5/D5 M-13

La penetración en el material bituminoso, determina como fluye el material en condiciones conocidas, mediante una aguja.

ASTM D92 -12B

Punto de chispa es un ensayo en el cual se determina la temperatura máxima del asfalto que no sea inflamable, también se lo determina para ver las temperaturas a la que se envejecerá, se debe tomar en cuenta esta temperatura por seguridad, ya que pasando esta se produce un fenómeno en el cual empieza a saltar el asfalto como el efecto de agua y aceite.

ASTM D36/D36M

Punto de ablandamiento es un ensayo que tiene como objetivo, determinar la temperatura a la cual el asfalto comienza a fluir, para evitar que en el tiempo de vida útil de la mezcla llegue a experimentar esta temperatura, ya que se puede provocar que se vuelva la mezcla menos rígida.

ASTM D4402/D4402M

Los ensayos de viscosidad nos ayudan a determinar la temperatura de mezclado y de compactación, ya que se sabe que la viscosidad es la capacidad de fluir de un fluido en una superficie, a mayor temperatura la viscosidad el asfalto es menor.

Capítulo III

3. Marco metodológico

Estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnostica, para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.

3.1. Tipo de investigación.

Comprende un ámbito descriptivo, exploratorio, experimental, donde se buscará principalmente analizar el deterioro de los pavimentos flexibles debido a las cargas vehiculares, físicas, químicas del medio Ambiente colocando micro pavimento, luego proceder con los ensayos consignados en las normas y reglamentos ecuatorianos.

Además, Esta investigación buscará principalmente analizar las causas del deterioro del pavimento flexible y obtener las características físicas y mecánicas del micro pavimento, para alcanzar los objetivos general y específicos se plantea realizar los siguientes pasos:

1. Determinar el deterioro de los pavimentos flexibles.
2. Análisis de los agregados a ser utilizados para el micro pavimento
3. Diseño del Micro pavimento.
4. Análisis del presupuesto unitario.
5. Presupuesto referencial.

3.2. Diseño de la investigación

Según Hernández, Fernández y baptista en su libro metodología de la investigación, sexta edición del año 2014, el termino experimento tiene como acepciones una particular y otra general.

Este uso de término es bastante coloquial; así, hablamos de experimental cuando al realizar la unión de dos sustancias químicas en condiciones controladas podemos observar cambios en el resultado final, para experimentar se puede hacer con seres vivos o con ciertos objetos, siempre y cuando tener en cuenta los principios éticos. Los diseños experimentales serán utilizados por el investigador cuando quiere establecer un efecto de una causa que será manipulada.

Esta investigación tiene un diseño experimental, porque al trabajar con las variables, micro pavimento, deterioro, pavimento flexible, se provocará situaciones representativas que se incluye las manipulaciones de las variables en condiciones controladas con el fin de tener resultados de correlaciones entre variable, en este caso en los laboratorios hay que realizar pruebas, para obtener los resultados según los objetivos planteados.

3.3. Enfoque

Según Hernández, Fernández y baptista en su libro metodología de la investigación, sexta edición del año 2014, plantean que la investigación cuantitativa o positivista es el conjunto de procesos secuenciales y probatorios, donde no se puede saltar o eludir pasos, que debe llevar un orden estricto, aunque se puede rediseñar alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada se derivan objetivos y preguntas de investigación; se revisa la lectura y se construye un marco teórico.

De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables en un determinado contexto; se analizan datos obtenidos utilizando métodos estadísticos y se extraerá varias conclusiones respecto a cada hipótesis. En esta investigación el enfoque es cuantitativo, dado que se realizará una amplia recolección, toma de información, datos y magnitudes numéricas entre las cuales podemos nombrar resistencia, las dosificaciones de los diferentes componentes de las mezclas asfáltica que se trabajaron durante los ensayos, la cantidad de de micro pavimento para la rehabilitación del pavimento flexible que se utilizara en cada prueba entre otras, que ayudaran a determinar módulos mediante el campo estadístico.

al final se medirán las variables y se analizarán los datos obtenidos en la investigación, todo este proceso se debe realizar de conformidad a lo establecido en la normas y procedimientos, sin relajar la observancia de las mismas, siguiendo un rígido proceso de toma de muestras.

3.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Las técnicas que se ha utilizado en esta investigación fueron

Ensayos de laboratorio:

- Ensayo de Equivalente de arena (ASTM D-2419)
- Ensayo de absorción de azul de metileno (ISSA TB -145)

- Ensayo de granulometría de agregados (ASTM C-136 - ASTM C-117)
- Porcentaje Teórico de Emulsión (ISSA TB-118)
- Ensayo de tiempo de mezcla (ISSA TB-102)
- Ensayo de cohesión (ISSA TB-139)
- Ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB-100)
- Ensayo de rueda cargada (ISSA TB-109)
- Formato de laboratorio

3.4.2. Instrumento

- Los instrumentos utilizados en la investigación son:
- Laboratorio de mecánica de suelo y concreto
- Equipo de prensa hidráulica (ensayo a compresión)
- Máquina de ensayo a flexión (transformador diferencial de variación lineal “LVDT”)
- Formatos de laboratorio
- Fichas de observación
- Procedimiento de recolección de datos

Una vez seleccionado el diseño de investigación apropiada y la muestra adecuada, según con el problema de estudio e hipótesis, en la siguiente etapa se recolectan los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo, análisis o casos. La recopilación de datos implica el desarrollo de un plan de proceso detallado que nos permita recopilar datos para un propósito particular. (HERNANDEZ, 2014)

Para esta investigación, la primera etapa se realizó el análisis del deterioro del pavimento flexible de la Ciudad de Guayaquil, considerando el porqué de las fallas, separándolas cada una según su orden deterioro, para su respectivo análisis de reparación y mantenimiento por medio de la colocación del micro pavimento.

3.4.3. Universo

El universo es el conjunto de la mayoría de acontecimientos que están acorde con una serie de especificaciones, son todas las variables a estudiar, para así obtener un resultado final de la investigación. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

El universo de esta investigación estuvo conformado por el diseño de micro pavimento que se utilizara en la rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos flexibles deteriorados por las acciones físicas químicas del medio ambiente

3.4.4. Muestra

La muestra es un subgrupo de elementos, caso o individuos de una población, las cuales se recolectarán datos relevantes de la población, las cuales darán resultados una cantidad representativa. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

Cuando el universo es pequeño la muestra es la misma que la del universo. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014), en esta investigación el universo es realmente pequeño y con características individuales bien definidas por lo que consideramos la muestra igual al universo.

3.5. Validez y confiabilidad

3.5.1. Validez

“La validez, en términos generales, se refiere al índice en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014)

En esta investigación los instrumentos de la recolección de datos que se utilizaron son 100% validos ya que se encuentran calibrados y acreditados por la universidad estatal de Guayaquil lo que garantiza la precisión de los instrumentos de ensayo.

3.5.2. Confiabilidad

La confiabilidad de un medidor se refiere al grado en que la aplicación repetida a la misma persona o elemento da como resultado los mismos resultados. (HERNANDEZ, METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 6TA EDICIÓN, 2014). Para el presente trabajo de investigación se realizaron ensayos con equipos y herramientas totalmente calibrados y ajustado del laboratorio de la facultad de ingeniería civil de la universidad estatal de Guayaquil lo cual me brinda resultados totalmente confiables y que garantiza la veracidad en el presente proyecto de investigación.

Capítulo IV

4. Propuesta

4.1. Descripciones de las zonas de estudios

El tramo 1 objeto de estudio está ubicado en la calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio al Suroeste de la ciudad de Guayaquil, cómo se presenta en la figura 28 a continuación.

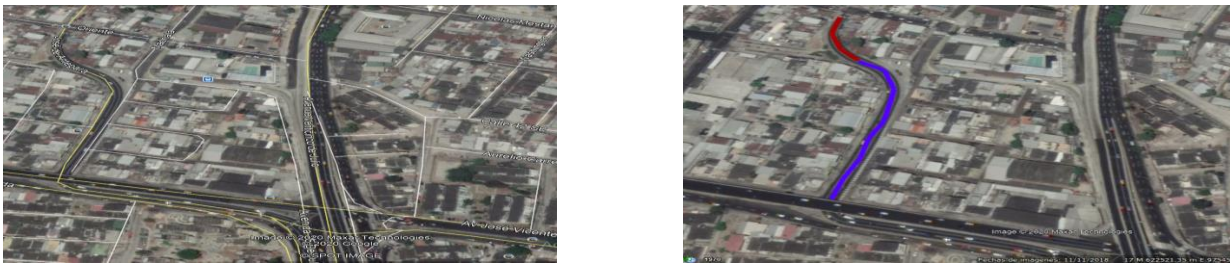


Figura 27 localización calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio

Fuente: (Google Earth,2019)

El tramo 2 objeto de estudio está ubicado en la avenida Perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO al Noroeste de la ciudad de Guayaquil, como se presenta en la figura 29 a continuación.



Figura 28 Avenida Perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO

Fuente: (Google Earth,2019)

4.2. Características geométricas

- Tramo 1 localización calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio
- Abscisas 0+000.00 – 0+250.00
- Área de la vía estudiada: 3162.00 m²
- Ancho de calzada tramo 1 (color rojo): 9.00 m

- Ancho de calzada tramo 2 (color azul): 12.00 m
- Número de carriles a evaluar: 5
- Tipo de pavimento: Flexible
- Nivel de tránsito: Alto
- Tramo 2 localización Avenida Perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO
- Abscisas 0+000.00 – 0+690.00
- Área de la vía estudiada: 4341.00 m²
- Ancho de calzada: 6.60 m
- Número de carriles a evaluar: 2
- Tipo de pavimento: Flexible
- Nivel de tránsito: Alto

4.3. Proceso constructivo y aplicación de micro pavimento.

Se tomará el tramo 1 y tramo 2 como objetos de estudios (tramo 1 ubicado en la calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio al sur oeste de la ciudad de Guayaquil como se muestra en la figura 28), (tramo 2 ubicado en la avenida Perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO como se muestra en la figura 29) el uso de micro pavimento, dentro la rehabilitación. Esto teniendo en cuenta que en su mayoría se encontraban a nivel estable. Esto motivado por el crecimiento de la población, el aumento respectivo del tráfico vehicular, los daños físicos, químicos y la exposición de las vías a las lluvias. Lo cual generaba deterioro de las mismas. Y se toma la decisión de usar los micro pavimentos teniendo en cuenta que la vía está estable y tienen buena capacidad portante para tráfico.

Económicamente, hablando se disminuyen los gastos de operación, y los costos de conservación son menores respecto a una carretera estable, lo cual justifica la inversión en este tipo de intervención, porque se cumplen los requisitos básicos que es la impermeabilización de las capas granulares.

Estas soluciones presentan una serie de ventajas con respecto a otras metodologías, porque permitirá que las vías cumplan con su función básica que es la de integración física, además de ello contribuirá a consolidar la movilidad de los municipios de manera económica y rápida.

Es un cambio del concepto tradicional de la conservación, de actuar para reparar lo dañado por el concepto de actuar para evitar que se dañe, haciendo estudio a nivel de pre factibilidad, exploratoria y diagnóstica,

para la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles, analizando el deterioro debido a los impactos ambientales colocando micro pavimento.

El mismo autor, menciona que las lechadas asfálticas y los micro pavimentos cumplen objetivos similares para proteger las capas inferiores, rejuvenecer e impermeabilizar la superficie de rodadura, incrementar la seguridad puesto que corrige la textura superficial, corregir pérdida de áridos gruesos y finos, mejorar la apariencia dando un mayor valor estético, entre otros.

Sin embargo, el autor define el término lechada asfáltica a la mezcla de agregado, emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, cuyo espesor se encuentra en el rango de 3 a 10 mm. Mientras que el micro pavimento es considerado como una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros y agregados triturados, finos minerales, agua y aditivo, cuyo espesor varía en el rango de 10 a 50 mm. (Castiblanco J., 2015, p. 4-5).

Además, el micro pavimento es una alternativa económica para adecuación de vías urbanas y especialmente rurales; menciona también “que en este tipo de pavimentos se pueden utilizar las capas sub rasantes de las vías existentes que a nivel rural en su gran mayoría están a nivel de afirmado”. (Castiblanco J., 2015, p.2)

El autor concluye que la versatilidad de los micro pavimentos, reduce el deterioro de la vías y su costo de mantenimiento, es una solución para sellar pavimentos que se encuentran en avanzado estado de oxidación, restaurar la textura superficial, proveer de mayor resistencia al deslizamiento y corregir el desprendimiento de partículas o raveling. Económicamente hablando, los costos de operación y de conservación son menores con relación a una carretera afirmada, justificando así la inversión de esta intervención, puesto que cumple el requisito básico que es la impermeabilización de las capas granulares. (Castiblanco J., 2015, p.18-19)

4.4. Aplicación en campo del micro-pavimento sobre la superficie

4.4.1. Proceso

El proceso constructivo para la colocación de Micro-pavimento sobre una superficie asfáltica existente, obedece al siguiente proceso:

- a) Limpieza y barrido de la calzada.
- b) Señalización del área de trabajo.
- c) Suministro y calibración de la máquina (Macropaver)
- d) Aplicación del Micro-pavimento.
- e) Apertura al tráfico.

Equipo

La elaboración y colocación del Micro-pavimento sobre una superficie asfáltica existente, en general requiere el siguiente equipo:

- a) Equipo de mezclado continuo para Micro-pavimento.



Figura 29 Máquina de mezclado continua Macropaver

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

Su composición está dispuesta de la siguiente manera:

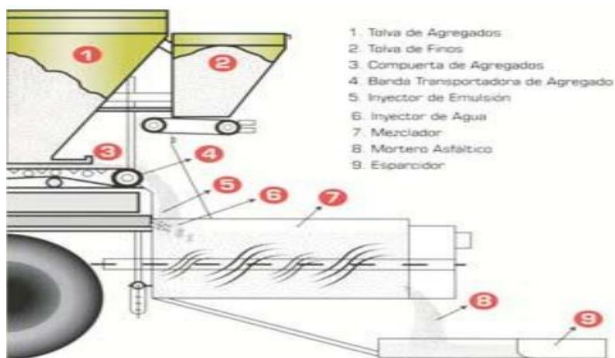


Figura 30 Composición de la Macropaver

Fuente: Revista Lechadas & Micro pavimentos.

- b) Barredora mecánica.
- c) Camión distribuidor de asfalto.
- d) Cargadora frontal.
- e) Camión cisterna.

4.4.2. Colocación proyectada en obra

El proceso de colocación en obra del Micro-pavimento obedece al siguiente proceso:

- a) Limpieza y barrido de la superficie de la vía, utilizando la barredora mecánica para eliminar la mayor cantidad de polvos y materiales nocivos para el Micro-pavimento.
- b) Sellado de fisuras, baches o grietas existentes manteniendo el perfil de la vía.



Figura 31 Sellado de fisuras

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

- c) Tendido de los conos, rótulos y cintas de seguridad en toda el área a tratar, para evitar accidentes.
- d) Suministro de emulsión, agregado, agua y el cemento, utilizando el camión distribuidor de asfalto, cargadora frontal y camión cisterna, respectivamente. El cemento se lo puede colocar manualmente en su contenedor.



Figura 32 Contenedores de micropaver

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

- e) Colocado de la banda en la plancha de tendido (cama mezcladora), luego engancharla en la parte posterior de la máquina para dirigirse hacia la vía.



Figura 33 Plancha de tendido

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)



Figura 34 Plancha y banda colocado

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

f) Centrado de la plancha en el sitio a realizarse el riego.

g) Calibración del computador de mando de la máquina. En este equipo y entre otras cosas, aquí se ingresan todos los porcentajes de la fórmula ideal de diseño obtenida, así como también la temperatura de los líquidos y velocidad de las hélices de la cama de mezclado



Figura 35 Computador de control

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

- h) Regulado de los patines de la plancha para el espesor de riego deseado.
- i) Encendido del motor de la plancha de tendido, permitiendo el ingreso de la mezcla.



Figura 36 Ingreso de la mezcla a la plancha

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

- j) Inicio del riego, verificando en todo momento la uniformidad de la mezcla, la trayectoria de la máquina y limpieza de los bordes.



Figura 37 Riego de micro pavimento

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

k) Finalizado del riego.

l) Alzado de plancha y retorno al stop.

m) Desenganchado de la plancha para su limpieza.

n) Verificado de curado de la mezcla en relación al clima y al tiempo registrado en los ensayos de laboratorio.

Los elementos de seguridad deben permanecer en la vía hasta que el tratamiento superficial obtenga las propiedades necesarias para abrirlo al tráfico.



Figura 38 Textura del micro pavimento (antes del curado)

Fuente: (Google Tramo Santa Rosa de Cusubamba, 2014)

4.5. Impacto ambiental

La emulsión utilizada en el diseño del Micro-pavimento debe ser de uso inmediato o de poco tiempo de almacenamiento. La elaboración de la emulsión en la planta debe obedecer al requerimiento en obra, por lo que, es recomendable realizar este tipo de emulsiones con el mínimo de aditivos o sin su adición. Una vez

mezclada y colocada la emulsión con el agregado, el aditivo o solvente se evapora directamente al aire, afectando su calidad.

4.6. Mantenimiento correctivas y preventivas

Las técnicas de mantenimiento caen dentro de dos categorías generales: actividades correctivas y actividades preventivas.

Las actividades correctivas reparan una falla dada y mejoran la serviciabilidad del pavimento. La reparación de espesor completo y reparación de espesor parcial son actividades correctivas.

Las actividades preventivas son actividades que retardan o previenen la aparición de una falla con el fin de mantener una buena serviciabilidad. Resello de juntas y grietas, nivelación de bermas, instalación de drenes, son técnicas preventivas. El cepillado, la colocación de barras de traspaso de cargas, la estabilización de losas, pueden actuar como técnicas correctivas, así como también preventivas. A continuación, veremos el proceso constructivo de trabajo de las distintas técnicas de rehabilitación en los pavimentos flexibles

4.7. Proceso constructivo para la rehabilitación y mantenimiento de las fallas observadas en la siguiente zona de estudios.

4.7.1. Proceso constructivo del tramo 1 – tramo 2 para la rehabilitación y mantenimiento de la falla fisuras y grietas longitudinales y transversales (localización calle José de ante para entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 no)



Figura 39 Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil
Tomado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 40 Fisuras y grietas longitudinales y transversales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil
Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

(Tramo 1 ubicado en la calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio), (Tramo 2 avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO) corresponden discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes

Causas:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).

- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.
- Otra causa para la conformación de fisuras longitudinales es: Fatiga de la estructura, usualmente se presentan en las huellas de tránsito.
- Otras causas para la conformación de fisuras transversales son: Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

Para realizar la rehabilitación, debemos seguir los siguientes pasos:

- Se limpia el pavimento flexible y las fisuras con escobillón y aire comprimido.



Figura 41 Imagen de google limpieza del pavimento y las fisuras con escobillón y aire comprimido

Fuente: (Google, 2019)

- Se rellenan las fisuras con concreto asfáltico de graduación fina.



Figura 42 Imagen de google aplicación de riego de liga en la sección que se va a reparar

Fuente: (Google, 2019)

- Se aplica riego de liga en la sección que se va a reparar (Sellado de fisuras superficiales (Asfalto Polimerizado))

- Se nivelan los bordes asentados, extendiendo concreto asfáltico. Se comprueba la nivelación con una regla. Posteriormente se compacta con un compactador vibrante plano. Los bordes del parche deben quedar limpios y rectos.
- Se remueve todo tipo de vegetación que se encuentre cercana al pavimento.
- Cuando se aplica el micro pavimento en la falla tiene durabilidad de 7 a 8 años

4.7.2. Proceso constructivo para la rehabilitación de la falla baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales (localización calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 no)



Figura 43 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 44 Baches en carpetas asfálticas y tratamientos superficiales en la zona de estudio en la ciudad de Guayaquil

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

(Tramo 1 ubicado en la calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio), (Tramo 2 avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO), Cavidad normalmente redondeada, que se forma al desprenderse mezcla asfáltica. Para considerarla como bache al menos una de sus dimensiones un mínimo debe tener de 150 mm.

Causas:

- Pavimento estructuralmente insuficiente para el nivel de solicitaciones y características de la
- Subrasante. Drenaje inadecuado o insuficiente. Defecto de construcción.
- Derrame de solventes (bencina, aceite, etc.) o quema de elementos sobre el pavimento.

Para realizar la rehabilitación, debemos seguir los siguientes pasos:

- Marcar la zona a reparar, extendiéndose al menos 0.3 metros fuera del área dañada
- El área a delimitar debe ser rectangular, con dos de sus lados perpendiculares al eje del camino.
- Posteriormente, deberá cortarse sobre la demarcación realizada, utilizando un equipo de corte.

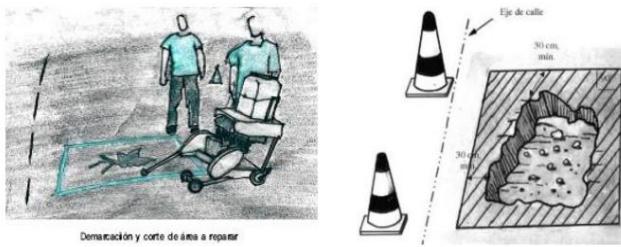


Figura 45 Imagen de google delimitar el área debe ser rectangular y marcar la zona a reparar

Fuente: (Google, 2019)

- Marcar la zona a reparar, extendiéndose al menos 0.3 metros fuera del área dañada
- El área a delimitar debe ser rectangular, con dos de sus lados perpendiculares al eje del camino.
- Posteriormente, deberá cortarse sobre la demarcación realizada, utilizando un equipo de corte.
- Excavar hasta la profundidad definida por el espesor diseñado recortando las paredes de forma vertical, de modo que el fondo quede plano y horizontal
- Para finalizar se deberá compactar el fondo hasta alcanzar el 95% del proctor modificado, de acuerdo con AASHTO T180.

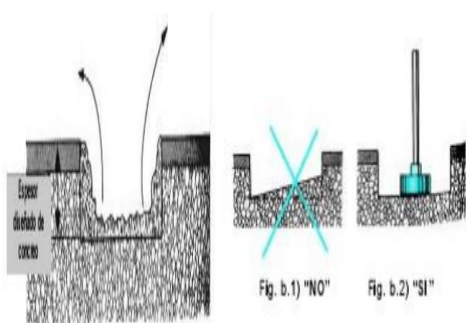


Figura 46 Imagen de google compactación 95% del proctor

Fuente: (Google, 2019)

- Las paredes y fondo de la zona en que se realizó la remoción deben limpiarse mediante un barrido energético
- Antes de colocar la mezcla asfáltica de relleno deberá verificarse que la imprimación haya penetrado según lo especificado
- La capa de sellado en frío con micro pavimento (Tipo III) se extenderá y nivelará mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante, en los extremos, y coincidiendo con las líneas de corte de la zona.

- La compactación deberá realizarse con un rodillo neumático o liso de 3 a 5 t de peso. Alternativamente podrá usarse un rodillo manual, dependiendo del espesor de la capa por compactar.

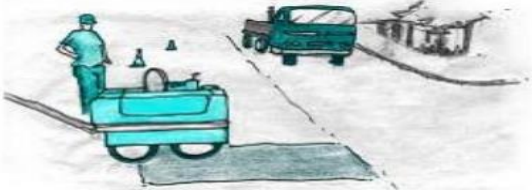


Figura 47 Imagen de google compactación con un rodillo neumático o liso

Fuente: (Google, 2019)

- El desnivel máximo tolerable entre la zona reparada y el pavimento que la rodea será de 3 mm.
- Cuando se aplica el micro pavimento en la falla tiene durabilidad de 7 a 8 años

4.7.3. Proceso constructivo para la rehabilitación de la falla pérdida de áridos (localización calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio), (localización avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá franco y 6to callejón 20 no)



Figura 48 Pérdida de áridos

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 49 Pérdida de áridos

Tomado por: Bueno & Pilay (2019)

(Tramo 1 ubicado en la calle José de Antepara entre oriente y avenida 25 de julio), (Tramo 2 avenida perimetral entre la calle Eduardo Solá Franco y 6to callejón 20 NO), conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos.

Causas:

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.

Para realizar la rehabilitación, debemos seguir los siguientes pasos:

- Limpiar la zona removida mediante barrido enérgico y/o aire comprimido (presión mínima, 120 psi), hasta eliminar todas las partículas sueltas y el polvo
- Colocar el imprimante o liga, mediante escobillones u otros procedimientos que permitan un cubrimiento uniforme del fondo y paredes, a razón de 1.3 a 2.4 l/m².
- Antes de colocar capa de sellado en frío con micro pavimento (Tipo III) verificar que la imprimación haya penetrado al menos 10 mm en las bases granulares y que la emulsión para la liga haya quebrado.
- Extender y nivelar la capa de sellado en frío con micro pavimento (Tipo III) mediante rastrillos y colocar la cantidad justa y necesaria para cubrir toda el área por rellenar y dejarla 6 mm sobresaliendo del pavimento circundante. En los bordes recortar la mezcla dejando paredes verticales y retirar cualquier exceso.
- Compactar con rodillo manual. El desnivel en los bordes no debe sobrepasar los 3 mm.
- Cuando se aplica el micro pavimento en la falla tiene durabilidad de 7 a 8 años

4.7.4. Costo estimativo referencial bacheo asfáltico mayor

Tabla 1 Costo estimativo referencial bacheo asfáltico mayor

PRESUPUESTO ESTIMATIVO REFERENCIAL BACHEO ASFÁLTICO MAYOR					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unit.	Total
1	Bacheo asfáltico Mayor	m3	14.00	\$ 151.30	\$ 2.118.20
2	Base clase	m3	28.00	\$ 17.01	\$ 476.28
3	transporte de base	m3/km	1680.00	\$ 0.30	\$ 504.00
4	Sellado de fisuras superficiales (Asfalto Polimerizado)	ml	3200.00	\$ 0.60	\$ 1.920.00
5	Capa de sellado en frío con micropavimento (Tipo III)	m2	7503.00	\$ 3.80	\$ 28.511.40
TOTAL					\$ 33.529.88

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 2 Presupuesto comparativo para el mantenimiento flexible

PRESUPUESTO COMPARATIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unit.	Total
1	Carpeta asfáltica 2"	m2	7503.00	\$ 7.50	\$ 56.272.50
2	Carpeta asfáltica 3"	m2	7503.00	\$ 11.01	\$ 82.608.03
3	Carpeta asfáltica 4"	m2	7503.00	\$ 14.75	\$ 110.669.25
1	Bacheo asfáltico Mayor	m3	14.00	\$ 151.30	\$ 2.118.20
5	Capa de sellado en frío con micropavimento (Tipo III)	m2	7503.00	\$ 3.80	\$ 28.511.40

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8. Diseño de Micro-pavimento

Método para tratamiento superficial, el cual combina la fácil aplicación de un Slurry convencional, con resultados de una sobre carpeta de mezcla asfáltica caliente.

Está integrada por la mezcla de una emulsión asfáltica modificada con polímero, agua, cemento y agregado de alta calidad, es técnica versátil que puede aplicarse en más de una capa, capaz de corregir desniveles de hasta 5 cm.

Para realizar el diseño de micro – pavimento, se utilizó agregado pétreo de la Mina La Roca ubicada en el km 18 de la vía a Daule, provincia del Guayas, para realizar la mezcla se utilizó como ligante emulsión asfáltica catiónica de ruptura controlada, con polímeros elastomérico Tipo CQS-1H-P.

La metodología aplicada para este diseño esta referenciada en la especificación de la ISSA (International Slurry Surfacing Association). Los resultados obtenidos han sido comparados con las especificaciones dadas por el MOP-001-F-2002 (Sección 405-7.1) e ISSA A-143 (2010).

4.8.1. Ligante asfáltico

La emulsión utilizada para la fabricación del Micro-pavimento es de tipo catiónica de ruptura controlada modificada con polímero (CQS-1H-P), cuya fórmula maestra se presenta a continuación

Tabla 3 Resultado del ensayo en el laboratorio para el diseño de micro pavimento

ENSAYO	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Asfalto Residual (%)	62.3	≥ 62
Viscosidad Saybolt Furol @25°C (seg)	27	20 - 100
Penetración en el Residuo (1/10mm)	59	40 -90
Recuperación Elástica por Ductilómetro 25°C (%)	33	≥ 30
Recuperación Elástica Torsional 25°C (%)	12	≥ 12
Punto de Ablandamiento °C	57	≥ 57

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno e Pilay (2019)

Tabla 4 Resultado del ensayo en el laboratorio para el diseño del micro pavimento

Asfalto AC-20:	62%
Prom. Adherencia:	0,031 %
Polímero:	1.86% (3% sobre el AC-20)
Surfactante 1:	0.80%
Surfactante 1:	0.20%
Plastificante:	0.62%
Ácido:	0.4% pH: 2.00
Agua:	34.09%

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 5 Comparaciones de las especificaciones para la emulsión asfáltica a utilizar para el slurry seal - micro pavimento

ESPECIFICACIONES PARA LA EMULSIÓN ASFÁLTICA A UTILIZAR		
ENSAYO	SLURRY SEAL	MICRO – PAVIMENTO
PORCENTAJE DE ASFALTO	60 % Mínimo	62% Mínimo
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL	(20 – 100) segundos	(20 – 100) segundos
ASENTAMIENTO	1 % Máximo	1 % Máximo
ESTABILIDAD POR TAMIZ #20	0.1 % Máximo	0.1 % Máximo
PENETRACIÓN EN EL RESIDUO	40 - 90	40 - 90
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	Ninguno	57°C Mínimo
PORCENTAJE DE POLÍMERO	Ninguno	3 % Mínimo sobre CA

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 6 Comparaciones de las especificaciones para el agregado del slurry seal - micro pavimento

ESPECIFICACIONES PARA EL AGREGADO		
ENSAYO	SLURRY SEAL	MICRO – PAVIMENTO
Granulometría	TIPO I TIPO II TIPO III	TIPO I TIPO II TIPO III
Abrasión de los ángeles	35 % Máximo	30% Máximo
Degaste de los sulfatos	15 % Máximo (Na ₂ SO ₄)	15 % Máximo (Na ₂ SO ₄)
Partículas alargadas	100%	
Equivalente de arena	45 % Mínimo	65 % Mínimo
Azul de metileno	Ninguno	8 mg/g Máximo

Elaborado por: Bueno e Pilay (2019)

4.8.2. Los ensayos que se ejecutaron son los siguientes

- Ensayo de granulometría de agregados (ASTM C-136 – ASTM C-117)
- Ensayo de Equivalente de arena (ASTM D-2419)
- Ensayo de Equivalente de arena (ASTM D-2419)
- Ensayo de absorción de azul de metileno (ISSA TB-145)
- Porcentaje Teórico de Emulsión (ISSA TB-118)
- Ensayo de tiempo de mezcla (ISSA TB-102)
- Ensayo de cohesión (ISSA TB-139)
- Ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB-100)
- Ensayo de rueda cargada (ISSA TB-109)

4.8.3. Ensayo de granulometría

Con este ensayo se determina la distribución del tamaño de partículas de los agregados gruesos y finos por medio del tamizado.

El diseño de SLURRY Y MICRO –PAVIMENTO, nos permite conocer dentro de qué tipo de tratamiento se encuentra según su gradación.

Tabla 7 Especificaciones para la curva granulométrica para el diseño del micro pavimento

SIZE	Type I percent passing	TYPE II	TYPE III	STOCKPILE
		PERCENT PASSING	PERCENT PASSING	TOLERANCE
¾ (9.5 mm)	100	100	100	
#4 (4.75mm)	100	90-100	70-90	± 5%
#8 (2.36 mm)	90-100	65-90	45-70	± 5%
#16 (1.18 mm)	65-90	45-70	28-50	± 5%
#30 (0.600mm)	40-65	30-50	19-34	± 5%
#50 (0.300mm)	25-42	18-30	dic-25	± 4%
#100 (0.150mm)	15-30	oct-21	jul-18	± 3%
#200 (0.074mm)	oct-20	may-15	may-15	± 2%

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

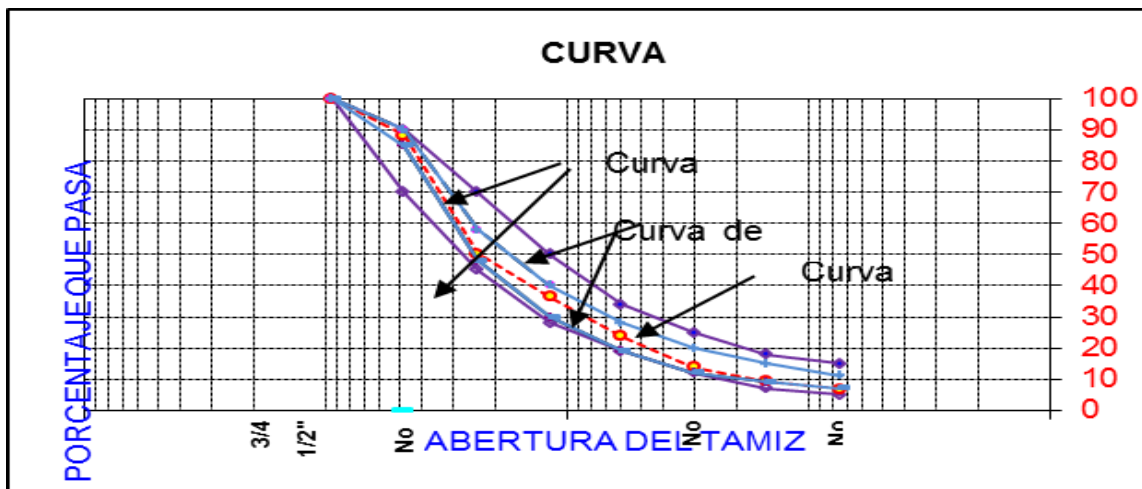
Tabla 8 Especificaciones para la curva granulométrica para el diseño del micro pavimento

TAMÍZ		Peso retenido acumulado	% Retenido	% Que pasa	ESPECIFICACIÓN	
No	mm				Lim. Infer.	Lim. Sup.
3"	76,20					
2 1/2"	63,50					
2"	50,80					
1 1/2"	38,10					
1"	25,40			100		
¾"	19,10		0	100		
½"	19,10		0	100		
¾"	9,50	0	0	100	100	100
No4	4,76	180	12	88	70	90
PASA EL No4						
No8	2,360	762	50	50	45	70
No16	1,180	973	63	37	28	50
No30	0,600	1169	76	24	19	34
No50	0,300	1322	86	14	12	25
No100	0,150	1393	91	9	7	18
No200	0,074	1428	93	7	5	15
PASA EL No200		106	7			
TOTAL MUESTRA		1534,02				

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 9 Curva ensayo granulométrica línea de color rojo entre cortada.



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Jorge Bueno e Irving Pilay (2019)

4.8.4. Ensayo de equivalente de arena

Este ensayo permite determinar el contenido de finos de características plásticas, deletéreos o arcilla en los materiales pétreos a utilizar en la mezcla, mismos que son pasante del tamiz # 4, esta prueba es fácil de ejecutar y sirve para determinar los cambios en la calidad del agregado.

Tabla 10 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento

LÍMITES PERMITIDOS	
SLURRY SEAL	MICRO – PAVIMENTO
45 % mínimo	65 % mínimo

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 11 Ensayo de equivalente de arena

EQUIVALENTE DE ARENA				
	NUMERO DE LA PROBETA	ENSAYO No.1	ENSAYO No.2	PROMEDIO
K	CONSTANTE DEL APARATO	10,0	10,0	10
d1	DISTANCIA DEL NIVEL SUPERIOR DE LA SUSPENSIÓN ARCILLOSA DEL TRAZO SUPERIOR DE LA PROBETA	10,2	10,2	10,2
d2	DISTANCIA ENTRE LA BASE DEL PESO Y EL TOPE SUPERIOR DEL PISTON ()	6,7	6,8	6,8
h1=15"-d1	DISTANCIA DE LA BASE DE LA PROBETA AL NIVEL SUPERIOR DE LA SUSPENSIÓN ARCILLOSA ()	4,8	4,8	4,8
h2=d2-K	DISTANCIA DE LA BASE DE LA PROBETA AL NIVEL SUPERIOR DE LA ARENA ()	3,3	3,2	3,3
EA=h2/h1x100	EQUIVALENTE DE ARENA (%)	68,8	66,7	
	MEDIA DEL EQUIVALENTE DE ARENA (%)			67,708

Nota: El resultado del ensayo de equivalente de arena 67,708 está dentro del límite permitido

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 12 Ensayo de equivalente de arena

EQUIVALENTE DE ARENA				
	NUMERO DE LA PROBETA	ENSAYO No.3	ENSAYO No.4	PROMEDIO
K	CONSTANTE DEL APARATO	10,0	10,0	10
d1	DISTANCIA DEL NIVEL SUPERIOR DE LA SUSPENSIÓN ARCILLOSA DEL TRAZO SUPERIOR DE LA PROBETA	10,3	10,4	10,4
d2	DISTANCIA ENTRE LA BASE DEL PESO Y EL TOPE SUPERIOR DEL PISTON ()	6,8	6,9	6,9
h1=15"-d1	DISTANCIA DE LA BASE DE LA PROBETA AL NIVEL SUPERIOR DE LA SUSPENSIÓN ARCILLOSA ()	4,7	4,6	4,7
h2=d2-K	DISTANCIA DE LA BASE DE LA PROBETA AL NIVEL SUPERIOR DE LA ARENA ()	3,2	3,1	3,2
EA=h2/h1x100	EQUIVALENTE DE ARENA (%)	68,1	67,4	
	MEDIA DEL EQUIVALENTE DE ARENA (%)			67,738

Nota: El resultado del ensayo de equivalente de arena 67,738 está dentro del límite permitido

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

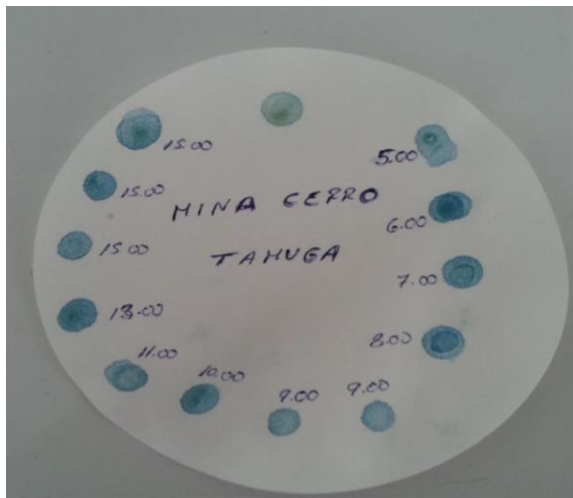
4.8.5. Ensayo de azul de metileno

Este ensayo se ejecuta con el fin de identificar la presencia de arcillas del grupo esmécticas, materia orgánica o hidróxidos de hierro en el agregado utilizado en el mortero asfáltico, indicando su reactividad (valor de azul de Metileno), mismo que indica el impacto de los agregados finos sobre el rendimiento o performance del mortero asfáltico.

Tabla 13 Límites permitidos para la Absorción de Azul de metileno

Valor de Azul de Metileno (mg/g)	Desempeño anticipado
≤ 6	Excelente
7-12	Marginalmente aceptable
13-19	Problemas/Posible falla
≥ 20	Fallado

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)



Nota: El resultado del ensayo de azul metileno 9.0 mg/g está dentro del límite permitido.

Figura 50 Ensayo de azul de metileno

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8.6. Ensayo de desgaste por abrasión (máquina de los ángeles)

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia a la abrasión de los materiales pétreos utilizados en las mezclas asfálticas. Mismo que consiste en colocar la muestra del material con características granulométricas específicas dentro de un cilindro giratorio, en donde es sometida al impacto de esferas metálicas durante un tiempo determinado.

Tabla 14 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento

Límites esperados	
Slurry Seal	Micro – pavimento
35 % max	30 % max

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 15 Resultado del Ensayo de abrasión

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO DE ABRASIÓN

=====

PROYEC: _____

CALIFICACION _____

LOCALZ.: _____

FECHA: 10-05-2019 OPERADOR: _____

USO: _____

MUESTRA : _____

PROFUND.: _____

=====

1.- ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES

TIPO	MASA IN. gr	MASA FINAL gr	% ABRASION
"C"	5.000,00	3.906,00	21,88%

ESPECIF.: < 30

=====

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 16 Característica de la mezcla agregado - emulsión

5.- CARACTERÍSTICA DE LA MEZCLA AGREGADO – EMULSIÓN		
Ensayo	SLURRY SEAL	<i>micro – pavimento</i>
Porcentaje Teórico de Emulsión	De acuerdo al área superficial del agregado	<i>De acuerdo al área superficial del agregado</i>
Tiempo de mezcla	Hasta 180 segundos	<i>Hasta 120 segundos</i>
Cohesión	30 minutos -12kg- cm	<i>30 minutos -12kg- cm min.</i>
	60 minutos – 20kg - cm	<i>30 minutos -12kg- cm min.</i>
Abrasión en Húmedo	807 g/ m ² máx.	<i>358 g/ m² máx.</i>
Rueda de cargada	538 g/ m ² máx.	<i>538 g/ m² máx.</i>

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8.7. Porcentaje teórico de emulsión ISSA TB -118

Mediante este ensayo se inicia el diseño de mortero asfáltico (slurry – micro – pavimento), el porcentaje teórico de emulsión se determina en función de la granulometría del agregado, específicamente del área superficial que presente el material, cuanto mayor sea el área superficial, mayor será la cantidad de emulsión asfáltica necesaria, recuerden que, si existe más fino, más asfalto será necesario.

EXPLICACIÓN DE FÓRMULA:

$$\%L= S.T.A.* t * (0,02047)*(D.B.)= \qquad \% E= (\%L*100)/\%A.R.=$$

% L= Contenido de Asfalto Residual sobre el peso del agregado

S.T.A.= Superficie Teórica del Agregado

t = Espesor de la película del mortero asfáltico

0,02047= Coeficiente de conversión de unidades

D.B.= Peso específico del Asfalto

% E= Porcentaje Teórico de Emulsión a aplicar en el Mortero Asfáltico

A.R.= Porcentaje de asfalto residual de la emulsión.

DATOS:

Espesor promedio capa de Mortero Asfáltico= 4.5 mm

Peso Específico del Asfalto = 1.02 gr/cm³

Porcentaje de asfalto residual de la Emulsión= 62.10 %

Coefficiente de Conversión de Unidades 0.02047

RESULTADO :

$\%L = S.T.A. * t * (0,02047) * (D.B.) = 8.54 \%$ $\% E = (\%L * 100) / \%A.R. = 13.75 \%$ de emulsión

4.8.8. Ensayo de tiempo de mezclado ISSA TB -102

El ensayo sirve para establecer la compatibilidad del agregado con la emulsión y determinar el tiempo durante el cual el mortero asfáltico es manejable o trabajable. Este tiempo debe oscilar entre 50 y 180 segundos, dependiendo del agregado, tipo de emulsión, agua y relleno mineral utilizados, también permite evaluar la cantidad de agua necesaria, lo que se recomienda que la misma debe ser mínima, para que el mortero sea trabajable.

Tabla 17 Resultado del Ensayo de tiempo de mezclado

agregado	filler	Aditivo	AGUA	EMULSIÓN	TIEMP.MEZ CLA	OBSERVACIONES
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(SEG.)	
100	-----	-----	7	13.5	80	La mezcla no es trabajable al inicio
100	-----	-----	8	13.5	100	La mezcla no es trabajable al inicio
100	-----	-----	9	13.5	> 120	La mezcla no es trabajable al inicio
100	-----	-----	10	13.5	> 120	La mezcla no es trabajable al inicio
100	0.5	-----	10	13.5	> 120	La mezcla no es trabajable al inicio
100	-----	-----	11	13.5	> 120	La mezcla es trabajable (mezcla homogénea)
100	0.5	-----	11	13.5	> 120	La mezcla es trabajable (mezcla homogénea)
100	1	-----	11	13.5	> 120	La mezcla es poco trabajable al inicio

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8.9. Ensayo de cohesión (ISSA TB-139)

El objetivo de este ensayo es determinar el tiempo necesario para la rotura y curado de los morteros asfálticos.

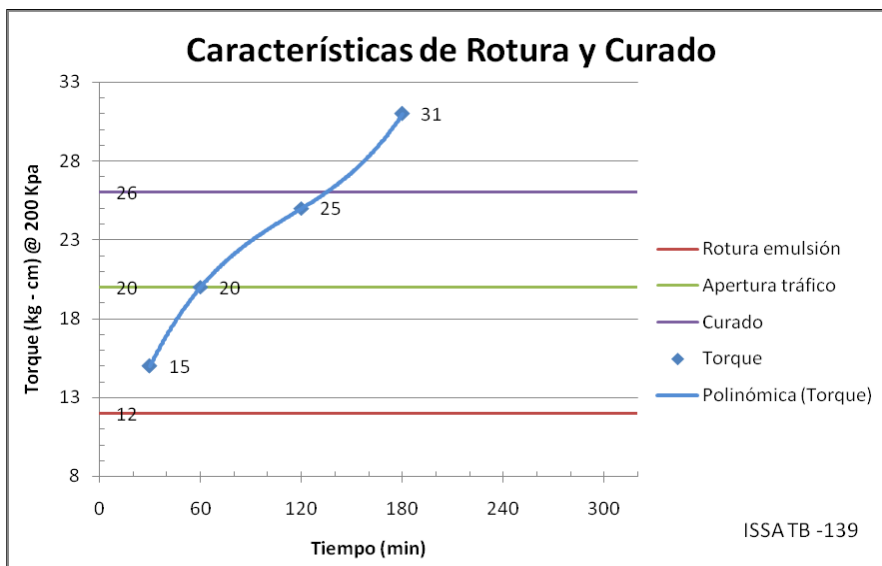
La prueba consiste en realizar un movimiento lateral de 90° a 120 ° después de 5 a 7 segundos después que la muestra ha sido compactada por el pie de neopreno del cohesiómetro a 200 kPa. Luego se registra la lectura de la torsión obtenida junto con el tiempo transcurrido.

Tabla 18 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento

Slurry Seal	Micro- pavimento
30 minutos -12 kg - cm	30 minutos – 12 kg – cm (min)
60 minutos – 20 kg -cm	60 minutos -20 kg – cm (min)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

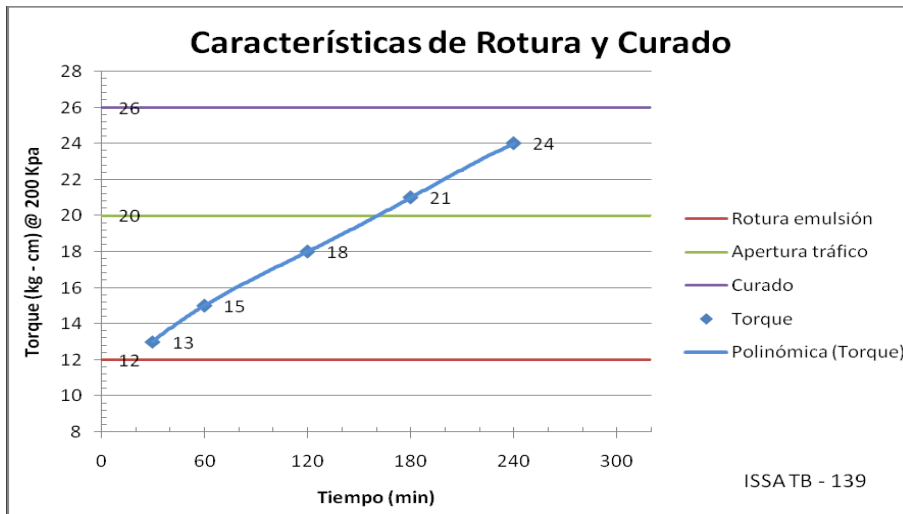
Tabla 19 Temperatura Ambiente (Con luz Solar)



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 20 Temperatura Ambiente (Bajo sombra)



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 51 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139)

Fuente: Observación en sitio por los autores Jorge Ricardo Bueno Andrade, Irving Guillermo Pilay Baque (Guayaquil, 2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 52 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 53 Ensayo de cohesión (ISSA TB -139)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8.10. Ensayo de abrasión en húmedo WTA (ISSA TB-100)

Con este ensayo determinas el contenido de emulsión mínima permisible, se lo constituye por medio del desgaste que se presenta en los moldes después de ser sometidos a la prueba.

El ensayo simula el tránsito sobre el mortero asfáltico después de curado, sometido a condiciones de exceso de agua (inmersión).

Tabla 21 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento.

LÍMITES MÁXIMOS ESPERADOS	
Slurry Seal	Micro- pavimento
807 g/m máximo	538 g/m ² máximo

Elaborado por: Jorge Bueno e Irving Pilay (2019)

Tabla 22 Resultado Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT

							ISSA A-145
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ Abrasión	factor	Perdida Abrasión	Limite Max.
6.2	10	994.4	979.77	14.63	32.9	481.33	538.000 gr/m ²
7.44	12	846.98	837.81	9.17	32.9	301.69	538.000 gr/m ²
8.68	14	928.01	922.78	5.23	32.9	172.07	538.000 gr/m ²

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Jorge Bueno e Irving Pilay (2019)

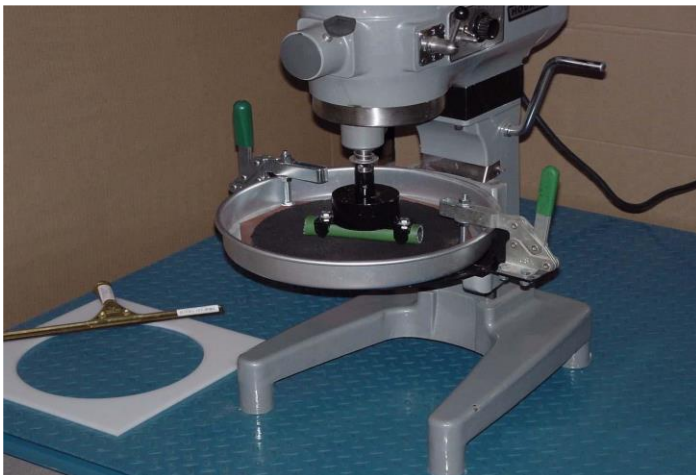


Figura 54 Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT (ISSA TB-100)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

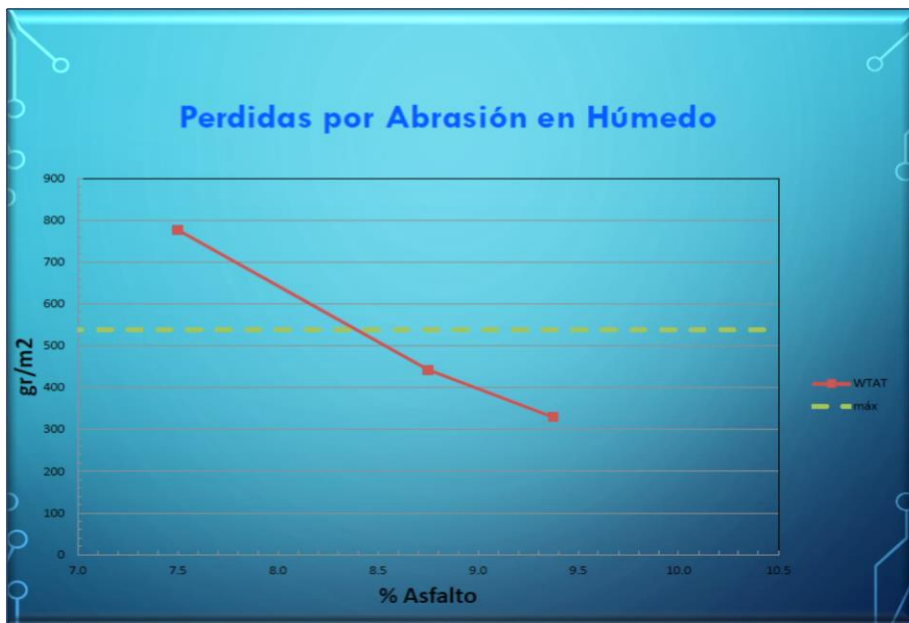


Figura 55 Ensayo de Abrasión en Húmedo – 1 hora WTAT (ISSA TB-100)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 23 Perdida por abrasión en húmedo



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.8.11. Ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109)

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de emulsión máximo permisible o, el exceso de asfalto de una mezcla bituminosa, se lo establece por medio de un dispositivo con una rueda cargada y cantidad de arena de Ottawa adherida en la superficie asfáltica, después de ser sometidos al ensayo. Este ensayo está diseñado para compactar mezclas bituminosas de agregados finos como el Mortero asfáltico por medio de una rueda recíproca de caucho cargada, la prueba se utiliza para establecer el límite de contenido máximo de asfalto para evitar el sangrado de asfalto en condiciones de tráfico severo y pesado.

Tabla 24 Comparación de Límites permitidos entre Slurry seal - micro pavimento.

Límites máximos permitidos	
Slurry Seal	Micro- pavimento
538 g/m ²	538 g/m ²

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 25 Resultado ensayo de rueda cargada y adhesión de arena

							ISSA A-145
% Asfalto	% Emulsión	P. Inicial	P. Final	Δ R.C.	Area del Molde	Adhesión Arena	Límite Max.
7.44	12	876.04	878.22	2.18	0.01253 m ²	173.982 gr/m ²	538.000 gr/m ²
8.68	14	874.56	878.14	3.58	0.01253 m ²	285.714 gr/m ²	538.000 gr/m ²
16	16	856.44	863.15	6.71	0.01253 m ²	535.515 gr/m ²	538.000 gr/m ²

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)



Figura 56 Ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

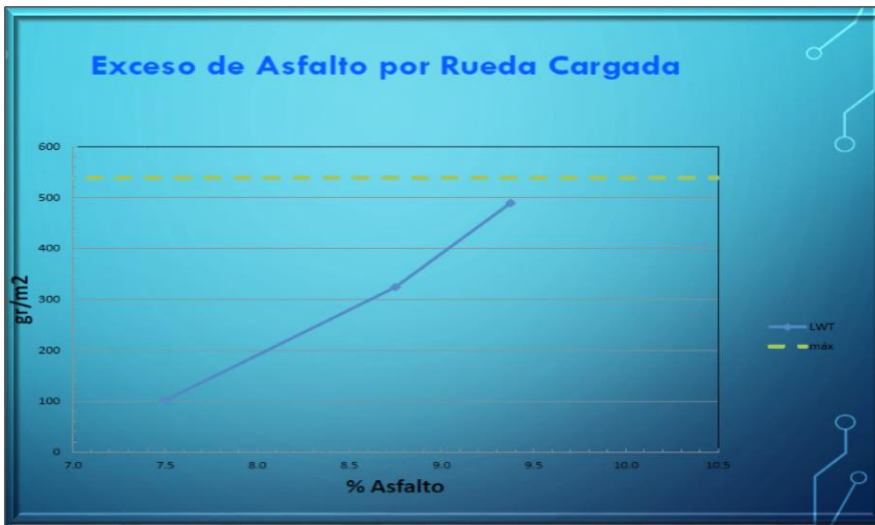


Figura 57 ensayo de rueda cargada y adhesión de arena (ISSA-TB-109)

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

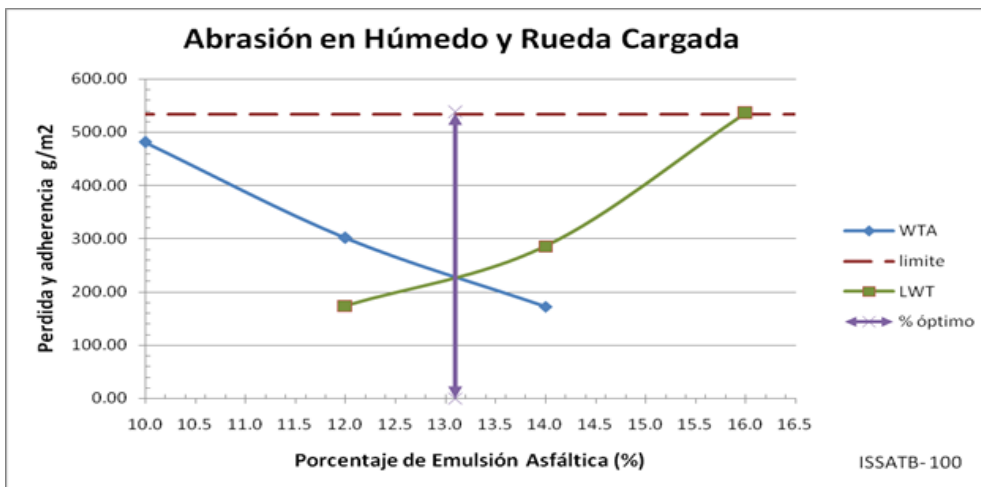
Tabla 26 Exceso de asfalto por rueda cargada



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

Tabla 27 Gráfico con parámetros en abrasión en húmedo y rueda cargada



Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno e Pilay (2019)

Tabla 28 Resultados obtenidos con probetas o moldes que se curaron a temperatura ambiente expuestos a la luz solar

Fórmula de trabajo para Mortero Asfáltico Tipo III	Mezcla N° 1
Agregado Mina La Roca	100%
Cemento Portland Tipo I. Uso General.	1%
Cal	0%
Sol. Al ₂ (SO ₄) ₃	0%
Solución Jabonosa	0%
Agua Potable	12%
CQS-1H-P (62% Asfalto Residual + 3% de Polímeros)	14%
Resultados de pruebas de desempeño (*)	
Tiempo de mezcla @ 20 °C (seg)	> 180 seg
Cohesión 30 min (kg-cm)	1500%
Cohesión 60 min (kg-cm)	2200%
Cohesión 120 min (kg-cm)	2600%
Cohesión 180 min (kg-cm)	3200%
Abrasión en húmedo (saturación - 1 hora)	214 g/m²
Abrasión en húmedo (saturación – 6 días)	413 g/m²
Rueda Cargada (adherencia de arena)	231 g/m²

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2020)

Estos resultados fueron obtenidos con las probetas o moldes que se curaron a temperatura ambiente expuestos a la luz solar.

4.9. Resumen de los ensayos de la granulometría

Para realizar el diseño de micro – pavimento, se utilizó agregado pétreo de la Mina La Roca ubicada en el km 18 de la vía a Daule, provincia del Guayas, para realizar la mezcla se utilizó como ligante emulsión asfáltica catiónica de ruptura controlada, con polímeros elastomérico Tipo CQS-1H-P.

La metodología aplicada para este diseño esta referenciada en la especificación de la ISSA (International Slurry Surfacing Association). Los resultados obtenidos han sido comparados con las especificaciones dadas por el MOP-001-F-2002 (Sección 405-7.1) e ISSA A-143 (2010).

Ligante asfáltico de la emulsión utilizada para la fabricación del Micro-pavimento es de tipo catiónica de ruptura controlada modificada con polímero (CQS-1H-P)

4.10. Presupuesto y costo

4.10.1. Alcance y limitaciones de resultados esperados

Cuando se trata únicamente de determinar si el costo total de una obra guarda la debida relación con los beneficios que de ella se espera obtener, y si las condiciones son apropiadas para su ejecución, es suficiente hacer un presupuesto aproximado, tomando como base cantidades aproximadas de los rubros, con sus unidades adecuadas y precios unitarios que no estén muy detallados.

Es de entender que un presupuesto de construcción por ser elaborado antes que los hechos reales ocurran, tiene un alto grado de aproximación que puede ser del 10 al 15%, causado por los siguientes aspectos:

- Los precios básicos de los materiales que sirven de base para los cálculos son precios variables, a veces con poca vigencia, muchas veces las proyecciones de alzas futuras que pueden tener son simplemente aproximadas, pues pueden variar de acuerdo con la ley de la oferta y la demanda.
- Los costos de la mano de obra, no solo dependen de la oferta y la demanda, sino que además se relacionan de alguna manera con otros factores como la habilidad de los operarios disponibles, la ubicación del proyecto, el clima y los imprevistos que también influyen en los rendimientos de una obra.
- El uso de maquinaria, costo por transporte, más los componentes de indirectos y utilidades que son aspectos muy importantes en el aspecto del presupuesto de las obras de ingeniería.
- La modalidad y técnicas de construir, su proceso o sistemas administrativos y de dirección, que deben influir igualmente en los costos finales.

Los costos del micro pavimento varían dependiendo de muchos factores incluyendo localización, disponibilidad de buenos materiales, contratista, cantidades de aplicación, mantenimiento del tráfico y otros elementos de licitación.

Actualmente se usan varios métodos para medir y pagar los Micro pavimentos. Los métodos de medición incluyen:

- Medida de la cantidad de agregados y emulsión asfáltica modificada con polímeros.
- Medida de la cantidad de los componentes de la mezcla.
- Medida del área superficial.

4.10.2. Presupuesto estimativo referencial del micro pavimento tipo III

Tabla 29 Presupuesto estimativo referencial del micro pavimento TIPO III

PRESUPUESTO ESTIMATIVO REFERENCIAL					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unit.	Total
1	Capa de sellado en frío con micropavimento (Tipo III)	m2	7.503.00	\$ 3.80	\$ 28.511.40
TOTAL					\$ 28.511.40

Fuente: Ensayo de laboratorio (2019)

Elaborado por: Bueno & Pilay (2019)

4.11. Conclusiones y recomendaciones

4.11.1. Conclusiones

- El material de mina La Roca pasante de la malla 5/16", cumple con la faja granulométrica para Micro-pavimento TIPO III.
- De los datos obtenidos del ensayo de equivalente 67.7% promedio, se concluye que el agregado cumple con lo especificado para Micro-pavimento, que de acuerdo con las recomendaciones de la ISSA debe ser mínimo 65%. Además, cumple con lo especificado por el MOP-001-F-2002 (Sección 405-7.1), donde se recomienda como mínimo 45%.
- Del ensayo de Azul de Metileno se obtuvo un valor de 9.0 mg/g, considerándose como un agregado poco reactivo, lo cual es bastante favorable, ya que lo recomendable es que sea menor a 8 mg/g.
- El Índice de Plasticidad de material es nulo, por lo tanto, es un material sin plasticidad (NP)
- El Porcentaje Teórico de Emulsión de acuerdo al área superficial del material y a la película de asfalto que rodea al agregado es Igual a 13.7% de emulsión asfáltica.
- El Porcentaje Recomendado de emulsión se encuentra entre el 13,2% y 14,2%, pero el Porcentaje Óptimo de emulsión es 13.7%, éste último dato se obtiene mediante los ensayos de Abrasión en Húmedo y Rueda Cargada.
- El tiempo de rotura de la mezcla es de 10 minutos y se obtiene cohesión necesaria para la apertura al tráfico en cada una de las mezclas a partir de los 60 minutos de fabricada. En campo se deberá verificar de acuerdo a las condiciones ambientales y meteorológicas.
- Se debe tomar en cuenta, que colocar un mortero asfáltico durante la noche o en climas no favorables (alta humedad, baja temperatura y ausencia de viento), con el presente diseño la ruptura de la mezcla, como la cohesión necesaria para la apertura al tráfico, puede prolongarse de manera importante, como se demuestra en los gráficos del Ensayo de Cohesión.
- El impacto socio económico es el beneficio que va tener la población al transitar por las vías mejoradas.
- El trabajo en estudio para continuar se presenta como línea base con eficiencia o mejora continua

4.11.2. Recomendaciones

- El presente diseño ha sido realizado con agregados proporcionados por el cliente, asumiendo que el muestreo y transporte del mismo ha sido realizado acorde con los procedimientos normados para este tipo de trabajos.
- Los resultados y formula de trabajo presentados en este reporte, han sido obtenidos en condiciones controladas de laboratorio, debiendo ratificarse o rectificarse los resultados en condiciones reales de trabajo en campo.
- En caso de existir variaciones en las características del material se deberá rediseñar la mezcla.
- Los agregados deberán estar protegidos de la humedad, agregados con exceso de humedad afectan el comportamiento de la mezcla.
- El agua a ser utilizada en el diseño, deberá estar pura y limpia, libre de cualquier tipo de contaminación orgánica o química.
- No se deben realizar trabajos en caso de humedad excesiva o posibilidad de lluvias. La humedad ambiental afecta notablemente las características de la mezcla, por lo que, se deberá llevar en campo un registro detallado de la variación de las condiciones ambientales que permitan mantener un historial en caso de requerirse alguna modificación al diseño.
- Los porcentajes que se indican para la mezcla están en función al peso seco del agregado; factor que se deberá tomar muy en cuenta en la ejecución de la obra.

4.12. Referencias bibliográficas.

Consortio Intervías, Contrato No 388 2011, resumen informe de interventoría n° 01. Interventoría técnica, administrativa y financiera de la construcción, reconstrucción y mantenimiento de las vías rurales del municipio de chía.

Contrato de interventoría técnica administrativa y financiera para la construcción, reconstrucción y mantenimiento de las vías rurales del municipio de chía. Contrato de obra. No 2011-ct-384.

Dr. AGNUSDEI, Jorge (LEMIT). T. IOSCO, Omar (LEMIT), Ing. JAIR, Mario (SHELL BITUMEN). Aplicación Nuevas Tecnologías para el mantenimiento vial. Calle 52 e 121/122, La Plata (1900), Bs. As.

<http://slurry.com/index.php/paving-services/slurry-seal>

INDECO ASOCIADOS SAS MANTENIMIENTO

Instituto chileno del asfalto. Boletín técnico No 1. Lechadas asfálticas y micro pavimentos “aclarando conceptos”.

Instituto Nacional de Vías, INVIAS. Artículo 433 - 07 lechada asfáltica.

INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION ISSA, LINEAMIENTOS RECOMENDADOS PARA ASFALTO EMULSIFICADO SLURRY SEAL A105 (revisada) MAR. 1998 1200 19th Street, N.W., Suite 300, Washington, D.C. 20036- 240

ISSA (International Slurry Surfacing Association). krissoff@slurry.org. Annapolis, MD 21401 tel +1 410 267-0023, Fax +1 410 267-7546.

J.López, A.López Romero. Asfaltos de Centroamérica S.A. Design powered by Webpress & Perspectiva Comunicaciones

Ministerio de transportes y comunicaciones. Viceministerio de transportes.x Provias nacional. Soluciones básicas y recuperación de carreteras convencionales. Intervención de carretera Patahuasi – Yauri – Sicuani tramo Yauri – san Genaro (11.36 km). Perú.

Pedro Martínez Vázquez, contacto@altea.mx . o. 871 Col. Los Eucaliptos Tels. 462.624.28.77 / 625.25.24 Irapuato, Gto.

San José, Costa Rica marzo. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA). Proyecto: LM-PI-UMP-01-12. Manual de Diseño de Mezcla

de Laboratorio Para Los Sellos de Lechada Asfáltica, “slurry seals” en Costa Rica. Preparado por la Unidad de Materiales y Pavimentos.

ANEXOS 1 Costos y análisis precio unitario Capa de sellado en frío con micro pavimento (Tipo III)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

HOJA:

NOMBRE DEL PROPONENTE:

OBRA:

RUBRO:

405-7(1)

UNIDAD: m2

DETALLE:

Capa de sellado en frío con micropavimento (Tipo III)

EQUIPOS						PESO RELATIVO (%)	
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores (5% Mano de Obra)					0.011	0.336%	
Camión con caldero -	0.30	31.500	9.450	0.005	0.047	1.494%	
Escoba Mecanica	1.00	31.500	31.500	0.005	0.158	4.979%	
Pavimentadora ó Esparcidor de micropavimenter	1.00	118.000	118.000	0.005	0.590	18.651%	
Sistema de mallas para tamizado	1.00	8.000	8.000	0.005	0.040	1.264%	
Cargadora Frontal 120 HP	0.40	35.000	14.000	0.005	0.070	2.213%	
		-	-	-	-	0.000%	
SUBTOTAL M					0.915	28.937%	
MANO DE OBRA						PESO RELATIVO (%)	
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Chofer: Volquetas (Estr. Oc. C1)	0.30	5.140	1.542	0.005	0.008	0.244%	
Operador de Equipo Liviano	2.00	3.550	7.100	0.005	0.036	1.122%	
Operador de Camion mezclador para micropava	1.00	3.930	3.930	0.005	0.020	0.621%	
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u o	0.40	3.930	1.572	0.005	0.008	0.248%	
Peon	6.00	3.550	21.300	0.005	0.107	3.367%	
Ayudante	2.00	3.550	7.100	0.005	0.036	1.122%	
	-	-	-	-	-	0.000%	
SUBTOTAL N					0.213	6.725%	
MATERIALES						PESO RELATIVO (%)	
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO			
Agregados Finos Tamiz 3/8" - # (4-8-200)	m3	0.012	16.000	0.192		6.070%	
Emulsion asfáltica de Ruptura Controlada + Polimeros 3%	lt	2.650	0.580	1.537		48.588%	
Aditivo controlador de Ruptura	lt	0.200	0.450	0.090		2.845%	
Cemento Fuerte Tipo GU (en Obra)	kg	0.200	0.170	0.034		1.075%	
Agua	m ³	0.030	2.100	0.063		1.992%	
	-	#N/A	#N/A	-		0.000%	
	-	#N/A	-	-		0.000%	
	-	#N/A	-	-		0.000%	
	-	#N/A	-	-		0.000%	
SUBTOTAL O					1.916	60.569%	
TRANSPORTE						PESO RELATIVO (%)	
DESCRIPCION	Distancia	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
transporte de emulsión	15.000	m3-ton/km	2.650	0.003	0.119	3.770%	
	-	-	-	-	-	0.000%	
	-	-	-	-	-	0.000%	
SUBTOTAL P					0.119	3.770%	
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					3.163	100.000%	
INDIRECTOS Y UTILIDAD %					20.00%		0.633
OTROS INDIRECTOS %					0.00%		-
COSTO TOTAL DEL RUBRO					3.796		
VALOR OFERTADO					3.80		

ANEXOS 2 Listado de precios por hora de equipos

No.	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA
0		-
1	Tractor de Orugas D8R	84.00
2	Motosierra	3.15
3	Grúa	73.50
4	Retroexcavadora	31.50
5	Volqueta	31.50
6	Minicargadora (bobcat)	26.25
7	Excavadora de Oruga	84.00
8	Tractor 165 HP	52.50
9	Rodillo Liso Vibratorio	52.50
10	Motoniveladora	63.00
11	Planta Trituradora Primaria	126.00
12	Cargadora Frontal CAT 926E	52.50
13	Planta de Asfalto	126.00
14	Terminadora de Asfalto (Finisher)	84.00
15	Rodillo Neumatico	52.50
16	Camión Distribuidor de Asfalto	52.50
17	Escoba Mecanica	31.50
18	Concretera de 1 Saco	5.25
19	Vibrador de Manguera	4.20
20	Cortadora	5.25
21	Compactador Pequeño Manual	3.15
22	Equipo de Pintura de Pavimento	26.25
23	Camión con caldero	31.50
24	Compresor	21.00
25	Camioneta	10.50
26	Equipo de Proyeccion	5.25
27	Camion Cisterna	26.25
28	Soldadura	3.15
29	Sonometro Digital	31.50
30	Medidor para el monitoreo de calidad aire	63.00
31	Fresadora	95.00
32	Equipo de protección (Ropa,zapatos,chalecos ...)	-
33	Maquina Pavimentadora de Mortero Asfaltico	90.00

ANEXOS 3 Costos y análisis del Bacheo asfáltico Mayor

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DETALLE:		Bacheo asfáltico Mayor			UNIDAD: M3	
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	PESO RELATIVO (%)
Herramientas menores (5% Mano de Obra)					0.650	0.516%
Cortadora	1.00	5.250	5.250	0.265	1.391	1.103%
Minicargadora (Bobcat)	1.00	26.250	26.250	0.265	6.956	5.517%
Retroexcavadora	0.50	31.500	15.750	0.265	4.174	3.310%
Rodillo Liso Vibratorio	0.20	52.500	10.500	0.265	2.782	2.207%
		-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL M					15.954	12.654%
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	PESO RELATIVO (%)
Operador de Equipo Liviano	1.00	3.550	3.550	0.265	0.941	0.746%
Operador minicargadora	1.00	3.750	3.750	0.265	0.994	0.788%
Retroexcavadora	0.50	3.930	1.965	0.265	0.521	0.413%
Rodillo autopropulsado	0.20	3.750	0.750	0.265	0.199	0.158%
Peón	10.00	3.550	35.500	0.265	9.407	7.461%
Ayudante de Operador de Equipo	1.00	3.550	3.550	0.265	0.941	0.746%
	-	-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL N					13.002	10.313%
MATERIALES						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO	PESO RELATIVO (%)	
Asfálto AC-20	lt	156.000	0.290	45.240	35.882%	
Diesel II	lt	30.000	0.320	9.600	7.614%	
Material de Piedra Triturado	m³	1.400	13.440	18.816	14.924%	
Arena para Hormigón	m³	0.180	13.440	2.419	1.919%	
Aceite T., Aditivo, Gas, otros	glo.	1.500	5.250	7.875	6.246%	
Disco de corte	u	0.025	350.000	8.750	6.940%	
	-	-	-	-	0.000%	
	-	-	-	-	0.000%	
	-	-	-	-	0.000%	
SUBTOTAL O					92.700	73.525%
TRANSPORTE						
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	PESO RELATIVO (%)	
Transporte de material pétreo	m³ / km	15.800	0.280	4.424	3.509%	
	-	-	-	-	0.000%	
	-	-	-	-	0.000%	
SUBTOTAL P					4.424	3.509%
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					126.080	
INDIRECTOS Y UTILIDAD %					20.00%	25.216
OTROS INDIRECTOS %					0.00%	-
COSTO TOTAL DEL RUBRO					151.296	100.000%
VALOR OFERTADO					151.30	

ANEXOS 4 Costos y análisis Base clase

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DETALLE:		Base		UNIDAD: m ³			
EQUIPOS							PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Herramientas menores (5% Mano de Obra)					0.065		0.461%
Excavadora de Oruga	1.00	84.000	84.000	0.031	2.617		18.458%
Rodillo Liso Vibratorio	1.00	52.500	52.500	0.031	1.635		11.536%
Motoniveladora	1.00	63.000	63.000	0.031	1.963		13.843%
Planta Trituradora Primaria	1.00	126.000	126.000	0.031	3.925		27.687%
Cargadora Frontal CAT 926E	1.00	52.500	52.500	0.031	1.635		11.536%
Camión Cisterna	1.00	26.250	26.250	0.031	0.818		5.768%
SUBTOTAL M					12.659		83.522%
MANO DE OBRA							PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
Peón	5.00	3.550	17.750	0.031	0.553		3.900%
Motoniveladora	1.00	3.930	3.930	0.031	0.122		0.864%
Rodillo autopropulsado	1.00	3.750	3.750	0.031	0.117		0.824%
Excavadora	1.00	3.930	3.930	0.031	0.122		0.864%
Operador responsable de la planta trituradora	1.00	3.750	3.750	0.031	0.117		0.824%
Camion de carga frontal	1.00	3.750	3.750	0.031	0.117		0.824%
Chofer: Volquetas (Estr. Oc. C1)	1.00	5.140	5.140	0.031	0.160		1.129%
SUBTOTAL N					1.308		9.229%
MATERIALES							PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO			
Agua	m ³	0.100	2.100	0.210			1.481%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
-	-	-	-	-			0.000%
SUBTOTAL O					0.210		1.481%
TRANSPORTE							PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	Distancia	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
-	-	-	-	-	-		0.000%
-	-	-	-	-	-		0.000%
-	-	-	-	-	-		0.000%
SUBTOTAL P					-		0.000%
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					14.177		
INDIRECTOS Y UTILIDAD %					20.00%	2.835	
OTROS INDIRECTOS %					0.00%	-	
COSTO TOTAL DEL RUBRO						17.012	
VALOR OFERTADO						17.01	94.232%

ANEXOS 5 Costos y análisis transporte de base

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DETALLE: Transporte de Material de Base						UNIDAD: m ³ -km
EQUIPOS						PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores (5% Mano de Obra)	1.00	31.500	31.500	0.007	0.002	0.697%
Volqueta		-	-	-	0.216	85.373%
		-	-	-	-	0.000%
		-	-	-	-	0.000%
		-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL M					0.218	86.069%
MANO DE OBRA						PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	1.00	5.140	5.140	0.007	0.035	13.931%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL N					0.035	13.931%
MATERIALES						PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL O					-	0.000%
TRANSPORTE						PESO RELATIVO (%)
DESCRIPCION	Distancia	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
-	-	-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL P					-	0.000%
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)					0.253	100.000%
INDIRECTOS Y UTILIDAD %					20.00%	
OTROS INDIRECTOS %					0.00%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.304	
VALOR OFERTADO					0.30	

ANEXOS 6 Costos y análisis Sellado de fisuras superficiales (Asfalto Polimerizado)

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

DETALLE:		Sellado de fisuras superficial en asfalto				UNIDAD: ml	
EQUIPOS							PESO RELATIVO (%)
	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	Herramientas menores (5% Mano de Obra)					0.008	1.561%
20	Cortadora	0.40	5.250	2.100	0.008	0.017	3.390%
24	Compresor	0.40	21.000	8.400	0.008	0.067	13.558%
31	Equipo de aplicación de sellado de fisura	1.00	8.000	8.000	0.008	0.064	12.913%
25	Camioneta	1.00	10.500	10.500	0.008	0.084	16.948%
			#N/A	#N/A	-		0.000%
SUBTOTAL M						0.240	48.369%
MANO DE OBRA							PESO RELATIVO (%)
	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
1	Peon	1.00	3.550	3.550	0.008	0.028	5.730%
4	Ayudante de Operador de Equipo	2.00	3.550	7.100	0.008	0.057	11.460%
16	Operador de Equipo Liviano	1.00	3.550	3.550	0.008	0.028	5.730%
103	Chofer: Trailer (Estr. Oc. C1)	1.00	5.140	5.140	0.008	0.041	8.296%
	-		-	-	-	-	0.000%
	-		-	-	-	-	0.000%
	-		-	-	-	-	0.000%
SUBTOTAL N						0.155	31.216%
MATERIALES							PESO RELATIVO (%)
	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO		
13	Asfalto AC-20	lt	0.009	0.290	0.003		0.527%
2	Arena para Hormigón	m³	0.005	13.440	0.060		12.202%
	-	-		-	-		0.000%
	-	-		-	-		0.000%
	-	-		-	-		0.000%
	-	-		-	-		0.000%
	-	-		-	-		0.000%
	-	-		-	-		0.000%
SUBTOTAL O						0.063	12.729%
TRANSPORTE							PESO RELATIVO (%)
	DESCRIPCION	Distancia	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
1	Transporte de material petreo	30.000	m³ / km	0.005	0.280	0.038	7.626%
	transporte de asfalto AC-20 (Esmeraldas)	370.000	lts	0.008	0.0001	0.0003	0.060%
	-		-		-	-	0.000%
SUBTOTAL P						0.038	7.686%
TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)						0.496	
INDIRECTOS Y UTILIDAD %						20.00%	0.099
OTROS INDIRECTOS %						0.00%	-
COSTO TOTAL DEL RUBRO						0.595	
VALOR OFERTADO						0.60	100.000%

ANEXOS 7 Listado de precios por hora de equipos

LISTADO DE PRECIOS POR HORA DE EQUIPOS		
No.	DESCRIPCIÓN	COSTO HORA
0		-
1	Tractor de Orugas D8R	84.00
2	Motosierra	3.15
3	Grúa	73.50
4	Retroexcavadora	31.50
5	Volqueta	31.50
6	Minicargadora (bobcat)	26.25
7	Excavadora de Oruga	84.00
8	Tractor 165 HP	52.50
9	Rodillo Liso Vibratorio	52.50
10	Motoniveladora	63.00
11	Planta Trituradora Primaria	126.00
12	Cargadora Frontal CAT 926E	52.50
13	Planta de Asfalto	126.00
14	Terminadora de Asfalto (Finisher)	84.00
15	Rodillo Neumatico	52.50
16	Camión Distribuidor de Asfalto	52.50
17	Escoba Mecanica	31.50
18	Concreteira de 1 Saco	5.25
19	Vibrador de Manguera	4.20
20	Cortadora	5.25
21	Compactador Pequeño Manual	3.15
22	Equipo de Pintura de Pavimento	26.25
23	Camión con caldero	31.50
24	Compresor	21.00
25	Camioneta	10.50
26	Equipo de Proyeccion	5.25
27	Camion Cisterna	26.25
28	Soldadura	3.15
29	Sonometro Digital	31.50
30	Medidor para el monitoreo de calidad aire	63.00
31	Fresadora	95.00
32	Equipo de protección (Ropa,zapatos,chalecos ...)	-
33	Maquina Pavimentadora de Mortero Asfaltico	90.00