

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



TRABAJO DE GRADO:

**“TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL COMO TÉCNICA
DE PRESERVACIÓN EN PAVIMENTO FLEXIBLE”**

PRESENTADO POR:

**CERÓN GÓMEZ, JASMIN LIZETH
MARTÍNEZ DURÁN, SERGIO
MORALES CUÉLLAR, MARJORIE DEL CARMEN**

PARA OPTAR AL GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:

ING. JOEL PANIAGUA TORRES

SEPTIEMBRE DE 2013

SANTA ANA

EL SALVADOR

CENTRO AMÉRICA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

INGENIERO MARIO ROBERTO NIETO LOVO

VICERRECTORA ACADEMICA

MAESTRA ANA MARIA GLOWER DE ALVARADO

SECRETARIA GENERAL

DOCTORA ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FISCAL GENERAL

LICENCIADO FRANCISCO CRUZ LETONA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

LICENCIADO RAUL ERNESTO AZCUNAGA LOPEZ

VICEDECANO

INGENIERO WILLIAM VIRGILIO ZAMORA GIRON

SECRETARIO

LICENCIADO VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFA DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. Ms. SORAYA LISSETTE BARRERA DE GARCIA

DOCENTE DIRECTOR

INGENIERO JOEL PANIAGUA TORRES

SANTA ANA, SEPTIEMBRE, 2013

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. JOEL PANIAGUA TORRES

DOCENTE DIRECTOR

SANTA ANA, SEPTIEMBRE, 2013

TRABAJO DE GRADUACIÓN ASESORADO POR:

ING. CHRISTA MARÍA MATA DE LARA

DOCENTE ASESOR EXTERNO

ING. RAMÓN FRITZ ALVARADO GLOWER

DOCENTE ASESOR EXTERNO

AGRADECIMIENTOS GENERALES

Queremos agradecer principalmente a Dios por ser el máximo guía de nuestro trabajo de grado y a todas las personas que fueron parte para que esta investigación fuera posible.

A la Universidad de El Salvador, por ser nuestra fuente del conocimiento y forjarnos como profesionales.

Al personal del laboratorio de ASFALCA, por el apoyo técnico y la amabilidad con la que siempre nos recibieron.

A Ing. Fritz Alvarado Glower e Ing. Christa de Lara, por ser un apoyo incondicional desde el primer día que llegamos a la empresa buscando asesoría hasta el momento de concluirlo, por estar con nosotros a lo largo de esta investigación ofreciendo sus consejos, orientaciones técnicas, bibliográficas y hacer del mismo un proceso grato e inolvidable.
Muchas gracias!

A Ing. Joel Paniagua Torres, por apoyar al grupo como docente director, compartir su tiempo y brindarnos consejos y recomendaciones que fueron elementales para concluir con éxito nuestro trabajo de grado.

DEDICATORIA

Este trabajo de graduación lo dedico principalmente a Dios todopoderoso, que me dio la fuerza para luchar a lo largo de todos estos años de estudio, la perseverancia y la sabiduría para concluir con éxito este gran paso. Gracias Diosito, por todas las bendiciones que siempre me das.

A mi mejor amiga, Vania Elizabeth Gómez de Cerón. Por ser mi principal apoyo, mi fuerza, la bendición más grande en mi vida, la que ha luchado por mi y por mi familia, la que siempre confió y creyó en mí. Te amo mami y pido a Dios poder darte aunque sea un poquito de todo lo que me has dado, sos la mejor.

A mi papi, Erasmo Cerón Hernández. Porque a pesar de todos los problemas vividos, siempre me apoyó y estuvo a mi lado. Te amo papi y gracias por poner toda tu fuerza de voluntad, mejorando tu vida y la de nuestra familia.

A mis hermanas, Dra. Glenda Patricia Cerón de Menéndez y Licda. María Elizabeth Cerón Gómez. Por darme todo ese cariño, comprensión y apoyo a lo largo de mi angustiante vida universitaria. Son las mejores, las amo mis gordas.

A mi hermanito, José Erasmo Cerón Gómez. Porque a pesar de ser tan tremendo, no imagino mi vida sin sus travesuras. Te amo bichito.

A mi cuñado, Jairo Menéndez. Por apoyarme y desear siempre lo mejor para mí. Gracias, sos súper especial y parte importante en mi familia.

A mi sobrino, Christian Steven Menéndez Cerón. Por darme tantas alegrías, ilusiones, por ser mi inspiración, mi sonrisa, mi más grande amor y hacerme tan feliz al ser correspondida. Te amo pajarito.

A mis amigos y ahora colegas. Tita Solano, Erika Gómez, Rocío Valencia, Edwin Avelar, Elisa Zambrano, José Magaña, Laura Aragón, Rosa Ma. Castaneda, Juan Ramón Orellana. Por compartir mis tristezas y alegrías. Por apoyarme, aceptarme tal cual soy y estar siempre pendiente de mí. Los quiero mucho, gracias por todo, siempre los llevo en mi corazón.

Agradezco al Ing. Néstor Quintana. Por su apoyo, confianza, por creer en mí y por animarme en los peores momentos. Gracias por todo.

A mis compañeros de tesis, Marjo y Serg. Por su confianza y ayuda para culminar con éxito nuestro proyecto de tesis. Fue un gusto compartir esta aventura.

A mi docente director y asesores, por el apoyo brindado durante el trabajo de grado y por todo ese tiempo que invirtieron en nosotros. Gracias, que Dios les bendiga.

Gasmin Lizeth Cerón Gómez

DEDICATORIA

Gracias a Dios por la fortaleza y sabiduría que me ha dado en este camino hacia mi futuro profesional.

A Arely Durán Lorenzana, por ser la mejor madre que pude haber tenido, por ser mi mayor apoyo moral y por incentivar me a ser una persona de bien cada día, a ella por estar en cada uno de los momentos de alegría y tristeza a lo largo de este recorrido.

A mi familia, por haberme brindado su apoyo y ánimo en los momentos difíciles y por estar siempre ahí para cuando los necesite.

A mis Asesores y Docente Director, por la paciencia, dedicación, disposición, consejos y conocimientos compartidos con los que me apoyaron en este proceso de Trabajo de Grado.

A mis compañeras de Tesis, por su esfuerzo y colaboración para poder realizar nuestra meta al culminar nuestro Trabajo de Grado.

A Diana Lissette Morales, por su paciencia, comprensión, apoyo y ánimo que me brindo durante este proceso.

Sergio Martínez Durán.

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO.

Gracias a Dios Padre, a Nuestro Señor Jesucristo y al Espíritu Santo por darme la vida y Bendiciones abundantes, entre ellas este logro, por darme la fortaleza y sabiduría para terminar mis estudios y por tener misericordia de mí.

A LA VIRGENCITA MARIA.

Gracias por ser mi madre celestial e intercesora por excelencia y auxiliarme en todos los momentos de mi vida.

A MI MADRE Y PADRE.

Gracias a mi mami Carmen Isabel Cuéllar y dedicarle este triunfo por darme su amor sincero, su comprensión, sus consejos y que gracias a su gran esfuerzo de todos los días por darme una vida mejor me apoyo incondicionalmente, Gracias Mami! A mi padre José Morales Guerra que a pesar que no está físicamente está conmigo siempre.

A MIS HERMANAS, SOBRINOS Y TIA

Gracias a mis hermanas Nancy y Karina por apoyarme siempre y por tenerme paciencia, a mis sobrinos por darme su cariño, y gracias a mi tía Emilia que me apoyo en lo que pudo.

A UNA PERSONA MUY ESPECIAL

Gracias a Ale por darme su cariño, consejos y apoyo en los últimos años y en todo el periodo que duro este proyecto.

A MIS ASESORES EXTERNOS Y DOCENTE DIRECTOR

Gracias a ellos por su apoyo, compartir sus conocimientos y paciencia durante el tiempo que duro el presente trabajo de grado.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO DE GRADO.

Gracias a Jasmín y Sergio por su amistad, comprensión y paciencia, porque a pesar de todo nos apoyamos mutuamente para poder alcanzar esta meta que teníamos en común.

A MIS AMIGAS.

Gracias a mis amigas que conozco desde bachillerato y a las que conocí a lo largo de la carrera por darme su amistad, su apoyo y consejos.

Marjorie del Carmen Morales Cuéllar

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ENSAYOS	x
RESUMEN EJECUTIVO	xii
CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES.	1
1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	1
1.1.1 Red vial en El Salvador.....	1
1.1.2 Historia de las Emulsiones Asfálticas.	6
1.1.3 Experiencia en la utilización del Cape Seal.	8
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	15
1.3 JUSTIFICACIÓN.	17
1.4 OBJETIVOS.	19
1.4.1 Objetivo General.	19
1.4.2 Objetivos Específicos.....	19
1.5 ALCANCES.	20
1.6 LIMITACIONES.	21
CAPÍTULO II.....	23
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	23
2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	23
2.1.1 Generalidades.....	23
2.1.2 Funciones de las capas de un pavimento flexible.	27
2.1.3 Daños y soluciones actuales en los pavimentos flexibles de El Salvador.....	29
2.1.4 Tratamientos asfálticos de superficie.	32

2.2	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE. (Chip Seal)	35
2.2.1	Definición.	35
2.2.2	Características.	36
2.2.3	Aplicaciones.	36
2.2.4	Ventajas.	38
2.3	LECHADAS ASFÁLTICAS. (Slurry Seal)	38
2.3.1	Definición.	38
2.3.2	Características.	40
2.3.3	Aplicaciones.	41
2.3.4	Componentes.	42
2.3.5	Clasificación.	43
2.3.6	Ventajas de emplear lechadas asfálticas.	45
2.4	CAPE SEAL.	46
2.4.1	Definición del cape seal.	46
2.4.2	Características del cape seal.	47
2.4.3	Componentes del cape seal.	48
2.4.4	Diseño del cape seal.	51
CAPÍTULO III		53
3.	MATERIALES	53
3.1.	EMULSIONES ASFÁLTICAS	53
3.1.1.	Composición de las emulsiones asfálticas	53
3.1.2.	Clasificación de las emulsiones asfálticas	61
3.1.3.	Cualidades de las emulsiones asfálticas	64
3.1.4.	Proceso para elaboración de emulsiones asfálticas.	66
3.2.	AGREGADOS	69
3.2.1.	Definición de agregados pétreos.	69
3.2.2.	Tipos de agregados	70
3.2.3.	Propiedades de los agregados pétreos.	71
3.2.4.	Naturaleza petrológica de los agregados pétreos.	72
3.2.5.	Características deseables de los agregados pétreos.	73

3.3.	ADITIVOS.....	79
3.4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA.....	80
3.4.1.	Ensayos en los Agregados.....	80
3.4.2.	Ensayos en la Emulsión	84
CAPÍTULO IV		87
4.	ENSAYOS PREVIOS AL DISEÑO DEL CAPE SEAL.....	87
4.1.	ENSAYOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE.	87
4.1.1.	Ensayos de calidad de los agregados.	87
4.1.2.	Ensayos para caracterizar emulsión CRS – 2Hp.....	102
4.2.	ENSAYOS PARA LECHADA ASFÁLTICA.....	136
4.2.1.	Ensayos de calidad de los agregados.	136
4.2.2.	Ensayos para caracterizar emulsión CQS – 1H.....	172
4.2.3.	Pruebas de desempeño de slurry seal.....	205
CAPÍTULO V.....		239
5.0	DISEÑO DEL CAPE SEAL.....	239
5.1.	TRAMO DE ESTUDIO.....	239
5.1.1.	Generalidades.....	239
5.1.2.	Clima.....	239
5.1.3.	Localización de tramo de estudio.....	240
5.1.4.	Estado actual del pavimento de tramo en estudio.	241
5.2.	ELABORACIÓN DE CAPE SEAL	246
5.2.1.	Diseño Del Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal).....	246
5.2.2.	Diseño de la Lechada Asfáltica (Slurry Seal)	257
5.3.	PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL.....	267
5.3.1.	Rueda Cargada (ISSA TB 109).....	267
5.3.2.	Abrasión (ISSA TB-100).	273
5.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CAPE SEAL.	278
5.4.1.	Ensayos de agregados.	278
5.4.2.	Ensayos de emulsiones.....	279
5.4.3.	Análisis de diseño de chip seal. Método Kearby modificado.	280

5.4.4.	Ensayos de desempeño de slurry seal.	280
5.4.5.	Ensayos de desempeño al cape seal.	282
CONCLUSIONES		284
RECOMENDACIONES		287
BIBLIOGRAFÍA		289
GLOSARIO.		291
ANEXOS		298

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla # 1.1 Usos Principales de las Emulsiones Asfálticas.....	6
Tabla # 1.2 Resumen de los proyectos donde se utilizó Cape Seal en Sudáfrica...	10
Tabla # 1.3 Resumen de los proyectos donde se utilizó Cape Seal en EE.UU.....	11

CAPÍTULO II

Tabla # 2.1 Problemas comúnmente observados en pavimentos flexibles.....	29
--	----

CAPÍTULO III

Tabla # 3.1 Granulometría recomendada según ASTM D448.....	81
Tabla # 3.2 Pruebas de calidad de los agregados.....	82
Tabla # 3.3 Granulometrías recomendadas para las lechadas asfálticas para cape seal.....	83
Tabla # 3.4 Ensayos a emulsión asfáltica CRS-2H.....	85
Tabla # 3.5 Ensayos a emulsión asfáltica catiónica CQS-1H.....	86

CAPÍTULO IV

Tabla # 4.1 Muestra de ensayo y carga en la máquina Los Ángeles y calificaciones.....	89
Tabla # 4.2 Método de prueba estándar para la penetración de materiales bituminosos.....	117
Tabla # 4.3 Condiciones para pruebas especiales.....	119
Tabla # 4.4 Rangos de la unidad entera más cercana.....	121
Tabla # 4.5 Criterios de aceptabilidad de resultados. ASTM D6934.....	133

Tabla # 4.6 Tamaño de tamices para agregados finos.....	147
Tabla # 4.7 Tamaño de tamices para agregados gruesos.....	148
Tabla # 4.8 Promedio de precisión.....	163

CAPÍTULO V

Tabla # 5.1 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.....	249
Tabla # 5.2 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.....	250
Tabla # 5.3 Tráfico vehicular para periodo de diseño.....	254
Tabla # 5.4. Diseño y cantidades de agregado y emulsión para Chip Seal.....	257
Tabla # 5.5. Requisitos de calificación para agregados.....	258
Tabla # 5.6. Valores de compatibilidad recomendados.....	260
Tabla # 5.7 Límites de materiales.....	261
Tabla # 5.8 Tasas de aplicación sugeridas.....	262
Tabla # 5.9. Porcentajes de diseño para Slurry Seal.....	264
Tabla # 5.10. Diseño y cantidades para Slurry Seal.....	266

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO IV

Gráfica # 4.1. Curva granulométrica ASTM C136.....	101
Gráfica # 4.2. Curva granulométrica ASTM C117.....	154
Gráfica # 4.3 Ensayo de método de prueba estándar para el análisis por tamiz filler, mineral para mezclas bituminosas para pavimento. ASTM D-546.....	166
Gráfico # 4.4 Ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso (AASHTO T27 Y ASTM C-136) y fino (AASHTO T-11, ASTM C-117).....	171
Gráfico # 4.5 Ensayo ISSA TB 106. Medición de la consistencia de lechadas asfálticas	210
Gráfico # 4.6 ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño.....	222
Gráfico # 4.7 ISSA TB-100 (WTAT) y ISSA TB-109 (LWT).....	224
Gráfico # 4.8 ISSA TB 113-Tiempo de rotura.....	230
Gráfico # 4.9 ISSA TB 113-Tiempo inicial de cohesión.....	230

CAPÍTULO V

Gráfico # 5.1 Curva de crecimiento de tránsito vehicular en tramo de estudio.....	255
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura # 1.1 Curva de comportamiento del pavimento flexible generalizado para las comparaciones de costos entre dos estrategias.....	13
--	----

CAPÍTULO II

Figura # 2.1 Componentes de un pavimento.....	25
Figura # 2.2 Errores en la dosificación de chip seal.....	50
Figura # 2.3 Componentes de Slurry Seal.....	51
Figura # 2.4 Etapas de Cape seal.....	52

CAPÍTULO III

Figura # 3.1 Proceso de emulsión.....	68
---------------------------------------	----

CAPÍTULO IV

Figura # 4.1 Esquema de ensayo de carga eléctrica de una emulsión.....	111
Figura # 4.2 Equipo de ensayo de equivalente de arena.....	144
Figura # 4.3 Aparato de filtración.....	189
Figura # 4.4 Equipo para determinar punto de ablandamiento en una emulsión...	193
Figura # 4.5 Picnómetros apropiados.....	198

CAPÍTULO V

Figura # 5.1 Ubicación del tramo de estudio dentro del municipio de Santa Ana, El Salvador.....	240
Figura # 5.2 Vista satelital del tramo de estudio.....	241
Figura # 5.3 Perfil longitudinal del tramo de estudio.....	241

Figura # 5.4 Fallas en bordes.....	242
Figura # 5.5 Agrietamiento por fatiga.....	243
Figura # 5.6 Pérdida de agregado.....	244
Figura # 5.7 Bacheo.....	245
Figura # 5.8 Pavimento en buenas condiciones de servicio.....	246
Figura # 5.9 Relación de empotramiento, porcentaje de espesor del material para determinar la cantidad de asfalto.....	249
Figura # 5.10 Partes de rueda cargada.....	271

ÍNDICE DE ENSAYOS

CAPÍTULO IV

Ensayo # 4.1 Determinación del porcentaje de desgaste en agregado ¾". ASTM C131.....	90
Ensayo #4.2 Gravedad específica y absorción del agregado grueso de ¾". ASTM C127.....	93
Ensayo #4.3 Pesos volumétricos y vacíos en el agregado de ¾". ASTM C29.....	97
Ensayo # 4.4 Análisis granulométrico de agregado grueso y fino. ASTM C136 Y ASTM C117.....	101
Ensayo # 4.5 Hoja resumen de caracterización a emulsión CRS-2.....	135
Ensayo # 4.6 Azul de metileno.....	139
Ensayo # 4.7 Determinación del porcentaje de desgaste en agregado 3/8". ASTM C131.....	141
Ensayo # 4.8 Método de prueba estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino (ASTM D 2419).....	145
Ensayo # 4.9 Sanidad de agregados. ASTM C88.....	151
Ensayo # 4.10 Análisis granulométrico para agregados finos. ASTM C117.....	154
Ensayo # 4.11 Gravedad específica y absorción de agregados finos. ASTM C128.....	158
Ensayo # 4.12 Peso unitario del agregado. ASTM C 29.....	161

Ensayo # 4.13 Método de prueba estándar para el análisis por tamiz filler, mineral para mezclas bituminosas para pavimento. ASTM D-546.....	165
Ensayo # 4.14 Análisis granulométrico de agregado grueso (AASHTO T27 Y ASTM C-136) y fino (AASHTO T-11, ASTM C-117).....	170
Ensayo # 4.15 Hoja resumen de caracterización a emulsión CQS-1h.....	204
Ensayo # 4.16 ISSA TB 106. Medición de la consistencia de lechadas asfálticas..	209
Ensayo # 4.17. a. ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño.....	221
Ensayo # 4.17. b. ISSA TB-100 (WTAT) y ISSA TB-109 (LWT).....	223
Ensayo # 4.18 ISSA TB-113 Examinación y evaluación del performance de la mezcla.....	229
Ensayo # 4.19 ISSA TB-114: prueba de desnudamiento en húmedo para mezclas curadas de lechada asfáltica.....	234
Ensayo # 4.20 ISSA TB-115: Determinación de la compatibilidad del sistema de mezcla de diseño propuesto, evaluando el % óptimo y su rango de tolerancia de contenido de diseño.....	238

CAPÍTULO V

Ensayo # 5.1. ISSA TB-109 (LWT). Desempeño de cape seal.....	272
Ensayo # 5.2. ISSA TB-100 (WTAT). Desempeño de cape seal.....	277

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado denominado “Tratamiento Superficial Simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible” pretende impulsar otra alternativa al mantenimiento preventivo y rehabilitación de superficies asfálticas, implementando una técnica conocida como Cape Seal.

La investigación contó con el apoyo y colaboración de la empresa Asfaltos de Centro América (ASFALCA), en el desarrollo de la misma se elaboró el Chip Seal y el Slurry Seal, los cuales, al superponerse, conforman el Cape Seal. Es de señalar que se realizaron todas las pruebas de calidad de agregados y emulsiones y además desempeño del Cape Seal indicado por los organismos competentes como ASTM e ISSA.

Con los resultados de esta investigación se ha dado un gran paso en el tema de conservación de pavimentos, ya que hasta la fecha esta técnica no había sido estudiada en la región, a pesar de las bondades mostradas en los países donde se ha aplicado (Sudáfrica, EE.UU. y Australia), incluyendo beneficios energéticos, y por ende, ambientales.

La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a proporcionar y mantener las carreteras usando tratamientos donde se ha tomado en cuenta un análisis económico - financiero en base a la vida útil restante del pavimento y el presupuesto disponible.

Dado que esta técnica es, básicamente, la unión de dos tratamientos superficiales como lo son el Chip Seal y el Slurry Seal, se piensa que económicamente no es rentable. Es con esa

base que, en el desarrollo de la investigación, se analiza y justifica el empleo de la técnica del Cape Seal desde el punto de vista de costo – beneficio.

Este estudio surge de la necesidad de establecer los comportamientos, propiedades y bondades que se originan en las mezclas de Cape Seal con los de agregados disponibles en El Salvador y de esta manera poder definir si el diseño de mezcla representa una solución como tratamiento superficial, para pavimentos flexibles. Lo cual con los resultados obtenidos concluimos que es una opción viable, que se puede mejorar.

Por otro lado, el tema de asfaltos es extremadamente amplio, complejo y difícil de predecir, por lo que en el presente trabajo de grado se comenzó por conocer la teoría básica de emulsiones, asfaltos, pavimentos y tipos de mantenimiento y de esta forma tener una más amplia vista del panorama y del alcance del proyecto de investigación, para después dar paso al conocimiento y ejecución de las normas y ensayos que rigen la calidad y el diseño de emulsiones, lechadas y tratamientos superficiales, presentando así los resultados de los mismos.

Este diseño de Cape Seal cumple con los estándares internacionales de calidad más altos, tanto en materiales como en los procedimientos de elaboración dado que para la realización de los ensayos de calidad, elaboración y desempeño se tomaron normas ASTM e ISSA, logrando de esta forma un diseño, que si bien no cumplió con las más altas expectativas, si logró abrir paso a la introducción de la técnica Cape Seal a El Salvador y se puede asegurar que en un mediano plazo, ésta será aplicada en las carreteras salvadoreñas.

En la realidad salvadoreña y en general en los países subdesarrollados, el conocimiento y la investigación son pilares fundamentales para la superación personal y colectiva de una sociedad que lleva años en vías de desarrollo, investigaciones como la que se presenta en este documento, sirven para demostrar que con los materiales, mano de obra y técnicas conocidas y aplicadas en el país, son suficientes para desarrollar técnicas, en este caso, de preservación de pavimentos lo que en un mediano a largo plazo generará mejores condiciones de servicio de los pavimentos salvadoreños, lo que a su vez se traduce en beneficios económicos para el país.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

1.1.1 Red vial en El Salvador.

En el periodo comprendido entre 1898 y 1944 ocurrieron en el mundo una amplia diversidad de cambios tecnológicos, tanto en el sistema de transporte como en los equipos que se empleaban para prestar los servicios respectivos. Estos cambios dieron paso a reducciones importantes en el tiempo que se invertía en los traslados, así como en los riesgos para el ser humano y las mercancías, lo cual se tradujo en disminución significativa en los costos.

Hacia finales de 1920 los gobiernos de la región centroamericana concedieron mayor importancia a las carreteras y ampliaron antiguas veredas. En el año de 1945 se consideraba que la red vial en Centroamérica ya superaba los 40,000 Km. En su gran mayoría eran carreteras de tierra, transitables parcialmente en época seca y muy pocos caminos, a lo sumo el 10% contaban con cubierta de rodadura.

Anteriormente a lo indicado, los países centroamericanos, habían comenzado sus gestiones para establecer oficinas que se encargaban de controlar el diseño, construcción, mantenimiento, atención de emergencias, control de transporte y en general, que fuera el

ente regulador sobre el que se definieran las políticas de desarrollo en todo lo concerniente a carreteras y el transporte por las mismas.

El punto en común en los países centroamericanos, es que el mantenimiento rutinario y periódico prolonga sustancialmente la vida útil de los pavimentos, sin importar el tipo de rodadura que posea; sin embargo, se comenta que en algunos casos, las actividades de mantenimiento no son sostenibles y muchas veces se realizan únicamente de forma reactiva, al encontrarse fallas que ocasionan daño a los vehículos que transitan.

En muchas carreteras, el mantenimiento rutinario sirve únicamente para mantener habilitada la ruta sin baches, aunque con un alto grado de incomodidad en la conducción, dado lo avanzado del deterioro que presentan algunas vías.

Mientras que el inicio de carreteras en la historia de El Salvador, data desde 1528¹, fecha en la cual fue fundada por los españoles la Villa de San Salvador, en la cual tardaron quince días en trazar las calles, plaza e iglesia, en ese entonces las calles de los diferentes poblados eran únicamente de tierra y las principales reforzadas de piedra, ya que el vehículo de transporte utilizado eran los carretones o caballos.

La modernización de la infraestructura de transporte que comenzó con los ferrocarriles, pudiéndose apreciar en las principales ciudades de San Salvador y Santa Ana. Las carretas y carruajes que llevaban a las personas de un punto de la ciudad a otro fueron reemplazados primero por tranvías de tracción animal y después por tranvías eléctricos. Ya en la década de 1920 fueron asfaltadas las principales calles de San Salvador, y la mejoría de las calles

¹ Datos tomados de la página oficial del Ministerio de obras públicas, <http://www.mop.gob.sv/>

obedecía también a otra consideración fundamental: la llegada del automóvil allá por 1915 y, pocos años más tarde, del camión y del autobús.

A partir de entonces el crecimiento de la infraestructura vial urbana e interurbana ha ido incrementándose aceleradamente, de acuerdo a la expansión de centros industriales, de producción, de servicios así como de los habitacionales, prueba de ello es la ampliación de la “mancha urbana” en la ciudad de San Salvador, la cual siempre se ha considerado la principal fuente generadora de crecimiento económico del país, esto genera una demanda de servicios, especialmente de comunicación y transporte, ya que sin ellos no se puede lograr la movilidad de productos para su comercialización, además de que influyen directamente en los costos de los artículos a través de los importes en concepto de producción.

En 1905 es creada una oficina bajo el nombre de Cuerpo de Ingenieros Oficiales. A esta oficina le correspondía la Dirección General de Obras Públicas como dependencia directa del Ministerio de Fomento, con la salvedad de que los trabajos de caminos eran realizados por el Ministerio de Gobernación. A este le correspondía la inmediata inspección técnica en la ejecución de todas aquellas obras que sin ser nacionales se auxilien con fondos del tesoro público, asignándole funciones de ejecución y mantenimiento de las obras públicas, así como la construcción y mantenimiento de los edificios destinados al servicio público, y en general, todas las obras de ornato y mejora de las poblaciones de la República, entre otras.

En 1916 el Poder Ejecutivo considerando la necesidad urgente de poseer buenas vías de comunicación en relación con el tráfico de ese entonces, así como por las necesidades individuales, comerciales, industriales y agrícolas del país y estimando que esto debe ser,

por su gran importancia, objeto de dirección y estudio especial, totalmente separados del gran número de trabajos que tenía encomendado el Cuerpo de Ingenieros Oficiales y Dirección General de Obras Públicas, emitió el Decreto de creación de la Dirección General de Caminos, la cual funcionaría como una entidad técnica - consultiva, anexa al Ministerio de Gobernación y Fomento, la cual tendría a su cargo todo lo relacionado con las vías de comunicación de la República, puentes y obras que tengan relación con éstas.

Fue hasta en 1917, que se emite un Decreto Legislativo de creación del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, la cual posteriormente asumiría todas las funciones encomendadas a las anteriores oficinas de regulación vial.

En 1920, la Dirección General de Obras Públicas dentro del ramo de Fomento contaba con una Sección de Caminos, así como una Sección de Arquitectura, Saneamiento y Aguas y una Sección de Caminos, Puentes y Calzadas.

En 1936, la Dirección de Obras Públicas estaba integrada por el Departamento de Hidráulica y Mantenimiento del Servicio de Aguas y de la Pavimentación de la Capital y por el Departamento de Urbanización y Arquitectura.

En 1948, El Ministerio de Fomento y Obras Públicas contaba con la Dirección General de Carreteras.

En 1949, El Ramo de Fomento y Obras Públicas estaba formado por:

- Secretaría de Estado
- Comisión Nacional de Electricidad
- Oficina de Cartografía y Geografía
- Bodega

- Dirección General de Obras Públicas
- Dirección General de Carreteras.

En 1951, el Ramo de Fomento y Obras Públicas estaba formado por:

- Secretaría de Estado
- Dirección de Bodegas, Talleres y Canteras
- Dirección de Caminos
- Dirección de Urbanismo y Arquitectura
- Dirección de Obras Hidráulicas, y
- Dirección de Cartografía

En 1952, la Dirección de Urbanización y Arquitectura cambia nombre a Dirección de Urbanismo y Arquitectura.

En 1954, la Dirección de Urbanismo y Arquitectura y la Dirección de Caminos, se convierte en Direcciones Generales dentro del Ramo de Obras Públicas. Todos estos cambios son producto de la necesidad de ordenar el crecimiento de las ciudades, tanto en su parte arquitectónica como en infraestructura, por lo cual se le encomiendan las funciones específicas de construir, mantener y rehabilitar la infraestructura urbana y vial del país, en esta última se incluyen las carreteras interurbanas, rurales y urbanas; las cuales se constituyen en uno de los pilares que sostiene la economía nacional.

Actualmente el Ministerio de Obras Públicas, dentro de su organización cuenta con tres Viceministerios: de Transporte, el cual se encarga de la reglamentación del tráfico, tanto rural como urbano, así como de los transportes aéreos, terrestre y marítimos; De vivienda y Desarrollo Urbano, que se encarga de todo lo relativo a las proyecciones de desarrollo

urbano, planificación y ejecución de los diferentes programas, cuyo objetivo primordial es disminuir el déficit habitacional del país; y de Obras Públicas, que es el encargado de dirigir la planificación, construcción, rehabilitación, reconstrucción, ampliación, expansión y mantenimiento de la infraestructura vial del país.

1.1.2 Historia de las Emulsiones Asfálticas.

Las emulsiones fueron desarrolladas por primera vez a comienzo del siglo XX. Fue en los años 20 cuando su uso se generalizó a las aplicaciones viales. Inicialmente se utilizaron en aplicaciones de riego (Spray Applications) y como paliativos de polvo (Dust Palliatives). El uso de las emulsiones asfálticas creció de manera relativamente lenta, limitado por el tipo de emulsiones disponibles y por la falta de conocimientos sobre su correcta aplicación. El desarrollo ininterrumpido de nuevos tipos y grados, sumando equipos de construcción y prácticas mejoradas, ofrece ahora una amplia gama de elección. Virtualmente cualquier necesidad vial puede ser abordada con emulsiones. La selección y el uso juicioso pueden resultar en sustanciales beneficios económicos y ambientales.

Los usos principales de las emulsiones asfálticas se describen en la tabla #1.1

Tratamiento de Superficie ↓	Reciclado de Asfalto ↓	Otras Aplicaciones ↓
Riego Pulverizado	Frio In-situ	Estabilización (Suelo y Base)
Sellado con Arena	Full Depth	Riegos de Liga
Lechadas	En Planta Central	Bacheo de Mantenimiento
Micro aglomerado		Paliativos de Polvo
Cape Seal		Riegos de Imprimación
		Sellado de Fisuras
		Recubrimiento de Protección

Tabla # 1.1 Usos Principales de las Emulsiones Asfálticas.

Subsecuentemente, varios factores han contribuido al interés en el uso de emulsiones asfálticas, por lo que las emulsiones asfálticas se volvieron una opción viable al contribuir con los temas sobre:

Conservación de la energía:

- Las emulsiones asfálticas no requieren la incorporación de un solvente de petróleo para ser líquidas.
- Las emulsiones asfálticas pueden utilizarse en la mayoría de los casos sin necesidad de calentamiento, ambos factores contribuyen al ahorro de energía.

Medidas para reducir la polución atmosférica.

- Las emulsiones asfálticas eliminan hacia la atmósfera poco o nada de sustancias hidrocarbonadas.
- Ciertos tipos de emulsiones tienen la capacidad de recubrir la superficie de agregados húmedos: Esto reduce las necesidades de combustible para calentar y secar los agregados.

Además de estos dos factores principales, el de la conservación de la energía y polución atmosférica, impulsaron el uso de emulsiones asfálticas en aplicaciones en las que se empleaban típicamente asfaltos diluidos. En una de sus primeras medidas, la administración federal de carreteras (Federal Highway Administration FHWA), sugirió que se sustituyese el empleo de los asfaltos diluidos por emulsiones asfálticas. Si bien la sustitución no era obligatoria, se sugería considerarla. Desde entonces, todos los estados están sustituyendo, permitiendo la sustitución o inclusive exigiendo el uso de emulsiones asfálticas en lugar de asfaltos diluidos.

1.1.3 Experiencia en la utilización del Cape Seal.

El Cape Seal se desarrolló durante la década de 1960 por la Administración de la Provincia del Cabo Buena Esperanza, Sección de Materiales (Sudáfrica), debido a la necesidad de producir un revestimiento económico que lograra una vida útil mayor a la de un sello convencional, caracterizando así la técnica del Cape Seal como parte de una construcción por etapas a largo plazo, además cuyo objetivo era superponer el pavimento asfáltico, esto debido a las condiciones inaccesibles del lugar y al alto costo de los pavimentos asfálticos en caliente. La técnica del Cape Seal se inició a partir de un proceso de aplicación de una pre mezcla caliente en una trituradora de polvo y de asfalto sobre un sello de 19 mm. Este procedimiento, se establece en el CAPSA, en donde, la mezcla en caliente se utilizó como capa de rodadura en la mayoría de caminos que se trataron. Con el tiempo, se introdujeron mejoras en esta práctica con un moderno proceso de sello que consiste en un Chip Seal (Tratamiento Superficial) y un sello final de Slurry Seal (Lechada Asfáltica) que conforman un solo proceso de tratamiento superficial simple.

- En Australia, el uso del Cape Seal se remonta a principios de los sesenta y, como en Sudáfrica, se utilizó en la mayoría de casos para nuevas construcciones. Aplicándose como una mezcla aniónica conformada con agregados de grandes dimensiones para mejorar la conducción y aumentar la durabilidad. Años después, el proceso se ha utilizado de una manera indirecta, tal que la mezcla se utiliza como una rehabilitación.
- En los EE.UU. para los primeros proyectos de aplicación del Cape Seal se importó la tecnología transferida de Sudáfrica. Este proceso fue introducido por Robín Campbell en un documento presentado en 1977. La Asociación Internacional de Lechadas

Asfálticas (Internacional Slurry Surfacing Association). Sin embargo, el mercado para el proceso de Cape Seal no obtuvo el crecimiento esperado en los siguientes años, principalmente debido a que la aplicación del Chip Seal y el Slurry Seal se consideraron como procesos separados. Muchos de los problemas técnicos observados en el pasado se han corregido en gran parte en el estado de California debido a que los contratistas aplicaron el Chip Seal y trabajo del Slurry Seal juntos. Iniciando en 1984, al norte de California en ciudades como Salinas y Sacramento, además fue utilizado para arterias viales y zonas residenciales.

En general, un Cape Seal bien construido no debe volver a cerrarse herméticamente durante un período prolongado y ofrece una superficie densa que tiene una buena resistencia al deslizamiento. Como otra técnica, el micropavimento (Microsurfacing), sobre el Chip Seal elimina el problema de agregados sueltos y reducen el ruido del tráfico, obteniéndose estas ventajas en el Cape Seal mediante la adecuada selección de los agregados del Chip Seal y una alta calidad de mezcla de lechada asfáltica. El uso del Cape Seal para un tratamiento de superficie tiene un coste más alto en comparación con la aplicación de un cierre de Chip Seal de una sola capa, sin embargo, el Cape Seal es más rentable ya que requiere poco mantenimiento si se construye correctamente pues la vida útil del pavimento será bastante extensa, sin tener que lidiar con los problemas asociados con el Chip Seal. En la tabla # 1.2 se resume los proyectos donde se utilizó Cape Seal en Sudáfrica.

Fecha de construcción	Ubicación
1997 – 1998	Steyn estación de Beaufort West
1998 – 2000	Mooifontein – Colesburg
1999 – 2000	Leeugamka
2000 – 2001	Kangela a Mduna
2001 – 2002	Zoutfontein – Hanover Est
2001 – 2002	Hanover Est
2002 – 2004	Colesburg – Orange River
2002 – 2004	Maclear – Mt Fletcher

Tabla # 1.2 Resumen de los proyectos donde se utilizó Cape Seal en Sudáfrica.

La mayoría de los proyectos mencionados en la tabla #1.2, se llevaron a cabo como una rehabilitación de un pavimento existente que había proporcionado entre 20 y 25 años de servicio.

El Cape Seal se ha construido durante muchos años y ha sido aprobado por los más exigentes controles en el diseño y en la construcción. Algunos proyectos donde se ha empleado el Cape Seal en los Estados Unidos de América son presentados en la tabla # 1.3²:

DISTRITO	CIUDAD	CARRETERA	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
Atlanta	Titus	IH – 30	1995
Atlanta	Titus	US 271	1995
Austin	Bastrop		1997
Austin	Hays	IH – 35	1994
Austin	Williamson	IH – 35	1992
Austin	Williamson	IH – 35, BL	
Austin	Travis	LP1	95/96

² Evaluation of the Cape Seal process as a pavement rehabilitation alternative, Mansour Solaimanian

Austin	Travis	LP1	1997
Austin	Travis	IH – 35	1996
Austin	Travis	IH – 35	1995
Ft. Worth	Wise	US 281	1997
Odessa	Pecos	IH – 10	1997
Paris	Rains	US 69	1996
Tyler	Henderson	SH 19	1995
Tyler	Smith	IH – 20	
Tyler	Smith	SH 155	
Waco	Bell	IH – 35	1995
Waco	Bell	US 190	1997
Waco	Mc Lennan	SH 6	1993

Tabla # 1.3 Resumen de los proyectos donde se utilizó Cape Seal en EE.UU.

En cuanto a los beneficios de esta técnica (Cape Seal) incluyen una superficie lisa con una mayor durabilidad mediante el sellado de la capa de rodadura. A menudo, el uso de un Chip Seal no es común esto debido a que proporciona una superficie mas rugosa y áspera, así como a la poca adherencia de partículas del agregado. Con la adición del Slurry Seal, la superficie terminada consiste en una superficie lisa que se une a cualquier agregado suelto, lo cual reduce la rugosidad y la pérdida de partículas del agregado.

La técnica del Cape Seal se ha utilizado no sólo para proteger el pavimento mediante el sellado, sino que también puede ser utilizado para áreas de tráfico pesado y para tratar agrietamientos menores. Al igual que con cualquier tratamiento de grandes grietas y baches superficiales deben ser tratados antes de su aplicación. Grietas menores, incluyendo la “piel de cocodrilo”, se puede abordar con el uso de un polímero modificado o un sello asfáltico modificado.

- Costo Beneficio.³

El Cape Seal puede extender la vida de un pavimento de 6 a 8 años y al incorporar polímeros modificados pueden prolongar la vida útil del pavimento hasta 10 años en situaciones ideales.⁴ El uso de este sello se suele utilizar en las carreteras rurales, urbanas y los barrios residenciales.

Es evidente que una técnica de preservación debería dar lugar a una mayor vida útil del pavimento asfáltico a un costo razonable. En un análisis económico y la comparación de diferente técnicas, el costo total del proyecto se debe considerar, es decir, el costo inicial además del costo futuro de mantenimiento y preservación.

Los siguientes elementos de costos influyen en un análisis costo – efectividad:

- Tasas de inflación.
- Periodo de análisis.
- Costo unitario de preservación o tratamiento.
- Vida estimada del tratamiento.

La curva de rendimiento esperado del pavimento se muestra en la figura # 1.1 la cual proporciona la base para llevar a cabo la comparación de costos. El eje de ordenadas en el gráfico es un índice de rendimiento, lo que puede determinarse usando uno de varios enfoques existentes.

³ Evaluation of the Cape Seal process as a pavement rehabilitation alternative, Mansour Solaimanian and Thomas W. Kennedy, University of Texas at Austin, 1998.

⁴ Servicio de Parques Nacionales. EE.UU.

Un enfoque común es el índice de condición del pavimento (PCI), que va de 0 a 100, donde 100 representa un pavimento en perfecto estado y 0 (cero) representa un pavimento totalmente deteriorado.

Otro enfoque es el índice de capacidad de servicio del pavimento (PSI), que oscila de 0 a 5, siendo 5 el más alto nivel de capacidad de servicio.

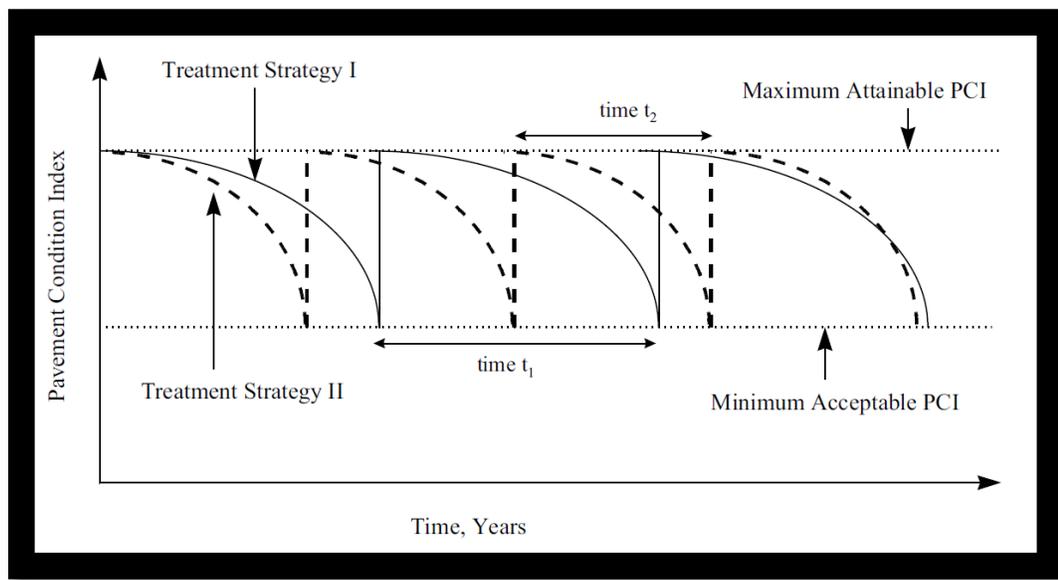


Figura # 1.1 Curva de comportamiento del pavimento flexible generalizado para las comparaciones de costos entre dos estrategias.

Donde el Tratamiento 1 (línea continua) representa la técnica Cape Seal. Al realizar el análisis comparativo costo beneficio de un Cape Seal, se supone que el nivel de estado conseguido después del tratamiento de preservación es casi el mismo, independientemente de la estrategia seleccionada.

Esto no es necesariamente cierto si la condición se cuantifica en forma de PCI o PSI. Como se muestra en la figura # 1.1, se observa que la tasa de deterioro, es decir, la reducción de la PCI varía entre diferentes estrategias. La diferencia en el rendimiento se justifica en que el pavimento puede ser tratado en distintos momentos durante el tiempo de vida del mismo. Estos diferentes momentos están limitados por (1) el tiempo presente y (2) el tiempo de condiciones máximas de pobreza tolerables.

También se supone que los costos para los usuarios durante el tratamiento son los mismos en cualquiera de las dos alternativas (estrategias) de tratamiento. Los costos de los usuarios durante el tratamiento se relacionan con el aumento de tiempo de viaje causado por la congestión del tráfico o desvíos a rutas alternas. El rendimiento en carreteras de alto volumen ha variado considerablemente, dado que tal rendimiento puede verse afectado por:

- El proceso constructivo del pavimento.
- Parámetros estructurales.
- Materiales empleados en el pavimento.
- Condiciones del pavimento existente.
- Condiciones climáticas de la región.
- Nivel de tráfico.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

De acuerdo a los estudios en los últimos años, en diversos países del continente, ha surgido la necesidad de buscar la implementación de nuevas técnicas en mantenimiento y rehabilitación de superficies asfálticas en vías de comunicación, todo esto debido al aumento sin medida de los diferentes tipos de fallas que se presentan en dichas superficies, tal razón se debe al mal manejo y/o poco uso de las técnicas existentes. En nuestro país, si bien existen los recursos mínimos (Tecnológicos, Humanos y Económicos) para el mantenimiento, estos no son los suficientes para un óptimo desarrollo en la red vial, lo cual provocan el rápido deterioro de las mismas, aun cuando durante décadas se han realizado importantes inversiones que han contribuido a conformar la red vial salvadoreña.

Actualmente la vialidad salvadoreña presenta problemas de mantenimiento preventivo y correctivo. A lo largo de la red vial, pueden observarse diversos tipos de falla, tales como: grietas de bordes, piel de cocodrilo, grietas de reflexión, ondulaciones, ahuellamientos, baches entre otros, originándose debido a la fatiga de las mezclas asfálticas, fallas de soporte lateral, contracción y expansión por cambio de temperatura, consolidación o movimiento lateral de los materiales bajo el efecto del tráfico, alto contenido de asfalto, debilidad del pavimento por escasez de asfalto, drenaje deficiente entre otras.

Cabe señalar que uno de los grandes problemas se encuentra en la errada política en gestión de mantenimiento que aplica el Estado salvadoreño, ya que las actividades realizadas en esta área se dan como una respuesta a los distintos problemas existentes en las vías asfálticas, y no como una prevención a los mismos.

Por lo anteriormente descrito, se hace necesario plantear las siguientes interrogantes:
¿Cómo se obtendrá el diseño de mezcla del Cape Seal de acuerdo a los elementos que lo conforman?, ¿Qué análisis se le deben hacer a los diferentes componentes del Cape Seal?, ¿Qué adaptaciones podría necesitar?

1.3 JUSTIFICACIÓN.

La vialidad como parte del sistema de comunicaciones es de gran importancia en cualquier país, ya que contribuye con el transporte de bienes, servicios y personas, aportando así de manera inminente un desarrollo productivo y económico para el mismo. La creciente necesidad de encontrar alternativas que armonicen con el medio ambiente está llevando a prescindir cada vez más de las formas tradicionales, ya que, toda actividad realizada por el hombre debe orientarse a un desarrollo sostenible, es por ello que el diseño del Cape Seal para el uso en las vías nacionales requiere mayor control en cuanto al tema ambiental. Señalando así los atributos del Cape Seal en cuanto a su producción se realiza con bajos gastos energéticos y se coloca a temperatura ambiente no ocasionando contaminación al ser colocado, ya que no emanan vapores tóxicos a la atmósfera. El uso de las emulsiones asfálticas aplicadas a temperatura ambiente representa una alternativa en cuanto a la minimización de costos de inversión y mantenimiento, es decir que cuando se utilizan en caliente se tienen que realizar actividades como calentar los agregados pétreos lo cual disminuye la vida útil de los mismos, además de incurrir en gasto de energía eléctrica, combustible, entre otros. Contrario a esto, las emulsiones a temperatura ambiente no tienen este inconveniente además de reducir los impactos negativos al medio ambiente. Si bien la técnica Cape Seal implica una inversión inicial relativamente alta, basándose en las experiencias de países como Sudáfrica, Australia y Estados Unidos se puede observar que la relación costo beneficio de cada proyecto en los que se ha implementado esta técnica justifica la inversión inicial, esto en gran parte a la prolongación de la vida útil del pavimento y de la minimización de los trabajos de mantenimiento.

Por lo tanto, esta investigación permite impulsar el diseño del Cape Seal para tratamientos superficiales simples promoviendo una solución en lo que respecta al tratamiento superficial simple de pavimentos flexibles, que aportan un bien ecológico, económico y de calidad, entre otros aspectos importantes, que de una manera u otra contribuyen con el desarrollo y crecimiento de un país.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo General.

- Diseñar el Cape Seal para tratamiento superficial simple como técnica de preservación en pavimento flexible.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Introducir el estudio de la técnica del Cape Seal a nuestro país.
- Conocer el desempeño de cape seal con los materiales seleccionados para presente diseño.
- Proporcionar el presente estudio del Diseño del Cape Seal para tratamiento superficial simple, a las instituciones correspondientes como plataforma para próximas investigaciones.

1.5 ALCANCES.

Este trabajo abarcará lo siguiente:

- Diseño del Cape Seal para Tratamiento Superficial Simple como Técnica de Preservación en Pavimento Flexible.
- Realización de ensayos a los agregados según MS-19.
- Análisis del desempeño del Cape Seal en especímenes de prueba (TB100 y TB109).
- Se analizará el tramo de Carretera denominada Antigua Carretera Panamericana, del Municipio y Departamento de Santa Ana, con una longitud de estudio de 776 metros, iniciando en la bifurcación entre la Calle Antigua a Caminos y la prolongación de la Antigua Carretera Panamericana y finalizando en la intercepción de la Calle Antigua a Caminos y la Calle Aldea San Antonio, esto con el fin de tomar los criterios de diseño del tratamiento superficial simple (Chip Seal), que solicita el método Kearby Modificado.

1.6 LIMITACIONES.

El estudio “Diseño del Cape Seal para tratamiento superficial simple como técnica de preservación en pavimento flexible.” que se realizará, está sujeto a las restricciones que a continuación se presentan:

- La técnica del Cape Seal es un método que nunca ha sido empleado en nuestro país, razón por la cual la información no está a disposición.
- Los ensayos se realizarán en el plantel de la empresa ASFALCA S.A. de C.V, consecuentemente, las visitas al laboratorio estarán sujetas al dinamismo interno de ésta, se utilizará el equipo de laboratorio que la misma requiere en su desempeño, de ahí que, se realizarán las pruebas mínimas necesarias para obtener un diseño de mezcla funcional, teniendo presente de no afectar los resultados de la investigación, ni interferir en las actividades de laboratorio de la misma.
- Los agregados empleados durante el diseño del Cape Seal serán del banco de materiales de la Cantera de San Diego, ubicada en el departamento de La Libertad, El Salvador.
- La investigación a desarrollar no incluirá el análisis y diseño de las subcapas de una carretera (base y sub-base) ya que, la técnica del Cape es un Tratamiento Superficial Simple.
- A pesar de la existencia de emulsiones aniónicas, estas no serán tomadas en cuenta debido a su desuso en el mundo, dado que las emulsiones catiónicas son las que están siendo empleadas actualmente.

- No se cuenta con criterios de diseño propios de El Salvador, por lo que muchos factores serán tomados de normas extranjeras, principalmente de EE.UU.
- Existe poca o nula información sobre las pruebas de desempeño y los resultados esperados sobre el Cape Seal.
- El trabajo a realizar únicamente contendrá la información para realizar el proceso del diseño del Cape Seal para tratamiento superficial simple como técnica de preservación en pavimento flexible el cual estará basado en el “Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Manual Serie N° 19, Asphalt Institute, Asphalt Emulsion Manufacturers Association”.
- No se realizará la prueba de resistencia al desprendimiento del agregado, al tratamiento Superficial Simple, ya que en los laboratorios no se cuenta con la pieza que utiliza la máquina para realizarla, y la obtención de esta pieza es de alto costo debido a que no es fabricada en el país, cabe señalar que se contará con las pruebas de desempeño a Slurry Seal y a Cape Seal.
- El diseño de cape seal que se presentará no incluirá el apartado de presupuesto, debido a que éste será realizado a nivel de laboratorio, por lo que para realizar un presupuesto sería necesario observar el comportamiento real del diseño del cape Seal en tramos de prueba.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.

2.1.1 Generalidades.

Un pavimento flexible es una estructura de ingeniería en contacto con el suelo, la cual sirve para el transporte de personas y de bienes. Está constituida por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de subbase las cuales usualmente son de material granular, ver figura# 2.1 Componentes de un pavimento. Se construyen con distintos fines, tales como:

- Intercambio comercial.
- Seguridad.
- Mejorar acceso.
- Mejorar movilidad.
- Incremento de actividad económica.

Por lo que se requiere que un pavimento flexible sea:

- Confortable.
- Con buen acceso.
- Seguro.

- Durable.
- De bajo costo.
- De fácil construcción.

Un pavimento flexible está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. Un pavimento de una estructura, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática.

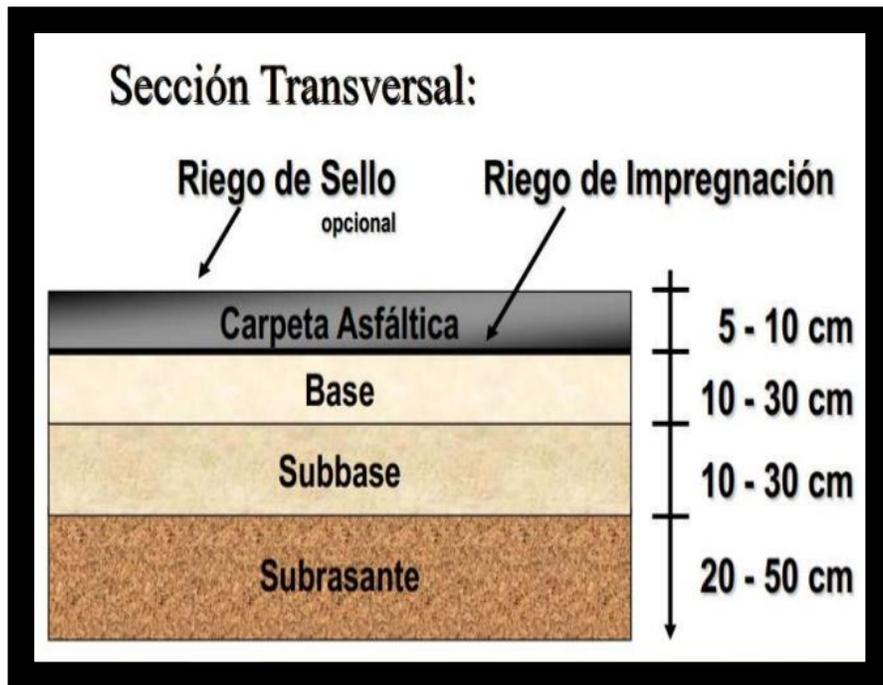


Figura # 2.1 Componentes de un pavimento.

2.1.1.1 La subrasante.

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural sirve para determinar el espesor de corte o terraplén. No es más que el suelo preparado y compactado para soportar una estructura o un sistema de pavimento.

2.1.1.2 La Subbase.

En ingeniería de carreteras, es la capa de agregado de material establecido en el subsuelo, en el que la capa de base se encuentra colocada.

Una subbase granular es una capa de material que se encuentra entre la base y la subrasante en un pavimento asfáltico. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior. Se encuentra constituida por materiales granulares.

2.1.1.3 La Base.

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento o estabilización para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales.

2.1.1.4 La carpeta asfáltica.

La carpeta asfáltica es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento para los vehículos y que se elabora con materiales pétreos y productos asfálticos.

Las características más importantes que deben tener a satisfacción los materiales pétreos para carpetas asfálticas son granulometría, dureza, forma de partícula y adherencia con el asfalto.

2.1.2 Funciones de las capas de un pavimento flexible.

2.1.2.1 *La subrasante.*

- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son permitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.

Estas dos funciones son estructurales y comunes a todas las capas de las secciones transversales de una vía terrestre.

2.1.2.2 *La Subbase Granular.*

- **Función económica.** Una de las principales funciones de esta capa es puramente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.
- **Capa de Transición.** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
- **Disminución de las Deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones),

o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejan en la superficie de rodamiento.

- Resistencia. La subbase debe de soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante.
- Drenaje. En muchos casos la subbase debe de drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

2.1.2.3 La Base Granular.

- Resistencia. La función fundamental de la base granular de un pavimento flexible consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.
- Función Económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

2.1.2.4 Carpeta asfáltica.

- Superficie de Rodamiento. La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.
- Resistencia. Su resistencia a la tensión completa la capacidad estructural del pavimento.

2.1.3 Daños y soluciones actuales en los pavimentos flexibles de El Salvador.

Los problemas más comúnmente observados en estos pavimentos flexibles son presentados en la tabla # 2.1:

PRINCIPALES PROBLEMAS	Agrietamiento por fatiga	Ahuellamiento	Temperatura	Otros
FORMAS TÍPICAS	Abajo hacia arriba	AC (Concreto Asfáltico)		Exudación
	Arriba hacia abajo	Capas inferiores.		Perdida de agregado
	Reflectiva			Oxidación
				Sangrado

Tabla # 2.1 Problemas comúnmente observados en pavimentos flexibles.

Se denomina mantenimiento, o conservación, de pavimentos a los trabajos constantes o periódicos que se ejecutan para evitar el deterioro o destrucción prematura de una obra y que los mantienen en su calidad y valor.

El mantenimiento solo debe incluir los trabajos, que en términos generales, están orientados a preservar el pavimento para que preste un servicio adecuado, por el tiempo previsto en el diseño y bajo las condiciones de tránsito y ambientales prevalecientes. De acuerdo con ello, un camino bien diseñado y perfectamente construido sobre un terreno ideal de características homogéneas, no debería requerir más mantenimiento que el que corresponde a operaciones de conservación rutinaria y periódica.

En El Salvador se emplean distintas estrategias de mantenimiento en pavimentos flexibles, tales como:

- Tratamientos superficiales simples (Chip Seal).

De los métodos de mantenimiento de bajo costo, el más importante. Provee una superficie para todo tipo de climas, renueva pavimentos intemperizados, mejora la resistencia al deslizamiento, la demarcación de carriles y sella pavimentos.

- Sellos de grietas

Es elaborado con materiales diferentes a los asfaltos modificados o selladores especialmente preparados para grietas y juntas. La mayoría de estos son emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados. Mantienen una grieta sellada firmemente cuando el pavimento permanece estacionario en ambos planos, es decir vertical y horizontalmente. Una vez que se expande o se contrae, o que ocurra algún movimiento vertical excesivo, la efectividad del sellado puede perderse y las grietas requerirán de sellarse nuevamente.

- Riego Pulverizado (Fog Seal)

Una ligera aplicación de riego ligante aplicado a la superficie de un tratamiento superficial, una mezcla abierta o una superficie de mezcla caliente intemperizada. Funciona parcialmente como sellador de fisuras, reduce el desprendimiento y enriquece superficies intemperizadas.

- Bacheo

El procedimiento de bacheo para mantenimiento de carreteras de pavimentos flexibles, se resumen en los siguientes pasos son:

- Cerrar el paso vehicular.
- Delinear el área a subsanar.
- Cortar el pavimento en forma rectangular o cuadrada, dependiendo del tamaño del bache; proceso también conocido como “Cajear el bache.”
- Limpiar el bache con una barrida. (Sólo si necesario)
- Aplicar el riego de liga.
- Vaciar la mezcla asfáltica en el centro del bache.
- Esparcir la mezcla con un rastrillo buscando cubrir toda el área dañada.
- Compactar la mezcla.
- Limpiar el área reparada

- Slurry Seal

Empleada en el mantenimiento de aeropuertos y calles de ciudad, donde no es tolerable el agregado suelto. Sella, llena depresiones menores, provee una superficie fácil de barrer.

- Microsurfacing

Recapado de alta performance empleado en mantenimiento de carreteras, calles urbanas y aeropuertos, donde se requiere una superficie durable y resistente a la fricción. Rápida corrección de la superficie del camino.

- Sobre carpetas no estructurales.

Cuando las operaciones de mantenimiento se vuelven excesivamente caras y ya es difícil conservar la carpeta con la tersura adecuada, porque se tiene que ensanchar el pavimento o por otras razones, al pavimento viejo debe ponérsele una nueva carpeta. Antes de emprender un proyecto para recubrir la superficie de un camino, se hará un estudio cuidadoso de su justificación económica. Una regla empírica y general consiste en que es probable que la carpeta sea económica cuando un 2 o 3 % del área total que esta pavimentada requiera operaciones de bacheo cada año.

Entre los factores más importantes, se encuentran incluidos los siguientes:

- Datos del pavimento
- Condiciones físicas existentes
- Características del tránsito existente y del que se espera
- Relación del diseño geométrico con la seguridad y operación eficiente del tránsito esperado.

2.1.4 Tratamientos asfálticos de superficie.

Tratamiento asfáltico de superficie (Asphalt Surface Treatment) es un término amplio que engloba varios tipos de aplicaciones con asfalto y asfalto – agregado, usualmente de menos de 25 mm (1 pulgada) de espesor y aplicado a cualquier tipo de superficie de camino. La superficie del camino puede ser una base granular imprimada, un asfalto existente, o un pavimento de concreto de cemento Portland.

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

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

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

Los tratamientos de superficie se emplean principalmente para:

- Proveer una superficie económica, para todo tipo de climas, para tráfico liviano a mediano. Cuando se emplean emulsiones modificadas con polímeros y agregados de alta calidad, los tratamientos de superficie pueden utilizarse en aplicaciones para mayores volúmenes de tráfico.

- Proveer una barrera impermeable que frena el ingreso de humedad en los materiales subyacentes.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento. Aquellos pavimentos que se han tornado resbaladizos debido a la exudación del asfalto (bleeding) y desgaste y pulimiento de los agregados pueden ser tratados con agregados resistentes y angulosos para devolver la resistencia al deslizamiento. Para este propósito, los sellados dobles son ideales.
- Dar nueva vida a una superficie intemperizada. La serviciabilidad de un pavimento afectado por el intemperismo, por desprendimientos, puede ser restaurada mediante la aplicación de un tratamiento de superficie simple o múltiple.
- Proveer una capa temporal para una nueva base. El tratamiento de superficie es una cubierta apropiada para una nueva base a utilizarse durante el invierno o para construcción planeada en etapas. El tratamiento de superficie, particularmente un sellado doble, es una excelente superficie temporal hasta que las capas finales de asfalto son colocadas.
- Recuperar viejos pavimentos deteriorados por envejecimiento y fisuración térmica o por excesivas tensiones. Si bien aporta poca o ninguna resistencia estructural, un tratamiento de superficie puede preservar la capacidad estructural existente al impermeabilizar y servir como una medida adecuada para detener el proceso de fisuración hasta que una más permanente rehabilitación del pavimento pueda ser completada.

- Demarcar las banquetas, diferenciándolas de los carriles de tránsito. Nunca se exagerara la importancia de una base resistente o un pavimento firme por debajo de los tratamientos asfálticos de superficie. Los tratamientos de superficie no se diseñan para corregir un pavimento estructuralmente deficiente. Entre las deficiencias más comunes de la base se pueden incluir materiales inestables, compactación inadecuada, pobres agregados, falta de drenaje, e insuficiente resistencia estructural para el tráfico existente.

2.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE. (Chip Seal)

2.2.1 Definición.

Un tratamiento superficial simple (TSS o Chip Seal) es la aplicación de un ligante bituminoso sobre la carpeta asfáltica, seguida inmediatamente por la extensión y compactación de una capa de agregado pétreo de tamaño tan uniforme como sea posible. El espesor del tratamiento es casi igual al tamaño nominal máximo del agregado de $\frac{3}{4}$ pulgada. Un tratamiento superficial simple se suele usar como capa de desgaste y de impermeabilización. Tanto la emulsión como el agregado deben de cumplir con ciertas exigencias de calidad definidas en las especificaciones técnicas.

Un Chip Seal es particularmente adecuado para tráfico de rutina liviano y medio, y como un procedimiento de mantenimiento preventivo o provisorio. Para caminos de tráfico más intenso, debería considerarse una emulsión modificada con polímeros y un agregado de alta calidad. Los tratamientos simples pueden también ser aplicados a continuación de un

sellado de fisuras. El tratamiento de superficie se aplica para resistir la acción abrasiva del tráfico.

Constituyen una excelente técnica de pavimentación y conservación de caminos, protegiendo la superficie de rodadura y extendiendo su vida útil al otorgarle una mayor rugosidad e impermeabilización de la superficie.

2.2.2 Características.

- Monogranular.

En los tratamientos superficiales simples lo ideal es que las partículas sean monogranulares, es decir partículas de una dimensión única, porque ofrecen una cobertura uniforme, fijación adecuada, distribución de cargas adecuadas y facilidad de dosificación. También es común que se empleen agregados con poca variedad de tamaños.

- Impermeable.

La impermeabilidad que proporciona, da a la base y subbase así como a la sub rasante, la posibilidad de mantener sus condiciones de soporte, aunque el tratamiento en si no aporta si no muy poca resistencia a la estructura total del pavimento.

2.2.3 Aplicaciones.

- Obtener una superficie de bajo costo que sirva en el tiempo. Para tráfico comprendido entre categoría ligera a mediana, un tratamiento superficial sobre una base granular dará una superficie de rodamiento económica y de larga duración.

- Impermeabilizar. Para dar su mejor comportamiento, un pavimento deberá evitar la entrada del agua superficial a las capas subyacentes. Los tratamientos superficiales son ampliamente usados para evitar que el agua entre en las bases granulares, así como en los pavimentos viejos que se han agrietado.
- Proporcionar una superficie antideslizante. Los pavimentos que se han vuelto resbaladizos debido al desgaste y pulimento de las superficies de los agregados, deben recibir un tratamiento con agregados duros, ásperos y angulares, de manera que permita restablecer las características antideslizantes.
- Dar nueva vida a las superficies desgastadas y envejecidas. Un pavimento que tiene años y que está a punto de desintegrarse, se puede restaurar para que dé un servicio útil adicional aplicando un tratamiento superficial de asfalto y agregado.
- Como cubierta temporal de una nueva base. A veces se desea tener una nueva capa de base expuesta a la acción de un invierno, a fin de descubrir posibles fallas antes de colocar la carpeta de rodamiento.
- Un tratamiento superficial bituminoso puede ser una solución temporal bastante buena. También cuando se planea la construcción por etapas. Se suele utilizar antes de colocar las capas definitivas de la superficie de rodamiento.
- Mejorar las condiciones del pavimento. Los pavimentos viejos que necesitan renovación, debido a que las condiciones de tráfico han cambiado, se pueden recuperar evitando la desintegración de los mismos con tratamientos superficiales múltiples.

- Permite la aplicación de una lechada asfáltica (Slurry Seal) sobre un tratamiento superficial simple, técnica denominada Cape Seal, la cual suma ventajas cualitativas de ambas técnicas.

2.2.4 Ventajas.

A través de la experiencia en la utilización del Chip Seal se han encontrado varias ventajas, entre las cuales tenemos:

- Sobre bases granulares, dan como resultado estructuras resistentes a las variaciones climáticas y al mismo tiempo utilizable para el tráfico liviano y mediano.
- La impermeabilidad que presenta evita la penetración de las aguas superficiales en la base, subbase y la subrasante.
- Solución muy económica, sobre el mismo pavimento se aplica.
- Como su espesor es muy bajo, no es necesario recrecer bionda o hacer fresados.
- Es de rápida aplicación.

2.3 LECHADAS ASFÁLTICAS. (Slurry Seal)

2.3.1 Definición.

La lechada asfáltica (Slurry Seal) es una mezcla de agregados de granulometría cerrada o mejor dicho bien graduada de tamaño máximo de 3/8 pulgada, emulsión asfáltica, aditivos y agua, la cual se coloca sobre la carpeta asfáltica. Donde dicha mezcla no aumenta la resistencia estructural de un pavimento. La lechada asfáltica es una técnica de mantenimiento muy efectiva para superficies de pavimentos viejos. La lechada llenará las fisuras superficiales, detendrá el desprendimiento de agregados y pérdida de matriz,

mejorará la resistencia al deslizamiento y en general protegerá al pavimento, por tanto reducirá el deterioro por oxidación y agua y así prolongará globalmente la vida útil del pavimento.⁵

También se define como: una capa de desgaste y de sello, por lo que no debe considerarse como parte estructural del pavimento. Las lechadas asfálticas están compuestas de gravilla, arena, finos como cemento Portland o cal, agua y aditivos si se requieren. Estos materiales se mezclan en una forma homogénea, dándole al mortero propiedades tixotrópicas magníficas, con muy buena resistencia a la abrasión.⁶

El tratamiento no aumenta la resistencia estructural de un pavimento. Cualquier pavimento que es estructuralmente débil en el área localizada, debiera ser reparado antes de la aplicación de lechada asfáltica. Ahuellamientos, ondulaciones, hundimientos a lo largo de los bordes, deficiencias en el abovedado, u otras irregularidades de la superficie que disminuyen la transitabilidad del camino, debieran corregirse antes de extender la lechada.

Una definición simple y concreta es “una mezcla de emulsión asfáltica + áridos finos bien graduados granulométricamente + filler. Cuando estos componentes se mezclan en proporciones adecuadas, se obtiene una mezcla fluida, homogénea y cremosa. Al ser colocada esta lechada asfáltica sobre la carpeta asfáltica, comienza la etapa de rotura y curado que no es más que la separación de las partículas de agua del asfalto y su posterior

⁵Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1992.

⁶ Emulsiones Asfálticas, 4ª edición, Rivera Gustavo Rivera, 1998.

evaporación; luego de la evaporación del agua constituye un micro aglomerado en frío, estanco y denso”.⁷

2.3.2 Características.

- Durabilidad.

La elaboración de un buen diseño de lechada y la utilización de agregados de alta calidad contribuyen a aportar estabilidad a la capa de rodamiento y el menor desgaste posible de la misma, brindando así un mayor periodo de vida útil, estimándose en un mínimo de cinco años. Considerando que el proceso de colocación del Slurry Seal y la máquina a emplear sean los adecuados para así garantizar el periodo útil de la superficie asfáltica.

- Textura.

Una correcta combinación de materiales, debería de producir una lechada asfáltica con una textura homogénea cremosa que fluiría suavemente como una onda por delante de la enrasadora, garantizando así, el poco escurrimiento en la mezcla. La superficie del Slurry Seal luego de la rotura, presenta una textura medianamente áspera, la cual permanece activa por muchos años, haciéndolo ideal para carreteras resbaladizas o pistas de aeropuertos, manteniendo una textura superficial con excelentes propiedades antiderrapantes.⁸

⁷ Primer Congreso de Asociación Latinoamericana de Productores de Emulsiones Asfálticas, Merino Gustavo, 1990.

⁸ Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA), 1992.

- Color

El Slurry Seal mediante el transcurso de su proceso físico – químico de ruptura, va cambiando de un color café oscuro a negro uniforme al cabo de pocos minutos, dependiendo del origen geológico del material pétreo utilizado. Este aspecto realza las características potenciales de aceptación por parte del usuario, ya que hace más atractiva a la vista.

- Comfort

El Slurry Seal por ser una mezcla compuesta totalmente por agregado fino (pasante tamiz N° 4), proporciona una excelente comodidad en el conductor, ya que los tipos de gradaciones especificadas para estas emulsiones, no permiten que se generen ruidos por la fricción producida entre los neumáticos y la superficie asfáltica que vayan más allá de lo tolerable. Esta característica no resta adherencia entre estos dos elementos.

2.3.3 Aplicaciones.

Las lechadas asfálticas convencionales son utilizadas generalmente para:

- Proporcionar una superficie de rodadura adecuada para el tráfico.
- Un sello resistente contra el agua.
- Corregir pequeñas irregularidades superficiales.
- Reducir el ruido en las carreteras.
- Como carpeta de rodadura donde los límites de peso son restrictivos, como por ejemplo en puentes y pasos a desnivel.

- Restaurar la textura superficial del pavimento.
- Sello para grietas menores de superficie.

2.3.4 Componentes.

Los principales ingredientes de un Slurry Seal son: Emulsión asfáltica, agregados, filler, agua y aditivos en casos especiales.

Siendo la emulsión asfáltica el componente más importante de la lechada asfáltica, ya que tiene la misión fundamental de envolver perfectamente los agregados, sin que se originen problemas de rotura en el mezclador o durante el proceso de colocación.

La cantidad de agregado mineral en las lechadas asfálticas para pavimentación es generalmente del 90% al 95% en peso y del 75% al 85% en volumen. Los agregados minerales son los principales responsables de la capacidad de carga del pavimento. Además el agregado influye notablemente en el comportamiento del pavimento asfáltico.

Los agregados a emplear en la lechada asfáltica tienen una importancia excepcional, ya que constituyen el esqueleto mineral de la lechada asfáltica, representando las $\frac{3}{4}$ partes de la misma.⁹

El filler mineral constituye la clase granulométrica de un tamaño inferior a 80 micras. Con respecto al filler en la lechada asfáltica su naturaleza y contenido es de mucha importancia,

⁹ Merino Gustavo, 1990.

por su influencia en la adhesividad, velocidad de rotura de la emulsión asfáltica y características finales de la emulsión.¹⁰

El agua es un componente importante para una mezcla de Slurry Seal, ya que tiene la función de humedecer y disolver la mezcla, moderando las reacciones químicas.

Los aditivos son productos empleados para mejorar la adherencia entre el asfalto y los agregados. Estos pueden ser adicionados directamente a la emulsión o a cualquiera de los componentes de la mezcla, ya que esta provee el control de las propiedades de rotura y curado.

2.3.5 Clasificación.

Según I.S.S.A. (International Slurry Surfacing Association), clasifica las mezclas de Slurry Seal en los siguientes tipos:

- Tipo 1.

Estas emulsiones poseen un buen comportamiento en áreas de baja densidad de tráfico, donde el objetivo principal es el sellado, puede utilizarse en estacionamiento de playas, campos de aterrizaje de aviones livianos. Estas emulsiones llenan pequeños vacíos y corrige pequeños defectos en la carpeta asfáltica, la finura del material permite la penetración en las grietas, sellándolas así de manera inminente. Se utiliza como tratamiento superficial preventivo.

¹⁰ Merino Gustavo, 1990.

- Tipo 2.

Es la gradación para lechadas más ampliamente utilizada, esta protege el pavimento subyacente de la oxidación y el daño por humedad; pueden corregir casos de desprendimiento severo de material y son empleadas en pavimento con tráfico moderado y sobre bases estabilizadas (camino de terracería, estabilizados con riegos asfálticos).

- Tipo 3.

Se emplean en correspondencia con aplicaciones voluminosas ($8.2 - 13.6 \text{ Kg/m}^2$) y altos valores de fricción superficial. Las lechadas asfálticas del tipo III proporcionan una textura rugosa antideslizante y una buena superficie de desgaste, corrige condiciones superficiales severas y son empleadas en carreteras de circulación muy densa y tráfico pesado.

- Lechadas asfálticas convencionales (Slurry Seal).

Es una aplicación de espesor delgado, de aproximadamente 1 a 1.5 veces el tamaño máximo de agregado utilizado. Estas lechadas pueden o no ser modificadas con polímeros. Si son modificadas, generalmente la modificación se realiza mediante un látex cuya función es ayudar a crear resistencia temprana a los esfuerzos y aumentar su flexibilidad. Incrementando el punto de ablandamiento de la carpeta.

Las emulsiones para este tipo de aplicación están basadas en agregados de pequeño tamaño y limitadas a un tamaño máximo aproximado de 8mm.

- Lechadas Asfálticas Modificadas (Microsurfacing)

Es una aplicación capaz de corregir deformaciones menores de forma y usualmente contiene asfalto modificado. Este tipo de material puede ser utilizado como un rellenedor de rodaderas, pueden colocarse con múltiples tamaños de agregado fabricándose con tamaños máximos de agregado de hasta 10 mm.

La modificación con polímero permite el uso de agregado más grueso sin el peligro de segregación y su alta cohesión le permite soportar capas más espesas sin peligro de deformación.

2.3.6 Ventajas de emplear lechadas asfálticas.

De acuerdo con la I.S.S.A. (International Slurry Surfacing Association), especifica las ventajas de la mezcla en las siguientes categorías:

- Es una solución extremadamente rentable para los pavimentos oxidados, preservando los ya usados.
- Flexibilidad, dependiendo de la gradación, la mezcla hará un gran trabajo en todos los tipos de pavimentos, ya sean en aeropuertos, estacionamientos o caminos.
- Color y textura en negro en un solo tendido, que llenan las grietas y los vacíos, cubriendo áreas bacheadas.
- Utilización de materiales económicos y la posibilidad de trabajar durante todo el año.

Otras ventajas del Slurry Seal son:

- De rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- Impiden que el agregado este suelto.
- Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.
- Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.
- Mínima pérdida de altura del cordón.
- No hay necesidad de ajustes por la presencia de bocas de inspección y otras estructuras.
- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.

2.4 CAPE SEAL.

2.4.1 Definición del cape seal.

Un Cape Seal (Capa Sello) implica la aplicación de una lechada asfáltica (Slurry Seal) o de un micro aglomerado (Microsurfacing) a un tratamiento superficial simple (Chip Seal) recientemente construido. La aplicación de la lechada asfáltica o del micro aglomerado ayuda a llenar los vacíos entre los agregados. Los Cape Seal's proveen un tratamiento superficial de alta durabilidad.

Una Capa Sello es el efecto de un sello simple con los espacios entre las gravillas llenas de lechada. También se usan agregados de tamaño entre 13.2mm y 19.0mm. Muchas veces, y especialmente si la lechada de piedra no ha sido pre-cubierta, la emulsión asfáltica diluida es aplicada como una segunda aplicación de espray. Donde se usa agregado de piedra de 13.2mm, se aplica una capa de lechada, mientras para agregados con 19.0mm se aplican

generalmente dos capas. En el caso del agregado de 19.0mm la lechada de la primera aplicación debería ser de una consistencia lo suficientemente líquida para asegurar que todos los espacios entre las gravillas de piedra se llenen. La segunda aplicación (o una sola aplicación en el caso de partículas de 13.2mm) normalmente tendría una consistencia más firme y debería ser vaciado al nivel de la parte superior de los agregados para asegurar el contacto entre los neumáticos y la piedra, y no entre los neumáticos y la lechada.

De forma simple el Cape seal está constituido por una primera capa que corresponde a un tratamiento superficial asfáltico simple con tamaño máximo de agregado de 3/4" (20 mm.) y una segunda capa que corresponde a una lechada asfáltica de granulometría con tamaño máximo 3/8" (10 mm.).

2.4.2 Características del cape seal.

Los Cape Seal's se usan generalmente en la construcción de nuevas carreteras y muchos parqueos. Son más adecuados para caminos rurales en vista de la tendencia que tienen a ser una superficie ruidosa como resultado de la aspereza del agregado expuesto.

Un Cape Seal es una capa de rodadura bastante bondadosa ya que cualquier error en las tasas de aplicación durante la construcción puede ser rectificado en aplicaciones sucesivas. Los controles en el sitio deben sin embargo, todavía ser monitoreados de cerca para asegurar una aceptable, servicial y durable superficie.

Aumenta la vida de un Tratamiento superficial simple (chip seal), recubriendo mejor las partículas de agregado y protegiendo la superficie. Disminuye la posibilidad de desprendimiento de agregados y crea una superficie más densa.

Un Cape Seal proporciona una membrana asfáltica densa que es impermeable y duradera, la durabilidad de cualquier material asfáltico depende del grosor de la membrana. Un Cape Seal típico tendrá una membrana de más de 1 mm de espesor y hasta un máximo de 3 mm. Una mezcla de asfalto tiene típicamente solo 8 micras. La adición de una lechada asfáltica para recubrimiento no solo hace que la superficie sea lisa sino que aumenta la adherencia de las partículas del agregado lo que evita la pérdida del mismo. La carpeta asfáltica debe ser sólida y libre de grietas mayores para un Cape Seal convencional y si el pavimento presenta grandes grietas (> 10 mm), estas deben ser tratadas previamente. Los baches siempre deben ser llenados. Para las grietas pequeñas y lo conocido como “piel de cocodrilo” se puede emplear un Chip Seal con polímeros.

2.4.3 Componentes del cape seal.

Como ya se mencionó anteriormente un cape seal esta constituido por la unión de dos tratamientos superficiales, trabajando como uno solo, cuyo objeto es dotar a la carpeta asfáltica características superficiales, sin pretender con ello un aumento apreciable en sus cualidades resistentes, pero sí garantiza mantenimientos más espaciosos comparado con la aplicación de estos tratamientos aplicados por separado.

Teniendo como componentes principales:

2.4.3.1 Chip seal.

Como en todas las unidades de obra relativas a carreteras, es fundamental cuidar la calidad de los materiales empleados en su elaboración, debiendo exigirse tanto agregados como a emulsiones una serie de características mínima que aseguren la funcionalidad buscada.

- Agregado.

De granulometría cerrada y uniforme, el pétreo debe satisfacer las necesidades según el tráfico del lugar conforme a la norma ASTM D448.

Elevada resistencia al desgaste, presentando según prueba de los Ángeles un desgaste menor al 45%.

En este tipo de tratamiento también debe cuidarse el contenido de agregado, de forma que sea tal que cubra una sola fila, sin dejar excesivos huecos ni provocar cabalgamientos de unos pétreos sobre otros. Ver Figura # 2.2. Errores en la dosificación de chip seal.

- Emulsión asfáltica o ligante.

De aplicación uniforme, pues debe ser suficientemente fluido para que al regar se logre una aplicación uniforme de los mismos aunque sin que llegue a escurrir por la superficie de la capa asfáltica.

Facilitar la adhesividad, durante el proceso de extendido de la capa de agregado debe mantener una viscosidad baja para facilitar el contacto superficial con el agregado, lo que asegura una mayor adhesividad inicial tanto con el agregado como con la superficie de la capa subyacente sobre la que se aplica el tratamiento.

Retención de agregado, el ligante residual deberá poseer cierta viscosidad para impedir que el agregado salte de la capa de rodadura al abrir la carretera al paso del tráfico.

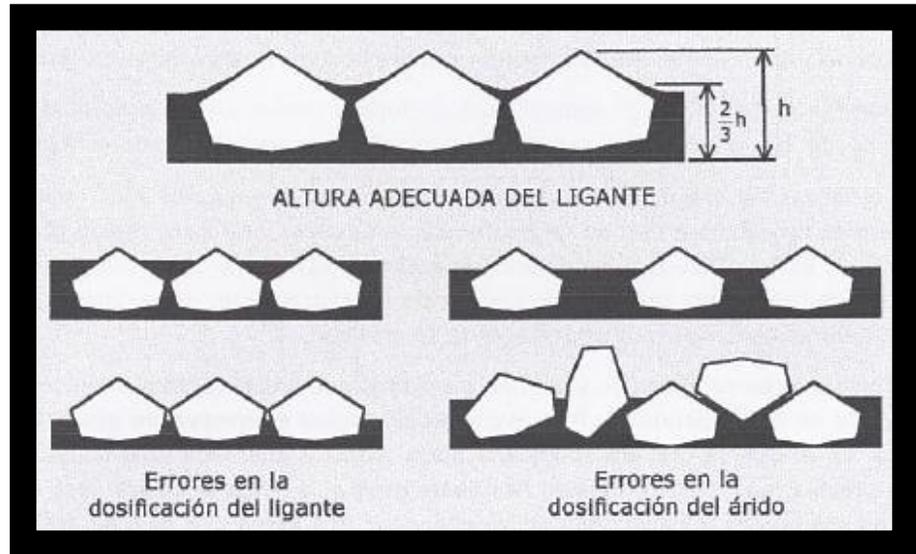


Figura # 2.2 Errores en la dosificación de chip seal.

2.4.3.2 *Slurry seal*

Este tipo de tratamientos superficiales, conocida también como lechada asfáltica, es definida como la aplicación sobre una superficie de una o varias capas, de lechada asfáltica fabricada en frío con agregado, emulsión asfáltica, agua y eventualmente polvo mineral de aportación (filler) y adiciones, cuya consistencia a temperatura ambiente es adecuada para su puesta en obra. Ver Figura # 2.3 Componentes de Slurry Seal.



Figura # 2.3 Componentes de Slurry Seal.

Los materiales como asfalto, agregado, agua, filler y aditivos deben de cumplir las características indicadas en las normas ASTM e ISSA TB (Boletines Técnicos) recomendadas y que serán analizadas en el capítulo 3 y para la selección se deberá seguir con las recomendaciones y ensayos indicados tanto para el Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal) y la Lechada Asfáltica (Slurry Seal).

2.4.4 Diseño del cape seal.¹¹

Para que el Cape Seal cumpla un performance exitoso, es importante que el tratamiento superficial simple tenga un menor contenido de asfalto que el correspondiente a un tratamiento convencional. El proyecto debe de cumplir los criterios de diseño de tratamientos superficiales normados y los métodos y especificaciones para lechadas asfálticas. La condición más crítica que debe ser evitada en un cape seal es un exceso de

¹¹ Detallado en Capítulo 5

lechada que frustra la deseada textura superficial “nudosa”. Entre la colocación del tratamiento de superficie y la subsecuente aplicación de la lechada asfáltica debe permitirse un tiempo de curado de entre cuatro y diez días (ver figura # 2.4 Etapas de Cape seal).

Para el diseño de la primera capa (Etapa 1. Tratamiento superficial) se tomará de referencia el método Kearby modificado¹² pues es importante fijar las cantidades de agregado y ligante a emplear, ya que el exceso o deficiencia de cualquiera de los dos elementos pueden acarrear un mal funcionamiento del tratamiento superficial. Mientras que para el diseño de la lechada (Etapa 2. Lechada asfáltica) se tomarán criterios propios del laboratorio, ya que no existen fórmulas, las proporciones de los diferentes materiales serán según los ensayos que lo determinen.

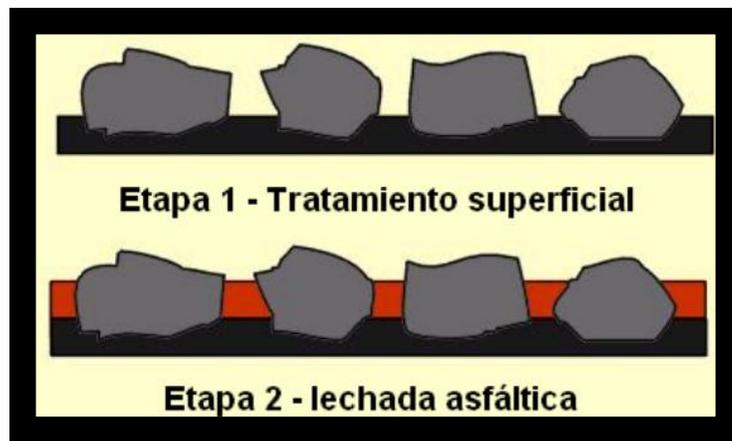


Figura # 2.4 Etapas de Cape seal.

¹² Ver Capítulo 5. Diseño del Cape seal.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES

Los materiales, en general, que se emplean para el diseño de Cape seal son: las emulsiones asfálticas, agregados y aditivos, cada uno de ellos detallado a continuación.

3.1. EMULSIONES ASFÁLTICAS

3.1.1. Composición de las emulsiones asfálticas

En cuanto a la composición de las emulsiones, la Asphalt Emulsion Manufacturers Association (A.E.M.A) (1992), expresa que una emulsión asfáltica consiste en tres componentes básicos: asfalto, agua, agente emulsivo y filler. En algunas ocasiones la emulsión puede contener otros aditivos, como los estabilizantes mejoradores de recubrimientos, mejoradores de adherencia o agentes de control de rotura. La emulsión asfáltica a utilizar en los tratamientos que conforman la técnica del cape seal, será una emulsión asfáltica catiónica ya que en la actualidad alrededor del mundo y en nuestro país son las que se utilizan como componente de los tratamientos superficiales.

3.1.1.1. *Asfalto*

El asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes. Como aplicación de estas propiedades el asfalto puede cumplir, en la construcción de pavimentos, las siguientes funciones:

- Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de la precipitación.
 - Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados, capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.
 - Igualmente mejora la capacidad portante de la estructura, permitiendo disminuir su espesor.
- Composición del Asfalto

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos.

El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, el cual provee de una razonable explicación de dicha estructura, en el cual existen dos fases; una discontinua aromática formada por dos asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfáltenos, denominada maltenos. Las resinas contenidas en los maltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar, a los de otra manera, insolubles asfáltenos. Los maltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

- Tipos de asfaltos
 - Asfaltos Naturales

Los asfaltos son materiales aglomerantes de color oscuro, constituidos por complejas cadenas de hidrocarburos no volátiles y de elevado peso molecular.

Estos pueden tener dos orígenes; los derivados de petróleos y los naturales. Los asfaltos naturales, se han producido a partir del petróleo, pero por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles, dejando solamente las asfálticas.

Estos pueden encontrarse como escurrimientos superficiales en depresiones terrestres, dando origen a lagos de asfalto, como los de las islas Trinidad y Bermudas. También aparecen impregnando los poros de algunas rocas, denominándose rocas asfálticas, como la gilsonita. Así también se encuentran mezclados con elementos minerales, como pueden ser arenas y arcillas en cantidades variables, debiendo someterse a posteriores procesos de purificación, para luego poder ser utilizadas en pavimentación. En la actualidad, no es muy utilizado este tipo de asfalto por cuanto adolece de uniformidad y pureza.

- Asfaltos derivados del petróleo

Los asfaltos más utilizados en el mundo hoy en día, son los derivados de petróleo, los cuales se obtienen por medio de un proceso de destilación industrial del crudo. Representan más del 90 % de la producción total de asfaltos. La mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces casi en su totalidad. Sin embargo existen algunos petróleos crudos, que no contienen asfalto. En base a la proporción de asfalto que poseen, los petróleos se clasifican en:

- Petróleos crudos de base asfáltica.
- Petróleos crudos de base parafínica.
- Petróleos crudos de base mixta (contiene parafina y asfalto).

El asfalto procedente de ciertos crudos ricos en parafina no es apto para fines viales, por cuanto precipita a temperaturas bajas, formando una segunda fase discontinua, lo que da como resultado propiedades indeseables, tal como la pérdida de ductilidad. Con los crudos asfálticos esto no sucede, dada su composición. El petróleo crudo extraído de los pozos, es sometido a un proceso de destilación en el cual se separan las fracciones livianas como la

nafta y kerosén de la base asfáltica mediante la vaporización, fraccionamiento y condensación de las mismas.

El asfalto es además un material bituminoso pues contiene betún, el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS₂). El alquitrán obtenido de la destilación destructiva de un carbón graso, también contiene betún, por lo tanto también es un material bituminoso pero no debe confundirse con el asfalto, ya que sus propiedades difieren considerablemente. El asfalto de petróleo moderno, tiene las mismas características de durabilidad que el asfalto natural, pero tiene la importante ventaja adicional de ser refinado hasta una condición uniforme, libre de materias orgánicas y minerales extraños.

- Ventajas y Desventajas del Asfalto.
 - Resistente al ataque químico y bacteriológico.
 - Se puede aplicar sobre cualquier superficie.
 - Evitan el proceso de destrucción del concreto armado, que por su naturaleza propia es poroso y generalmente tiene microfisuras.
 - Protegen el acero de refuerzo de la corrosión.
 - Totalmente impermeable al agua y vapores de la misma.
 - Las propiedades del material permiten que se adhiera o integre a la superficie impermeabilizada, evitando que se levante por cambios bruscos de temperatura o dilataciones que se puedan presentar por diferentes motivos.
 - El manejo del asfalto caliente puede causar graves quemaduras, debido a que es pegajoso y no se quita fácilmente de la piel.

- Respirar los vapores del asfalto es la forma más común de quedar expuesto. Los efectos agudos (inmediatos) a la salud de los vapores del asfalto incluyen dolores de cabeza, erupciones de la piel, fatiga, irritación de los ojos y de la garganta y tos. La exposición a los vapores del asfalto (y a los solventes que contiene) a largo plazo (exposición crónica) puede ocasionar cáncer de los pulmones y del estómago.
- Propiedades Mecánicas Básicas de los asfaltos.

Cuando el asfalto es calentado a una temperatura lo suficientemente alta, por encima de su punto de inflamación, este comienza a fluidificarse, a veces como un fluido Newtoniano y sus propiedades mecánicas pueden definirse por su viscosidad. A temperaturas más bajas, el asfalto es un sólido visco-elástico, sus propiedades mecánicas son más complejas y se describen por su modulo de visco-elasticidad, conocido como el módulo de stiffness.

- Viscosidad: La viscosidad de un asfalto es usualmente medida en un viscosímetro capilar en una manera similar a la que se miden los aceites lubricantes.
- El Ensayo Fraass: Es la medida de las propiedades de quiebre del asfalto a bajas temperaturas. En este ensayo, una lámina metálica es recubierta con una capa de 0.5 mm de espesor de asfalto y es movida de una cierta manera. La temperatura es gradualmente reducida, y el valor al cual se produce la rotura de la capa de asfalto se denomina Temperatura de Fraass. El ensayo Fraass da una indicación del riesgo de craqueo del asfalto a bajas temperaturas. Pueden obtenerse variaciones del resultado de este ensayo dependiendo del origen del crudo de petróleo con que se obtuvo el asfalto.

- Resistividad / Conductividad Eléctrica: El asfalto tiene una alta resistencia (o una baja conductividad) y es en consecuencia un buen material aislante. La resistencia de todos grados comerciales decrece con el incremento de la temperatura.
- Resistencia Dieléctrica: Asfaltos duros tienen una resistencia dieléctrica más alta que la de asfaltos menos viscosos; la resistencia dieléctrica decrece con el aumento de la temperatura.
- Constante Dieléctrica: Es alrededor de 2.7 a 20°C, llegando a 3.0 a 30°C. La pérdida dieléctrica aumenta con el incremento de la temperatura.
- Propiedades Térmicas: El asfalto es moderadamente un buen material aislante térmico.

3.1.1.2. Agua

Su contribución a las propiedades deseadas en el producto final no puede ser minimizada. El agua puede contener minerales u otros elementos que afecten la producción de emulsiones asfálticas estables. Consecuentemente el agua potable puede no ser adecuada en emulsiones asfálticas.

El agua encontrada en la naturaleza puede ser inadecuada debido a impurezas, sea en solución o en suspensión coloidal, donde preocupa particularmente la presencia de iones de calcio y de magnesio. Estos iones favorecen la formación de emulsión catiónica estable. Frecuentemente se adiciona cloruro de calcio a las emulsiones catiónicas, con el objeto de aumentar la estabilidad durante de almacenamiento. Estos mismos iones, sin embargo, pueden ser perjudiciales para las emulsiones aniónicas, debido que las sales de calcio y magnesio son insolubles en el agua, donde se forman en la reacción con sales de sodio,

potasio, solubles al agua, normalmente utilizadas como emulsivos. De igual forma los aniones de carbonatos y bicarbonatos, pueden facilitar gracias al efecto amortiguador la estabilización de las emulsiones, pero pueden desestabilizar emulsiones catiónicas al reaccionar con emulsivos compuestos de hidrocloruros solubles al agua.

El agua que contenga partículas, no debieran ser utilizadas en la elaboración de emulsiones. Dichas aguas pueden ser particularmente perjudiciales para las emulsiones catiónicas, tales partículas suelen estar cargadas negativamente y absorben rápidamente los agentes emulsivos, lo que puede generar una rotura prematura.

Comúnmente, tales partículas están cargadas negativamente y absorben rápidamente los agentes emulsivos, desestabilizando así la emulsión. El uso de aguas impuras puede resultar un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa la performance o causar una rotura prematura.

3.1.1.3. Agente emulsivo

Las propiedades de las emulsiones asfálticas dependen en gran medida de los agentes químicos utilizados como emulsivos, este es una agente tensio-activo o surfactante que mantiene las gotas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura. Es también el factor determinante en la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas.

Los agentes emulsivos aniónicos más comunes son los ácidos grasos, que son productos derivados de la madera, tales como: aceites, resinas, ligninas, entre otros. Estos emulsivos aniónicos son saponificados (convertidos en jabón) al reaccionar con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. Por otra parte, los agentes emulsivos catiónicos en su mayoría, son

aminas grasas como pudieran ser diaminas, imidazolinas y amidoaminas; las aminas se convierten en jabón al reaccionar con un ácido, usualmente ácido clorhídrico; otro tipo de agente emulsivo son las sales grasas o cuaternarias de amonio, que se emplea para producir emulsiones catiónicas, estas sales son solubles en agua y no requieren la adición de ácidos, son agentes emulsivos estables y efectivos.

El agente emulsivo, es el componente individual más importante en la emulsión asfáltica y para que sea eficaz, el surfactante debe ser soluble en agua y poseer un adecuado equilibrio entre las propiedades hidrofílicas y lipofílicas. El agente emulsivo empleado en combinación con un asfalto aceptable y agua de buena calidad y de adecuados procedimientos mecánicos, es el factor principal en la emulsificación, la estabilidad y en el performance de la aplicación final en el pavimento.

3.1.1.4. Filler Mineral

El relleno mineral es usado en el mortero asfáltico para mejorar la gradación del agregado, y principalmente para proporcionar a la superficie de rodadura alta resistencia al desgaste. Deben cumplir con las especificaciones ASTM D-242. Se usa entre 0.5 al 3 % en peso respecto al agregado seco. La dosificación será diseñada en laboratorio, mediante el ensayo de abrasión por inmersión bajo tráfico simulado para morteros asfálticos. Los filler más usado son: el Cemento Portland Tipo I y la Cal Hidratada.

Estos aditivos pueden ser muy efectivos en la obtención de mayores resistencias a corta edad y en la reducción de la susceptibilidad a la humedad de las mezclas con emulsiones, particularmente aquellas elaboradas con arenas y gravas. Si bien en el principio se agregaban en forma seca, estos materiales se incorporan ahora en forma de lechada o como

mezcla cemento agua o cal agua. Es necesaria una evaluación en laboratorio para determinar si los beneficios aportados por los aditivos son suficientes para justificar su aumento de costo.

La utilización de aditivos en la mezcla de chip seal y slurry seal puede cumplir varias funciones entre las cuales está acelerar o retardar el rompimiento y mejorar el acabado de la superficie.

3.1.2. Clasificación de las emulsiones asfálticas

Según el Manual básico de emulsiones asfálticas series N19, las emulsiones asfálticas tienen dos clasificaciones:

3.1.2.1. Por su carga eléctrica

Se dividen en: aniónica, catiónica y no iónica. En la práctica, las dos primeras son las más ampliamente utilizadas en la construcción y mantenimiento de carreteras. Las no iónicas pueden ganar importancia a medida que la tecnología de emulsiones avance. Las denominaciones aniónica y catiónica se refiere, a las cargas eléctricas que rodean a las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se basa en una ley de electricidad básica donde las cargas iguales se repelen y las cargas opuestas se atraen.

Cuando una corriente eléctrica circula a través de un líquido en el que están sumergidos los polos (un ánodo y un cátodo), el ánodo se carga positivamente y el cátodo se carga negativamente. Si una corriente eléctrica pasa a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, estas migrarán al ánodo. De aquí el nombre de emulsión aniónica; a la inversa, en el caso de emulsiones con partículas de asfalto

cargadas positivamente, dichas partículas migrarán hacia el cátodo, obteniendo así una emulsión catiónica. En el caso de emulsiones no iónicas, las partículas de asfalto son eléctricamente neutras y no emigran a polo alguno.

3.1.2.2. Por la velocidad de rotura.

Una de las clasificaciones de las emulsiones asfálticas se basa en la velocidad con que las gotitas de asfalto coalescen (se juntan restaurando el volumen de cemento asfáltico), relacionada íntimamente con la rapidez con que la emulsión se vuelva inestable y rompa tras entrar en contacto con el agregado.

Cuando la emulsión se vierte sobre agregados pétreos desaparece como tal, el agua se libera y finalmente se evapora, los glóbulos de asfalto se acercan, la atracción molecular llega a ser mayor que el rechazo electrostático dando origen a la unión de los glóbulos entre sí, hasta que finalmente se convierte en una película de asfalto. El fenómeno físico resultante de la evaporación del agua se complementa con otro físico-químico: los iones que cubren el asfalto se combinan con los de la superficie de los agregados.

Cabe destacar que la rotura de una emulsión es un factor decisivo para definir la emulsión a usar en la obra según sea el tipo de tratamiento. La mayor o menor velocidad con que ocurre el proceso de rotura, cuando los glóbulos de asfalto coalescen al entrar en contacto con una sustancia extraña tal como un agregado o la superficie del pavimento, proporcionará otra manera de clasificar las emulsiones.

De esta manera, las emulsiones se clasifican en: emulsiones asfálticas de rotura rápida, o bituminosas rápidas (RS Y CRS), las cuales rompen muy rápidamente, es decir, rompen en

muy corto tiempo (usualmente unos minutos) por lo cual se utilizan en trabajos de riego y tratamientos superficiales con agregados pétreos limpios. Tienen escasa o ninguna habilidad para mezclarse con un agregado que contenga finos, puesto que al ponerse en contacto con éste, el rompimiento es casi de inmediato, por lo tanto el recubrimiento del material pétreo es insuficiente, hay que tener en cuenta que los materiales finos poseen mayor superficie específica¹³ y, por condición propia, aceleran el proceso de rotura. También se encuentran las QS, de rompimiento rápido, pero controlado, cuya diferencia con la RS es que ésta es diseñada para mezclarse con agregado fino.

Otra clase de emulsiones según su velocidad de rotura, son las denominadas de rotura media (MS, HFMS y CMS) y las de rotura lenta (SS y CSS), con las cuales es posible efectuar una amplia gama de mezclas en frío, según el tipo y granulometría del agregado, características de la maquinaria disponible y condiciones climáticas. Las emulsiones de rotura media mezclan bien con agregados gruesos, mientras que las de rotura lenta están diseñadas para mezclas con finos, recomendada para slurry seals.

Según las especificaciones de la ASTM (American Society for Testing and Materials) y de AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), al momento de identificar una emulsión por sus siglas se tiene que si se comienza por la letra C, significa que es catiónica, mientras que si existe una ausencia de esta letra, entonces es aniónica.

¹³ La **superficie específica** es una propiedad de los sólidos, la cual es la relación entre el área superficial total y la masa del sólido, o volumen en bruto, o área en la sección transversal.

Las emulsiones asfálticas también se subdividen adicionalmente según una secuencia de números relacionados con su viscosidad y con la dureza (penetración) del cemento asfáltico base utilizado en su formulación. La “h” incluida en algunos grados significa que la base asfáltica es más consistente (hard, dura). Los números en la clasificación de la emulsión asfáltica indican la viscosidad relativa de la emulsión, Por ejemplo, una emulsión MS-2 es más viscosa que una emulsión MS-1. Las siglas CRS-2Hp como lo es la emulsión que se ocupará para Chip seal en el presente diseño de cape seal, significa que es una emulsión catiónica de rotura rápida, de alta viscosidad, con asfalto base duro y modificada con polímero. Y en slurry seal la emulsión seleccionada es la CQS-1h que identifica una emulsión catiónica de rotura controlada de baja viscosidad y con asfalto base duro.

3.1.3. Cualidades de las emulsiones asfálticas.

Cualidades que las hacen tan apreciables en el campo de construcción y mantenimiento de vías de comunicación.

3.1.3.1. Poder aglomerante.

Las emulsiones asfálticas tienen la propiedad de bajar su viscosidad con la temperatura, de tal modo que se convierte en una sustancia fluida que moja, se adhiere y envuelve con mucha facilidad a los agregados pétreos y a los materiales granulares, al tiempo que los aglomera. Este poder aglomerante del asfalto, aumenta al enfriarse y se aumenta la superficie de contacto entre las partículas mediante la compactación, dando lugar a una emulsión asfáltica de características particulares para la construcción de cada una de las diferentes capas del pavimento, en especial, de base, intermedia y rodadura.

3.1.3.2. Agente estabilizante.

Al ser usados como estabilizadores en materiales granulares, dan como resultado una alta estabilidad, por lo que son considerados al igual que el cemento, la cal y otros conglomerantes hidráulicos (agentes estabilizantes que permiten dar dureza, cohesión y resistencia a los materiales granulares sueltos). La principal diferencia entre los aglomerantes asfálticos y los conglomerantes hidráulicos es que mientras éstos últimos dan lugar a materiales con una alta resistencia, de comportamiento elástico, frágiles e insensibles a la temperatura, los otros, se caracterizan por una menor resistencia y un comportamiento que depende de la temperatura y del tiempo de aplicación de la carga, pueden asumir deformaciones pequeñas por largos periodos de tiempo permitiendo adaptarse a los pequeños asentos y deformaciones que experimentan las capas inferiores del pavimento. El poder aglomerante y estabilizante del asfalto se ve también grandemente modificado y mejorado al mezclarse con el filler. Es por ello que a los pavimentos constituidos por capas granulares y mezclas asfálticas se les conoce como firmes flexibles, frente a los constituidos por capas de concreto hidráulico, más elásticas e indeformables, que se denominan firmes rígidos.

3.1.3.3. Agente impermeabilizante.

Las emulsiones asfálticas recubren a los materiales granulares a través de una capa impermeable haciendo inaccesible el paso del agua, al mismo tiempo se logra conseguir el relleno de los huecos dejados por el material granular, con lo que se obtienen materiales totalmente impermeables.

3.1.3.4. Manejabilidad.

Los materiales tratados con emulsiones asfálticas son fácilmente manejables, elaborados y puestos en obra.

3.1.3.5. Resistencia a los agentes atmosféricos.

El asfalto es un material muy inerte químicamente e insoluble en agua, por ello las emulsiones asfálticas no generan ningún compuesto contaminante por lixiviación y su composición permanece prácticamente inalterable en el tiempo. Se debe tener en cuenta su envejecimiento debido a la acción del oxígeno del aire y los rayos ultravioleta. Esta oxidación junto con la evaporación de sus componentes más volátiles hace que el asfalto vaya perdiendo tenacidad y se convierta en un producto más frágil. El mayor envejecimiento y oxidación del asfalto se produce durante su fabricación y puesta en obra

3.1.4. Proceso para elaboración de emulsiones asfálticas.

La emulsión es el proceso mediante el cual se obtiene una emulsión a través de la agitación de una mezcla de agua, asfalto y surfactante (agente emulsivo). Existen tres métodos generales para obtener emulsiones:

- La emulsificación física por ruptura de gotas.
- La emulsificación por inversión de fases.
- La emulsificación espontánea.

Los dos últimos métodos se pueden describir como procesos con basamento químico, ya que la naturaleza final de la emulsión es controlada principalmente por la química del sistema (naturaleza de los aditivos, temperatura, fracciones de las dos fases, etc.), mientras

que el primer método, depende más de las propiedades geológicas y químicas de los componentes.

Generalmente la fabricación de emulsiones asfálticas se realiza en molinos coloidales, especialmente si se utiliza un agente emulsionante del tipo catiónico. Las emulsiones hechas con emulsionantes aniónicos frecuentemente pueden fabricarse con equipos de menor energía suministrada, como los mezcladores simples.

Durante el proceso de emulsificación, se alimenta el molino coloidal con asfalto caliente (este se calienta previamente para alcanzar la baja viscosidad), el cual es dividido en pequeñísimas gotas. Al mismo tiempo, ingresa en el molino coloidal el agua conteniendo el agente emulsivo ver Figura # 3.1 Proceso de emulsionación. La temperatura del agua se ajusta para optimizar el proceso de emulsificación. Estas temperaturas varían, dependiendo de las características de la emulsificación del cemento asfáltico y de la compatibilidad entre el asfalto y el agente emulsivo. Debido a que la temperatura de la emulsión al abandonar el molino debe ser inferior al punto de ebullición del agua, el asfalto no se lleva a temperaturas extremadamente altas, a menos que se emplee un enfriador. Luego, la emulsión es usualmente bombeada a tanques de almacenamiento a granel. Estos tanques pueden estar equipados con agitadores mecánicos para mantener la uniformidad de la emulsión.

Para ser solubles en agua, algunos emulsivos, como las aminas, deben mezclarse y reaccionar con un ácido; otros, como los ácidos grasos, deben mezclarse y reaccionar con un álcali. La mezcla del emulsivo se hace comúnmente en un tanque de mezclado por

pastones. El emulsivo es incorporado al agua caliente que contiene ácido o álcali, y es agitado hasta su completa disolución.

Las proporciones de asfalto y de solución emulsificante deben medirse con exactitud. Esto se hace normalmente con medidores de caudal; pero también pueden controlarse las proporciones verificando la temperatura de cada fase y la descarga del molino. Si se utiliza el método de regulación de la temperatura, a partir de los componentes se calcula la temperatura deseada de salida de la emulsión ya elaborada; así se controla el porcentaje de contenido de asfalto.

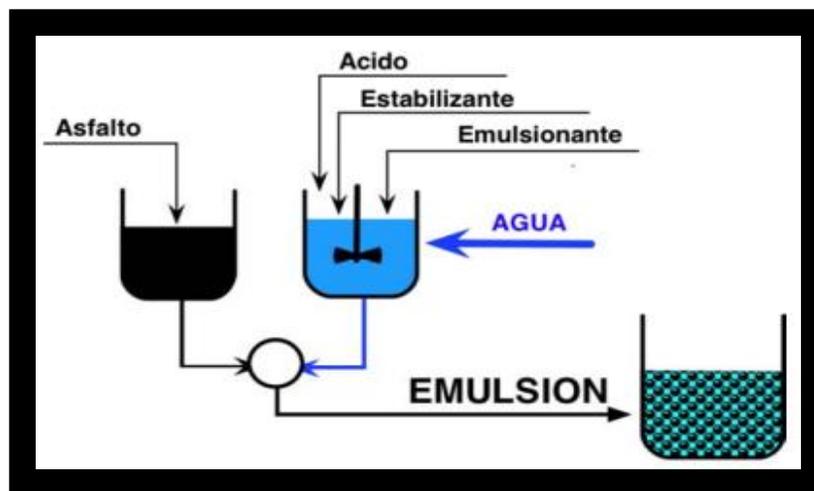


Figura # 3.1 Proceso de emulsión.

3.2. AGREGADOS

3.2.1. Definición de agregados pétreos.

Son materiales granulares sólidos inertes que se emplean en los firmes de las carreteras con o sin adición de elementos activos y con granulometrías adecuadas, se utilizan para la fabricación de productos artificiales resistentes, mediante su mezcla con materiales aglomerantes de activación hidráulica (cementos, cales, etc.) o con emulsiones asfálticas¹⁴.

Según el Manual básico de emulsiones asfálticas, todos los agregados utilizados en una capa de rodamiento están sometidos a la acción abrasiva del tráfico. Si dichos agregados no son lo suficientemente duros para resistir un rápido desgaste, el pavimento, al humedecerse, puede tornarse peligrosamente resbaladizo. La mayoría de agregados duros pueden usarse con éxito para tratamientos de superficie. La resistencia a la abrasión de los agregados puede ser medida con el ensayo de Los Ángeles (ASTM C 131 [AASHTO T96]). Para tratamientos de superficie, el desgaste por abrasión no debería superar el 45%. Partículas trituradas con áspera textura superficial y absorción relativamente baja darán los mejores resultados. El agregado escogido también debe cumplir los requisitos funcionales de tamaño, forma y limpieza.

- **Tamaño.** El agregado debe de elegirse, tanto como sea económicamente práctico, de preferencia la partícula mayor no debería ser más de dos veces el diámetro de la más pequeña. Para tratamientos simples, el máximo está limitado por la cantidad de emulsión asfáltica que puede ser aplicada por el distribuidor sin que aquella escurra sobre la superficie.

¹⁴ Smith M. R. and L. Collins, 1994.

- Forma. La forma ideal de un agregado para tratamientos de superficie es la cúbica. Las partículas planas o alargadas no son deseables, ya que tienden a disponerse cubiertas con asfalto por el espesor necesario para mantener las partículas cúbicas en su lugar. Si todas las partículas son lajas, se requiere tan poco asfalto para retenerlas que el control se vuelve dificultoso. Los agregados redondos, como la grava de río sin triturar o gravilla, tienden a rodar con el tráfico y ser desplazados planteando para el diseño un problema de difícil solución.
- Limpieza. Que el agregado este limpio es muy importante. Si las partículas son polvorosas o están recubiertas con arcilla o limo, existe la probabilidad de que la emulsión no adhiera a la superficie del agregado. Debe ponerse cuidado en no contaminar el acopio de los agregados.

3.2.2. Tipos de agregados

De acuerdo a su origen, los agregados pueden dividirse en dos grandes grupos: agregados naturales y agregados artificiales.

- Agregados Naturales: Son los provenientes de depósitos naturales y constituyen la principal fuentes de agregados para emulsiones asfálticas. Ellos pueden ser utilizados en su estado original o procesados por medios de triturado, cernido y lavado.
- Agregados Artificiales: Son los agregados producidos por modificaciones de materiales que pueden involucrar cambios físicos y químicos, como las escorias y los agregados livianos.
 - Escorias: Es un material no metálico, consistente esencialmente de silicatos de aluminio y cal, las escorias de altos hornos se producen conjuntamente

con el hierro, mientras las escorias de acerías es un subproducto del proceso siderúrgico, donde el arrabio se refina para obtener acero.

- Agregados Livianos: Es un agregado producido por expansión y calcinación de arcilla o lutita por procedimientos de tierras diatomáceas y otros materiales. Es utilizado en mezclas de concreto liviano, bloques para paredes, relleno de bajos pesos y aislantes térmicos. Algunos de los usos en obras viales, son los siguientes: carpetas asfálticas, tratamientos superficiales antideslizantes, bases granulares y concreto.
- Agregados de Trituración. Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera ó de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales de canteras cuyas propiedades físicas sean adecuadas.
- Agregados Marginales. Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.

3.2.3. Propiedades de los agregados pétreos.

Las propiedades de los agregados se pueden conceptuar bajo dos puntos de vista: uno como elementos aislados, o individuales, y otro como conjunto.

3.2.3.1. *Propiedades individuales.*

Los agregados como elementos aislados tienen propiedades físicas macroscópicas: dimensión, forma, redondez, densidad, propiedades de superficie, porosidad, permeabilidad, dureza superficial, módulo elástico, conductividad térmica, dilatación, etc.

Asimismo presentan unas propiedades químicas macroscópicas: solubilidad, alterabilidad, hinchamiento, etc.

3.2.3.2. *Propiedades de conjunto.*

Las propiedades de conjunto de los agregados pétreos son sus características como un todo. La distribución de la redondez o desgaste de los agregados es una propiedad de gran interés, por cuanto va influir sobre el rozamiento entre los elementos del agregado.

3.2.4. Naturaleza petrológica de los agregados pétreos.

Desde un punto de vista práctico, los agregados se pueden clasificar en tres grandes grupos: agregados calizos, agregados silíceos y agregados ígneos y metamórficos.

3.2.4.1. *Agregados Calizos.*

La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas de los firmes, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con las emulsiones asfálticas. En emulsiones asfálticas se utiliza para mejorar esta característica cuando se emplean además otro tipo de agregados, más duros pero también más ácidos (silíceos, pórfidos, entre otros).

3.2.4.2. *Agregados Silíceos.*

Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material de amplia utilización en las todas capas de los firmes. Se extraen de yacimientos granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por

machaques sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten. Pueden no aportar una suficiente adhesividad con las emulsiones asfálticas, sin embargo, si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

3.2.4.3. Agregados Ígneos y Metamórficos.

Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, gabros, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc. Sus cualidades para resistir al pulimento los hacen idóneos para garantizar la textura superficial necesaria en un periodo de tiempo, incluso con tráficos muy intensos. En este grupo tan amplio, los agregados de naturaleza más ácida pueden presentar una deficiente adhesividad con las emulsiones asfálticas, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes, o también el problema se resuelve empleando emulsiones adecuadas y en el caso de emulsiones asfálticas, con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

3.2.5. Características deseables de los agregados pétreos.

Cuando se pretende hacer uso de los agregados pétreos para la construcción de pavimentos se deben considerar algunos aspectos fundamentales para su buen desempeño a la hora de

formar parte en alguna de las capas y principalmente en la elaboración de las emulsiones asfálticas.

- Naturaleza e identificación:

Evaluación de la naturaleza petrográfica de los agregados, grado de alteración de los componentes minerales, porosidad y propiedades químicas.

- Propiedades geométricas:

Principal y básicamente la forma y angulosidad de las partículas, con relación al conjunto del esqueleto mineral se estudia la distribución granulométrica. Los agregados pétreos generalmente más deseados para la elaboración de mezclas asfálticas son aquellos con una alta proporción de partículas aproximadamente equidimensionales (cuboides). Los factores intrínsecos, como la composición de la roca afectan a la forma de los agregados durante los procesos de trituración.

- Propiedades mecánicas:

Engloban los parámetros básicos de resistencia al desgaste y al pulimento.

- Resistencia al desgaste.

La resistencia mecánica del esqueleto mineral es un factor predominante en la evolución del comportamiento de una capa del diseño después de su puesta en servicio.

La evaluación de dicha resistencia se realiza mediante diversos ensayos de laboratorio, sin embargo, ninguno de ellos caracteriza el estado tensional del agregado en el conjunto del pavimento. Se realizan una serie de ensayos que tienden a reproducir en laboratorio de manera más sencilla el comportamiento que luego tendrán los agregados en servicio, para ello se preparan las muestras con granulometrías próximas a las que

van a ser puestas en obra, sometiéndolas a un desgaste que, de forma indirecta, proporciona información de la resistencia mecánica del material. La prueba de Los Ángeles es un ejemplo de este tipo de ensayos.

- Ausencia de impurezas:

Es fundamental que los agregados a emplear en la construcción de pavimentos estén libres de impurezas capaces de afectar el buen comportamiento de las capas. El empleo de agregados sucios en la construcción de un pavimento, puede ser una causa suficiente para provocar su degradación.

- Inalterabilidad:

Es imprescindible la evaluación de las posibles degradaciones que puedan sufrir los agregados pétreos que se van a utilizar en una obra, así, los materiales evolutivos han de ser empleados con especiales precauciones para evitar comportamientos anómalos que puedan afectar la vida útil de las capas.

Los fallos detectados en un pavimento al poco tiempo después de su puesta en servicio, comúnmente suelen ser ocasionados por procesos de alteración de los agregados en alguna de sus capas, los cuales pueden desencadenarse debido a alguna reacción química con alguno de los componentes de las emulsiones asfálticas o conglomerantes, por la acción de la helada o, simplemente, por la siempre inevitable presencia de agua. Existe la necesidad de evaluación de la alterabilidad de un agregado pétreo por el procedimiento que sea, y se pueden señalar a título indicativo, los siguientes caminos: análisis petrográficos, acción de soluciones salinas o de agua oxigenada, ciclos hielo–deshielo, inmersión en agua y ciclos de humedad–sequedad.

- Adhesividad:

Los agregados pétreos han de ser afines con las emulsiones asfálticas que vayan a ser empleados en la construcción del pavimento, y en caso de problemas de afinidad, será necesario el uso de activantes, para garantizar el buen comportamiento de las emulsiones asfálticas.

La adhesividad de los agregados pétreos con las emulsiones asfálticas es de gran importancia, debido a que se pueden presentar fenómenos fisicoquímicos en la superficie de los agregados empleados en las capas de firme. En estos fenómenos complejos intervienen tanto factores físicos como la textura del agregado, la porosidad del mismo, viscosidad y tensión superficial del ligante, espesor de la película de ligante, entre otros. Y a su vez factores químicos relativos al ligante y al agregado. Si los agregados están absolutamente secos, se dejan mojar fácilmente por las emulsiones asfálticas, sin embargo la situación es muy diferente con algo de humedad que siempre puede existir, ya que la superficie del agregado se polariza con un signo u otro dependiendo de su naturaleza. Atendiendo a ese criterio los agregados se clasifican en ácidos y básicos.

- Agregados Ácidos.

La acidez es por lo general consecuencia de un alto contenido en sílice y determina una gran afinidad del agregado por el agua (hidrofilia) y una polaridad negativa. La adhesividad entre los agregados silíceos (o ácidos en general) y las emulsiones asfálticas no es buena, pudiendo llegar a ser necesaria la disminución de la tensión superficial del ligante mediante procesos de activación en los que se carga electropolarmente para crear una adhesividad.

- Agregados Básicos.

Son menos hidrofílicos que los silíceos y se cargan positivamente en presencia de agua. Por ello pueden presentar cierta atracción por los ácidos libres en las emulsiones y, en consecuencia una mejor adhesividad con los mismos. En los pavimentos asfálticos aparte de cuidar y verificar que el ligante asfáltico moje al agregado, se debe tener en cuenta la posibilidad de que el agua en combinación con la acción de los vehículos y en ocasiones con el polvo y suciedad existentes, perturbe la adhesividad, desplazando el ligante asfáltico de la superficie del agregado, que quedará de nuevo descubierta o lavada. La adhesividad pasiva o también llamada resistencia al desplazamiento del ligante dependerá también de los mismos factores químicos y físicos anteriormente citados: afinidad polar por el ligante, espesor de la película y viscosidad del mismo, tensión superficial (ángulo de contacto) y textura superficial.

Los agregados más utilizados en El Salvador para la construcción de la capa de rodadura de pavimentos flexibles y para tratamientos superficiales son extraídos de las diferentes canteras que hay en nuestro país, y cumpliendo con las normas específicas requeridas. Como ejemplo.

- Gravas

Fragmentos de roca limpia, resistente y durable obtenidos mediante un proceso de trituración, clasificación y lavado para asegurar su calidad. El tamaño máximo depende del tipo de obra en el que será utilizada la grava y puede variar desde 3/8" hasta 1 1/2".

Usos:

- Elaboración de concreto hidráulico para zapatas, soleras, vigas, columnas, pedestales, losas, pisos, aceros, cordones, cunetas, etc.
 - Elementos prefabricados
 - Elaboración de mezcla asfáltica y demás referente a pavimentos.
 - Otros usos como filtros para tratamiento de agua y aplicaciones arquitectónicas.
- Arenas

Partículas de roca cuyo tamaño varía entre 0.0025" y 0.08", obtenidas mediante un proceso de trituración, clasificación y lavado para asegurar su calidad. Dependiendo de la materia prima, está puede ser natural o triturada.

Usos:

- Elaboración de concreto hidráulico para zapatas, soleras, vigas, columnas, pedestales, losas, pisos, aceros, cordones, cunetas, etc.
- Elaboración de morteros para pegamento de bloques, mampostería y repellos.
- Elementos prefabricados tales como: postes de concreto, bloques, adoquines y vigas
- Elaboración de mezcla asfáltica y demás referente a pavimentos.

Los agregados que se utilizaran para el diseño de los componentes del Cape Seal tienen las siguientes características:

Agregados Triturados provenientes del banco de materiales de Cantera San Diego (La Libertad, El Salvador). Los agregados seleccionados también deben cumplir los requisitos funcionales de las propiedades geométricas (tamaño, forma), propiedades mecánicas, ausencia de impurezas, inalterabilidad y adhesividad, aspectos que se describieron anteriormente.

3.3. ADITIVOS

Los aditivos pueden ser utilizados para acelerar o retardar la ruptura. El rango apropiado de uso aplicable, debe ser autorizado por el laboratorio como parte de la diseño de la mezcla.

Debido a que en este diseño se está utilizando una emulsión de rompimiento rápido es necesario agregar un aditivo retardante, el cual permita que la mezcla logre pasar por el gusano mezclador de la máquina y así proveer de suficiente tiempo para su colocación, el no hacer esto implicaría que la mezcla del mortero endurecería tan rápido que sería imposible su colocación sobre la carpeta existente, además de esto provocaría el endurecimiento de la mezcla antes de salir del gusano mezclador y provocaría daños a este, causando demoras y posibles daños a la máquina aplicadora. Algunos de estos aditivos pueden ser:

- Sulfato de Aluminio compuesto en agua.

La prueba consiste en realizar mezclas de prueba añadiendo la solución jabonosa y tomándose el tiempo de rompimiento, para este procedimiento se toman 100 gramos de agua y un 20% de Sulfato de Aluminio, lo cual arroja un tiempo de rompimiento, eligiéndose la cantidad y el tiempo suficiente para poder mezclar los elementos del mortero y poder colocar la mezcla.

- Látex.

La modificación con polímeros mejora las propiedades de los asfaltos, como la adhesión, resistencia a las fisuras por bajas temperaturas y resistencia al flujo en altas temperaturas. Mientras que los asfaltos modificados con polímeros pueden ser emulsificados, el látex es una dispersión de polímeros soluble en agua la cual es particularmente conveniente para la modificación de emulsiones. Este puede ser incorporado tanto en la solución jabonosa, como en la fase asfáltica, incluso con menor afectividad post adicionado en la emulsión. La adición en la fase acuosa generalmente ofrece mejores resultados. El látex viene en forma catiónica, aniónica o no-iónica, lo cual es muy importante ya que el tipo de látex debe ser compatible con la emulsión.

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA

Un Cape Seal consiste en la aplicación de un Tratamiento Superficial Simple (TSS) seguido por la aplicación de una lechada asfáltica. Para el diseño se realiza una dosificación por separado para el TSS y otra para la lechada según los métodos establecidos¹⁵.

3.4.1. Ensayos en los Agregados

3.4.1.1. Agregados para tratamiento superficial simple (Chip Seal)

Según el manual básico de emulsiones asfálticas, MS-19, de los métodos de mantenimiento de bajo costo, este es el más importante. Provee una superficie para todo tipo de climas,

¹⁵ www.quimicalatinoamericana.com

renueva pavimentos oxidados, mejora la resistencia al deslizamiento, la demarcación de carriles y sella pavimentos.

Los agregados empleados para la colocación de la primera capa que conforma el Cape Seal deberán cumplir con las propiedades y características que se indican en el manual básico de emulsiones asfálticas, Manual Series N° 19.

- Las partículas de forma plana y alargada no son deseables.
- El desgaste por abrasión no deberá superar el 45%. ASTM C131
- Tamaño de partícula será preferible entre 1/4” y 5/8”, aunque se tomará como referencia los tamaños indicados en la norma ASTM D448, representado en la tabla # 3.1. Granulometría recomendada según ASTM D448 y para fines de diseño en este estudio se elegirá el de 3/4 a 3/8 pulgadas, tomando como criterio que el tráfico es pesado en el tramo de estudio y por lo tanto se necesita un agregado de mayor tamaño.

Tamaño	Tamaño Nominal	Cantidades de fino que pasa en cada tamiz en el laboratorio , porcentaje en masa						
		25 mm (1in)	19 mm (3/4in)	12.5 mm (1/2in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)
6	19.0 a 9.5 mm (3/4 a 3/8 in)	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 15	-	-
8	9.5 a 2.36 mm (3/8 in a N°16)	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Tabla # 3.1 Granulometría recomendada según ASTM D448

3.4.1.2. Agregados para lechada asfáltica.

Una lechada asfáltica es una mezcla de agregados de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, aditivos y agua. Las características que deben cumplir los agregados se presentan en la Tabla # 3.2 Pruebas de calidad de los agregados¹⁶:

Descripción	Norma ASTM	LÍMITES
Prueba de los Ángeles	C 131	35 % composición C o D
Equivalente de arena	D 2419	45% MÍNIMO
Durabilidad	C 88	15 % como máximo utilizando sulfato de sodio; 25 % como máximo utilizando sulfato de magnesio.

Tabla # 3.2 Pruebas de calidad de los agregados.

La Asociación Internacional de Lechadas Asfálticas (Internacional Slurry Surfacing Association) presenta las granulometrías recomendadas para las lechadas asfálticas. Ver Tabla # 3.3 Granulometrías recomendadas para las lechadas asfálticas para cape seal. En donde según método de prueba estándar ASTM C117, para Cape Seal se recomienda emplear lechadas con granulometría Tipo I¹⁷. Tomando como base la experiencia en el diseño de lechadas asfálticas realizadas por ASFALCA, se realizarán los ensayos empleando la granulometría tipo II.

¹⁶Guía de rendimiento recomendado para asfaltos emulsionados slurry seal. ISSA A 105 (REVISION FEBRERO 2010)

¹⁷Manual básico de emulsiones asfálticas, Manual Series 19, página 40.

TIPO DE GRADACIÓN	I	II
Uso general	Sellado de fisuras y sellado fino	sellados en general, superficies de textura media
Tamaño de tamiz	Porcentaje pasante	Porcentaje pasante
3/8 pulgadas.	100	100
Nº 4	100	90 – 100
Nº 8	90 – 100	65 – 90
Nº 16	65 – 90	45 – 70
Nº 30	40 – 65	30 – 50
Nº 50	25 – 42	18 – 30
Nº 100	15 – 30	10 – 21
Nº 200	10 – 20	5 -15
Contenido del residuo de asfalto, en % de peso de agregado seco	10 – 16	7.5 - 13.5
Aplicación en kg/m3 basada en el peso de agregado seco	3.6 – 5.4	5.4 - 9.1

Tabla # 3.3 Granulometrías recomendadas para las lechadas asfálticas para cape seal.

- **Tipo I.** Esta gradación del agregado se utiliza para rellenar vacíos en la superficie, frente a posibles fallas de la superficie, y ofrecer protección contra los elementos. La finura de esta mezcla proporciona la capacidad para la penetración en algunas grietas.
- **Tipo II.** Esta gradación del agregado se utiliza para rellenar vacíos en la superficie, la dirección más severa de las fallas superficiales, el sello, y proporcionar una superficie de desgaste durable.

3.4.2. Ensayos en la Emulsión

3.4.2.1. Ensayos a la emulsión asfáltica para tratamiento superficial simple

Se recomienda, según MS-19, emplear emulsiones asfálticas CRS-2, RS-2. Cabe señalar que el presente Trabajo de Grado se limitará al empleo de emulsiones catiónicas, por lo que la emulsión asfáltica a utilizar para el tratamiento superficial simple es la CRS-2HP y los ensayos aplicables a esta emulsión asfáltica para tratamiento superficial simple son presentados en la Tabla # 3.4 Ensayos a emulsión asfáltica CRS-2H:

TIPO	CRS – 2H	
	MIN	MAX
GRADO		
Ensayos a la emulsión:		
Viscosidad, Saybolt furol a 50° C ASTM D7496	100	400
Prueba de estabilidad de almacenamiento 24- h, % ASTM D6930		1
Demulsibilidad, 35 ml, 0.8 % dioctyl-sulfosuccinato de sodio % ASTM D6936	40	
Capacidad de cubrimiento y resistencia al agua		
Prueba de carga de la partícula ASTM D7402	Positivo	
Prueba de tamiz % ASTM D6933		0.1
Destilación:		
Aceite destilado por volumen de emulsión % ASTM D6997		3

Residuos % ASTM D6997	65	
Ensayos al residuo de la destilación:		
Penetración, 25° C, 100 g ASTM D5	100	250
Ductilidad, 25° C, 5 cm/min, cm ASTM D113	40	
Solubilidad en tricloroetileno % ASTM D2042	97.5	

Tabla # 3.4 Ensayos a emulsión asfáltica CRS-2H

3.4.2.2 Emulsión asfáltica para lechada

Las emulsiones asfálticas utilizadas en las lechadas pueden ser¹⁸ SS – 1, CSS – 1, SS – 1h, QS – 1h, CSS – 1h o CQS – 1h. Para las QS – 1h y CQS – 1h, no se exige el ensayo de mezcla con cemento.

Tomando como base las experiencias de ASFALCA en la elaboración de emulsiones asfálticas, se realizará el tipo CQS – 1H. Los ensayos a realizar se presentan en la Tabla #

3.5 Ensayos a emulsión asfáltica catiónica CQS-1H:

¹⁸Manual básico de emulsiones asfálticas, MS 19, página 44.

TIPO	CQS – 1H	
	MIN	MAX
GRADO		
Ensayos a la emulsión:		
Viscosidad, saybolt furol a 25° C ASTM D7496	20	100
Capacidad de cubrimiento y resistencia al agua:		
Prueba de carga de la partícula ASTM D7402	positivo	
Prueba de tamiz % ASTM D6933		0.1
Destilación:		
Residuos % ASTM D6997	57	
Ensayos al residuo de la destilación:		
Penetración, 25° C, 100 g ASTM D5	40	90
Ductilidad, 25° C, 5 cm/min, cm ASTM D113	40	
Solubilidad en tricloroetileno % ASTM D2042	97.5	

Tabla # 3.5 Ensayos a emulsión asfáltica catiónica CQS-1H

CAPÍTULO IV

4. ENSAYOS PREVIOS AL DISEÑO DEL CAPE SEAL.

4.1. ENSAYOS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE.

4.1.1. Ensayos de calidad de los agregados.

I. Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso de Tamaño Pequeño por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles. (ASTM C131)

A. EQUIPO.

A.1 Horno.

A.2 Balanza.

A.3 Máquina de los Ángeles.

A.4 Tamices.

A.5 Esferas.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Lavar la muestra reducida y secar al horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 F) hasta obtener una masa sustancialmente constante, separar en fracciones de tamaño individuales. Registrar la masa de la muestra antes de la prueba con una precisión de 1 g.

B.2 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina Los Ángeles (Ver Tabla # 4.1) y girar la máquina a una velocidad de 30 a 33 r/min durante 500 vueltas. Después de que sea alcanzado el número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y hacer una separación preliminar de la muestra en un tamiz más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12). Tamizar la porción más fina en un Tamiz de 1.70 mm (No. 12) de una manera descrita conforme a la norma ASTM C136.

B.3 Lave el material más grueso que el de 1.70 mm (No. 12) y el tamiz de secado en horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 F) hasta obtener una masa sustancialmente constante y determinar la masa con una precisión de 1 g.

Si el agregado está esencialmente libre de recubrimientos adherentes y de polvo, el requisito para el lavado después de la prueba es opcional. Sin embargo, en el caso de las pruebas de arbitraje, el procedimiento de lavado se llevará a cabo.

NOTA: La información valiosa relativa a la uniformidad de la muestra bajo prueba se puede obtener mediante la determinación de la pérdida después de 100 revoluciones. La pérdida debe ser determinada por tamizado en seco en el tamiz 1.70 mm sin lavar. La relación de la pérdida después de 100 revoluciones a la pérdida después de 500 revoluciones no debe exceder en gran medida 0.20 para el material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, tener cuidado para evitar pérdida de cualquier parte de la muestra; volver toda la muestra, incluyendo el polvo de fractura, a la máquina de ensayo para los últimos 400 revoluciones necesarias para completar la prueba.

NOTA: Eliminación de lavado después de la prueba rara vez se reducirá la pérdida medida en más de aproximadamente 0.2% de la masa original de la muestra.

Grado		Numero de esferas	Masa de carga, g			
A		12	5000 ± 25			
B		11	4584 ± 25			
C		8	3330 ± 20			
D		6	2500 ± 15			
Tamaño de tamiz		Masa de Tamaños indicados, g				
Paso	Retenido en	Calificaciones				
		A	B	C	D	
37.5 mm (1 ½ in.)	25.0 mm (1 in.)	1 250 ± 25				
25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	1 250 ± 25				
19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	1 250 ± 10	2 500 ± 10			
12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (3/8 in.)	1 250 ± 10	2 500 ± 10			
9.5 mm (3/8 in.)	6.3 mm (¼ in.)			2 500 ± 10		
6.3 mm (¼ in.)	4.75-mm (No. 4)			2 500 ± 10		
4.45-mm (No. 4)	2.36-mm (No. 8)				5 000 ± 10	
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	

Tabla # 4.1 Muestra de ensayo y carga en la máquina Los Ángeles y calificaciones.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE DESGASTE
 ASTM C 131

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Agregado 3/4" procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

MUESTRA	1	2	3	4	5
ENSAYO DE GRADUACION	b	B			
PESO INICIAL	5002	5003			
PESO RETENIDO EN MALLA No. 12	4036	4050			
DIFERENCIA	966.00	953.00			
% DE DESGASTE	19.31	19.05			

OBSERVACIONES

Ensayo # 4.1 Determinación del porcentaje de desgaste en agregado ¾". ASTM C131.

II. Método de Prueba Estándar para la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Grueso. (ASTM C 127)

A. EQUIPO

A.1 Balanza

A.2 Recipiente de muestra

A.3 Tanque con agua.

A.4 Tamices

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Eliminar por tamizado las partículas inferiores a 4.75 mm.

B.2 Lavar la muestra hasta remover el polvo superficial o cualquier materia extraña adherida a las partículas.

B.3 Secar la muestra hasta masa constante en un horno a 110 ± 5 °C.

B.4 Enfriar la muestra al aire a temperatura ambiente por un periodo de 24 ± 4 horas.

B.5 Sumergir la muestra en agua a temperatura ambiente por un periodo de 24 ± 4 horas.

B.6 Pesar la muestra de ensayo de las siguientes maneras:

B.6.1 Pesada al aire ambiente del agregado saturado superficialmente seco.

B.6.1.1 Retirar la muestra del agua y seque superficialmente las partículas, haciéndolas rodar sobre un paño absorbente húmedo hasta que desaparezca la película visible de agua adherida. Secar individualmente las partículas mayores manteniendo el agregado, ya seco superficialmente, cubierto por un

pañó húmedo hasta el momento de pesar. Efectuar toda la operación en el menor tiempo posible.

B.6.1.2 Determinar inmediatamente la masa del agregado saturado superficialmente seco, pesándolo al aire a temperatura ambiente, aproximando a 1 g. registre su valor como SSS.

B.6.2 Pesada sumergida.

B.6.2.1 Colocar la muestra inmediatamente en el recipiente de muestra.

B.6.2.2 Sumergir el recipiente en agua a 20 ± 3 °C, por un periodo de al menos 3 minutos.

B.6.2.3 Determinar la masa sumergida, aproximando a 1 gramo. Registre su valor como SSD¹⁹.

B.6.3 Pesada al aire ambiente del agregado seco.

B.6.3.1 Retirar la muestra del recipiente y vaciarla completamente del recipiente, cuidando de no dejar partículas en el mismo.

B.6.3.2 Secar la muestra hasta obtener una masa constante en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.

B.6.3.3 Enfriar la muestra hasta que se encuentre a temperatura ambiente, en lo posible dentro de un recipiente protegido, para evitar la absorción de humedad del aire.

B.6.3.4 Determinar la masa de la muestra seca, pesándola al aire ambiente, aproximando a 1 gramo.

¹⁹ SSD, término en inglés que se refiere al peso aparente del agregado saturado sumergido en agua.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO
 GRUESO
 ASTM C 127

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Grava 3/4" procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

PESOS	1	2	3	
A: PESO AL AIRE DEL MATERIAL SECO AL HORNO	3115.400	3047.400		<u>PROMEDIO</u>
B: PESO AL AIRE DEL MATERIAL EN CONDICION SSS	3151.700	3081.400		
C: PESO APARENTE SATURADO EN AGUA	1917.700	1878.300		
GRAVEDAD RELATIVA	2.525	2.5330		2.529
GRAVEDAD RELATIVA SSD	2.554	2.5610		2.558
GRAVEDAD RELATIVA APARENTE	2.601	2.607		2.604
GRAVEDAD DEL AGREGADO	2518.320	2526.620		2522.470
GRAVEDAD SSD	2547.670	2554.810		2551.240
GRAVEDAD APARENTE	2594.650	2600.100		2597.380
ABSORCION %	1.165	1.116		1.140

OBSERVACIONES _____

Ensayo #4.2 Gravedad específica y absorción del agregado grueso de 3/4". ASTM C127

III. Método de Prueba Estándar para Densidad Aparente (Peso unitario) y Vacíos en el Agregado. (ASTM C 29).

A. EQUIPO

A.1 Balanza.

A.2 Varilla.

A.3 Molde cilíndrico metálico.

A.4 Pala o cuchara.

A.5 Trozo de vidrio.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Seleccionar el procedimiento a utilizar

B.1.1 Suelto

B.1.2 Varillado

B.1.3 Golpeado

B.2 Anotar el tamaño nominal de la muestra.

B.3 Pesar el molde (gr).

B.4 Anotar las dimensiones del molde (cm).

B.5 Colocar la muestra dentro del molde según procedimiento seleccionado:

B.5.1 Suelto: Llenar el molde por medio de una pala o cuchara, no realizando la descarga del agregado desde una altura superior a las 2 pulg por encima de la parte superior del molde. Tener el cuidado de evitar la segregación de los agregados. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla de tal manera que cualquier

saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.5.2 Varillado: Llenar la medida a un tercio de su capacidad. Sobre la capa de agregado proporcionar 25 golpes con la varilla de apisonamiento, distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar la medida a dos tercios del nivel completo y repetir el procedimiento con la varilla de apisonamiento. Por último, llene hasta rebosar la medida y repita el procedimiento con la varilla de nuevo de la manera mencionada anteriormente. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla, de tal manera cualquier saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.5.3 Golpeo: Llenar la medida a un tercio de su capacidad, elevar los lados opuestos alternativamente alrededor de 2 pulgadas (50 mm), y permitir la caída de tal manera que se tenga un fuerte golpe. Las partículas de agregado, de este procedimiento, se organizarán en una condición densamente compactada. Llenar la medida a dos tercios del nivel completo y repetir el procedimiento de caída. Por último, llene hasta rebosar la medida y repita el procedimiento de la manera mencionada anteriormente. Compactar cada capa dejando caer la medida 50 veces de la manera descrita, 25 veces en cada lado. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla, de tal manera cualquier saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.6 Tomar el peso del molde más la muestra del agregado.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

PESOS VOLUMÉTRICOS Y VACIOS EN EL AGREGADO
 ASTM C 29

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Agregado 3/4" procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

TAMAÑO NOMINAL DE MUESTRA	19	Mm
PESO DEL MOLDE (gr)	6497	
DIAMETRO DE MOLDE (cm)	15.21	
ALTURA DE MOLDE (cm)	11.65	
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	2116.78	

suelto varillado golpeado

ENSAYO No.	peso de muestra + molde (gr)	peso de molde (gr)	peso neto (gr)	volumen (cm ³)	peso volumétrico (gr/cm ³)
1	9360.2	6497	2863.2	2116.78	1.353
2	9362.5	6497	2865.5	2116.78	1.354
3	9360.6	6497	2863.6	2116.78	1.353

PROMEDIO 1.353 gr/cm³

1353 Kg/m ³

CÁLCULO DE % DE VACÍOS
INTERPARTICULAS
% Vacíos = $100 [(S * W) - M] / (S * W)$

S	Gravedad especifica de acuerdo a ASTM C 127	2.529	
W	Densidad del agua a 25° C	998	Kg/m3
M	Peso volumétrico	1353.05	Kg/m3

% Vacíos	46.39
----------	-------

OBSERVACIONES El ensayo se ejecutó con el agregado seco al 100%

Ensayo #4.3 Pesos volumétricos y vacíos en el agregado de 3/4". ASTM C29.

IV. Método de Prueba Estándar para el Análisis de Tamiz de Agregados Finos y Gruesos y Método de Prueba Estándar para los Materiales más Finos que 75 micras (No. 200) de los Agregados Minerales por Lavado. (ASTM C 136 y ASTM C 117).

A. EQUIPO

A.1 Balanza.

A.2 Tamices.

A.3 Recipiente contenedor para lavado de muestra de ensayo.

A.5 Horno eléctrico con capacidad para 110 °C.

A.6 Guantes de asbesto, espátula, brocha.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 La muestra de ensayo deberá estar seca, para lo cual se requiere que la porción del material de donde será obtenida ésta, se seque al horno hasta obtener un peso constante, por un periodo de 18 a 24 horas, a una temperatura de 105 ± 5 °C.

B.2 Transcurrido este tiempo, se deja enfriar a temperatura ambiente y luego se cuartea esta porción. Registrar este peso.

B.3 Obtenida la muestra de ensayo, se deposita en el recipiente contenedor para lavado, se agrega agua potable dentro de este recipiente y se remueve manualmente el agregado para facilitar el desprendimiento del fino.

B.4 Se decanta el recipiente sobre la malla N° 200 de tal forma que el agua enturbiada por los finos desprendidos pase a través de esta. Agregar más agua dentro del recipiente y

volver a remover el agregado para lograr nuevamente que los finos se pongan en suspensión. Si en la malla se ha retenido mucho material, se procede a lavar únicamente este, agregando agua directamente sobre dicho material.

B.5 Luego se pesa para obtener el peso perdido por lavado, después se seca la muestra dejándola en el horno por un periodo de 18 a 24 horas a una temperatura de 105 ± 5 °C.

B.6 Cuando se tiene seco el material, se colocan diferentes tamices con su respectivo fondo, por los cuales se hacen pasar la muestra y obtener el peso retenido en cada malla.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL
 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO Y
 FINO
 ASTM C 136 y C 117

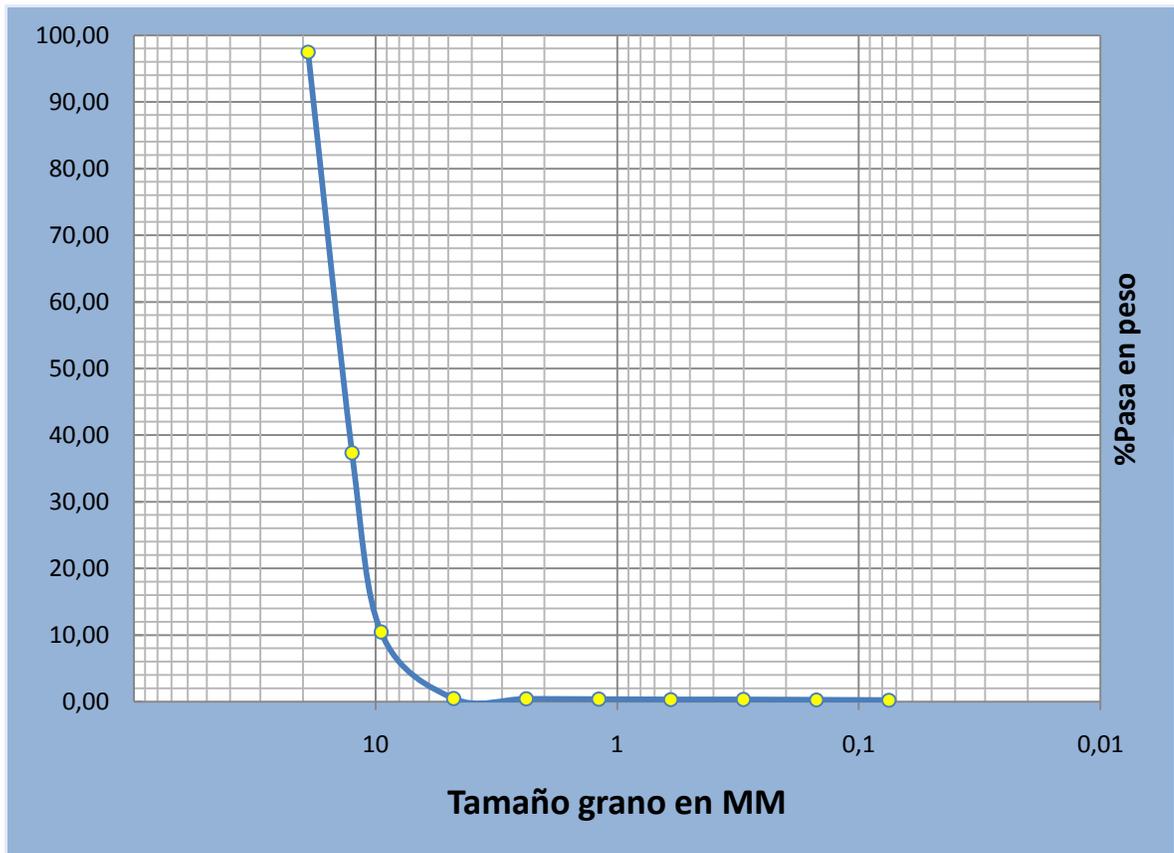


PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Agregado 3/4" procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

MATERIAL ANTES DEL LAVADO					MATERIAL LAVADO			
Peso bruto en seco + peso tara (gr)		5308.4			Peso de tara (gr)		265.2	
Peso de tara (gr)		265.2			P. seco lavado + tara (gr)		5298.7	
Peso seco neto sin lavar (gr)		5043.2			Peso seco neto lavado (gr)		5033.5	
Revestimiento de material menor a No. 200, adherido al agregado, después de primer tamizado en seco								
UNIDADES							Grs	%
Cálculo del pasante de la malla No.200 por lavado							9.7	0.19
Pasante de la malla No.200 después de primer tamizado en seco							3.3	0.07
Revestimiento adherido al agregado							0.07	
MALLA		PESO	% RETENIDO		%	ESPECIFICACION		
Pulg	Mm	Retenido parcial	Parcial	Acumulado	que pasa	MIN	MAX	
2	51	0.00	0.00	0.00	100.0			
1 ½	38	0.00	0.00	0.00	100.0			
1	25	0.00	0.00	0.00	100.0		100	
¾	19	125.50	2.49	2.49	97.5	90	100	
½	12.50	3035.70	60.19	62.68	37.3	20	55	
3/8	9.50	1356.00	26.89	89.57	10.4	0	15	
No. 4	4.76	502.50	9.96	99.53	0.5	0	15	
No. 8	2.36	3.00	0.06	99.59	0.4			
No. 16	1.18	1.50	0.03	99.62	0.4			
No. 30	0.60	1.50	0.03	99.65	0.3			

No. 50	0.30	1.00	0.02	99.67	0.3		
No. 100	0.15	1.50	0.03	99.70	0.3		
No. 200	0.075	2.00	0.04	99.74	0.3		
FONDO		13.00	0.26	100.00	0.0		
TOTALES		5043.2	100				

Ensayo # 4.4 Análisis granulométrico de agregado grueso y fino. ASTM C136 Y ASTM C117



Gráfica # 4.1. Curva granulométrica ASTM C136

4.1.2. Ensayos para caracterizar emulsión CRS – 2Hp.

(Emulsión catiónica de rompimiento rápido de alta viscosidad)²⁰

I. Método de Prueba Estándar para la Viscosidad de la Emulsión Asfáltica por Viscosímetro Saybolt Furol (SSF) A 50°C. (ASTM D7496)

Las determinaciones se realizan a 25 °C o 50 °C (77 o 122 °F), pudiendo emplearse el viscosímetro, aún en el caso en que el tiempo empleado para fluir, sea menor de 20 segundos.

A. EQUIPO

A.1. Viscosímetro.

A.2. Tamiz de 850 mm (No. 20).

A.3. Bañera.

A.4. Cronómetro

B. PROCEDIMIENTO

Vierta la muestra de emulsión asfáltica en una botella de tamaño apropiado (aproximadamente 120 ml). Coloque la botella sellada en un baño de agua u horno mantenido a 51.4 ± 0.3 °C (124.5 ± 0.5 F) durante 30 minutos. Retire el vaso del baño o en el horno y mezclar la muestra mediante la inversión de la botella varias veces lentamente lo suficiente para evitar la formación de burbujas.

Verter la muestra en el viscosímetro a través del tamiz de 850 mm o colador de malla 20 hasta que esté por encima del borde de rebose. Se agita la emulsión asfáltica en el

²⁰ Basado en ASTM D 244.

viscosímetro a 60 revoluciones por minuto con el dispositivo termométrico, evitando la formación de burbujas.

Ajustar la temperatura del baño hasta que la temperatura del asfalto emulsionado se mantenga constante durante 1 minuto a 50 ± 0.1 °C (122 ± 0.2). Retirar el dispositivo termométrico. Quite rápidamente el exceso de emulsión asfáltica de la galería con una aspiración pipeta o una manguera de vacío. Tomar nota de los resultados al segundo más cercano.

II. Método de Prueba Estándar para la Liquidación y Estabilidad de Almacenamiento de la Emulsión Asfáltica. (ASTM D 6930).

A. EQUIPO

A.1. Cilindro de capacidad 500 ml de vidrio.

A.2. Pipeta de vidrio de 50 ml.

A.3. Balanza. Capacidad 1000 g de precisión 0.1 g.

A.4. 2 Vasos de capacidad 1000 ml.

A.5. Agitador.

A.6. Horno. Capacidad de 163 ± 3 °C.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Llevar la emulsión asfáltica a temperatura ambiente, 22 °C a 28 °C. Coloque una muestra de 500 ml de representación en el cilindro de cristal. Tapar la probeta y dejar que repose a temperatura de aire de laboratorio 22°C a 28 °C, durante 24 h para la estabilidad de almacenamiento o 5 días para la prueba de la liquidación. Después de reposar durante este período, eliminar aproximadamente 55 ml de emulsión asfáltica desde la parte superior del cilindro por medio de la pipeta o sifón sin perturbar el resto de la muestra. Agite la parte de 55 ml.

B.2 Pesar 50.0 ± 0.1 g de la muestra en un vaso de 1000 ml pesado o vaso de precipitado de metal que ha sido previamente pesado con una varilla de vidrio.

B.3 Después de la separación de la parte superior, desviar 390 ml (aproximadamente) desde el cilindro. Agite la emulsión asfáltica que queda en el cilindro. Pesar 50.0 ± 0.1 g en un vaso de 1000 ml previamente pesado o vaso metálico con una varilla de vidrio.

B.4 Ajuste de la temperatura del horno a 163 ± 3 °C y colocar los vasos de precipitados que contienen las varillas y la muestra en el horno durante 2 h. Al final de este período, retire cada vaso de precipitados y revuelva bien el residuo. Vuelva a colocar en el horno durante 1 h, después de quitar los recipientes del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente, y pesar, con las varillas.

C. CÁLCULO E INFORME

C.1 Se calcula la estabilidad durante el almacenamiento o la liquidación del cilindro de la siguiente manera: Estabilidad durante el almacenamiento, % DE SEDIMENTACION EN 5

DIAS=(% R.A. (FONDO) - % R.A (TOP))

Y % R.A. = $1 - ((B - C) / (3 - A))$

En donde:

A=PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO

B=PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION

C=PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO

III.Método de Prueba Estándar para Determinar la Demulsibilidad de la Emulsión Asfáltica. (ASTM D 6936)

A. EQUIPO

A.1. Malla, 1.40mm de malla de al menos 125 mm de lado.

A.2. Vaso de precipitados de capacidad mínima de 300 ml.

A.3. Agitador, de aproximadamente 10 mm de diámetro.

A.4. Bureta, de 50 ml de vidrio bureta graduada en intervalos de 0.1 ml.

A.5. Solución de cloruro de calcio (1.11 g / L) -1.11 g de cloruro de calcio (CaCl₂) disuelto en agua destilada o desionizada y se diluye en 1 L.

A.6. Solución de cloruro de calcio (5.55 g / L) -5.55 g de cloruro de calcio (CaCl₂) disuelto en agua destilada o desionizada y se diluye en 1 L.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Determinar el porcentaje de residuos, tal como se describe en VI. Método de prueba estándar para la destilación de la emulsión asfáltica D6997.

B.2 Registrar el peso del conjunto que consta de: el vaso de precipitados de metal (capacidad mínima 300 ml), varilla de agitación de metal, y la malla.

B.3 Pesar 100 ± 0.1 g de emulsión asfáltica a 25 ± 1.0 ° C en el vaso de 300 ml pesar conjunto. Poner la muestra pesada de emulsión y el reactivo adecuado a una temperatura de 25 ± 1.0 ° C.

B.4 En un período de aproximadamente 2 minutos, añadir el reactivo apropiado (a temperatura ambiente) al vaso de metal, desde una bureta:

B.4.1 35 ml de solución de CaCl_2 0.02 N (1.11 g / L) para emulsiones asfálticas aniónicas de rotura rápida, o

B.4.2 50 ml de solución de CaCl_2 0.10 N (5.55 g / L) para emulsiones asfálticas aniónicas de rotura media, o

B.4.3 35 ml de solución de dioctil sulfosuccinato de sodio (0.80%) para emulsiones asfálticas catiónicas de rotura rápida.

B.5 Mientras se va añadiendo la solución (B.4.1, B.4.2, o B.4.3), se agita el contenido del vaso de precipitados de metal o recipiente de forma continua y vigorosamente, amasando los grumos contra los lados del vaso de precipitados de metal o recipiente para asegurar la mezcla completa del reactivo con la emulsiones asfálticas.

B.6 Continuar amasando grumos durante 2 minutos después de haber añadido toda la solución.

B.7 Decantar toda la mezcla de emulsión asfáltica de forma continua y el reactivo en la malla. Enjuague el vaso de precipitados de metal o recipiente que contiene la muestra y la varilla de metal con agua destilada, verter el agua de enjuague a través de la malla. Amasar y disolver todos los grumos, y continuar lavando el vaso o recipiente de metal, varilla, y la malla hasta que el agua de enjuague drene clara.

B.8 Colocar el tamiz encerrando el residuo de asfalto en el vaso de precipitados de metal o recipiente con la varilla de metal. Colocar el conjunto a 163 ± 3 ° C en un horno de secado durante 1 h. Dejar el recipiente y el contenido para enfriar y pesar. Repetir la calefacción y pesar hasta obtener pesos sucesivos que no difieran en más de 0.1 g.

C. CÁLCULO E INFORME

C.1 Restar el peso de tara del conjunto del peso del conjunto de secado para obtener el residuo demulsibilidad.

Calcular la demulsibilidad de la siguiente manera:

$$\text{Demulsibilidad, \%} = (A / B) \times 100$$

Dónde:

A = peso del residuo demulsibilidad de la prueba de la muestra de emulsión asfáltica, y

B = peso del residuo en 100 g de la emulsión asfáltica.

IV. Método de Prueba Estándar para las Partículas de Gran Tamaño en la Emulsión Asfáltica (Prueba de tamiz %). (ASTM D 6933)

A. EQUIPO

A.1. Tamiz de 850 μm

A.2. Batea o cazuela.

A.3. Termómetro.

A.4. Solución Agente tensioactivo no iónico (1%) -1 g de no iónico tensioactivo disuelto en agua destilada y diluido en 100 ml.

A.5. Agua destilada o desionizada

A.6. Balanza, capacidad de 2000 g \pm 1 g y 500 g \pm 0.1 g.

A.7. Horno capaz de mantener una temperatura de 110 \pm 5 ° C.

A.8. Desecador.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 La temperatura a la que se realizará la prueba de tamiz se relaciona con la viscosidad de la emulsión asfáltica. Para aquellos materiales cuya viscosidad Saybolt Furol en segundos según lo determinado por el método de prueba D244 es 100 s o menos en 25 °C y aquellos cuya viscosidad se especifica a 50 ° C, utilice una temperatura de ensayo de 50 \pm 3 °C.

B.2 Determinar el peso del tamiz y la bandeja con una precisión de 0.1 g y grabar esta masa como "A". Humedezca la tela metálica con una solución de tensioactivo no iónico.

B.3 Determinar la masa del recipiente de la muestra que contiene la emulsiones asfálticas a 0.1 g. Anote esta masa como "C". Derramar 800 a 1000 g de la emulsión asfáltica a través

del tamiz (si el recipiente de muestra contiene 800-1000 g de la muestra, se vierte todo el contenido). Determinar la masa del recipiente de la muestra que contiene la emulsión asfáltica previamente a 0.1 g. Registre esta masa como "D". Lavar el residuo en el tamiz con agua destilada o agua desionizada hasta que los lavados sean transparentes.

B.4 Colocar el recipiente debajo de la criba y calentar durante 2 h en el horno de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C. Dejar enfriar en un desecador. Determinar la masa del tamiz, cazuela, y al resto de los 0.1 g más cercanos. Anotar esa masa como "B".

C. CÁLCULO

C.1 Se calcula el porcentaje de la muestra retenida en el tamiz como sigue:

Las partículas de gran tamaño, % = $[(B - A) / (C - D)] * 100$.

Dónde:

A = masa del tamiz y cazuela, g,

B = masa del tamiz, cazuela, y el residuo,

C = masa del recipiente de la muestra completa, g, y

D = masa del recipiente vacío, g.

D. INFORME

D.1 Indique el porcentaje en masa de materia retenida en el tamiz (residuo).

V. Práctica Estándar para la Identificación de la Emulsión Asfáltica Catiónica.

(ASTM D 7402)

El ensayo está basado en la diferente carga eléctrica, negativa o positiva, que poseen las partículas bituminosas en las emulsiones aniónicas o catiónicas, y consiste en introducir en la emulsión una pareja de electrodos unidos a una fuente de alimentación de corriente continua, observando, al cabo de un tiempo, en que electrodo se ha depositado la película de ligante (ver Figura # 4.1 Esquema de ensayo de carga eléctrica de una emulsión.)

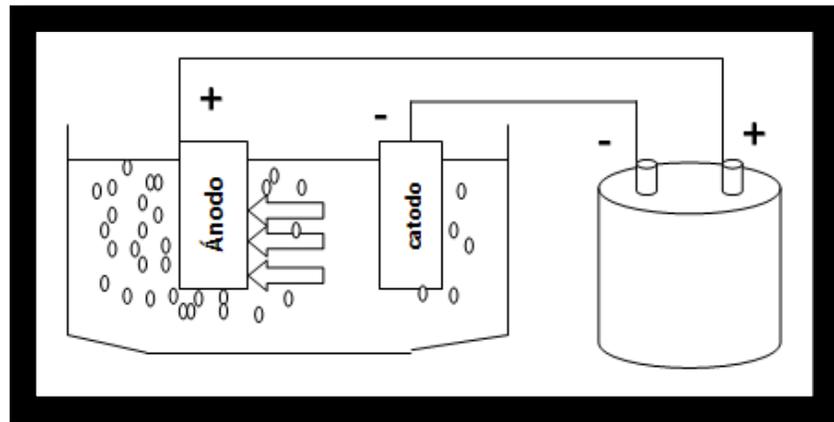


Figura # 4.1 Esquema de ensayo de carga eléctrica de una emulsión.

A. EQUIPO

A.1. Fuente de corriente continua de 12 V.

A.2. Electrodo: Dos placas de acero inoxidable, de 25 mm de ancho y 101.6 mm de largo.

A.3. Vasos de vidrio de 150 ó 250 cm³ de capacidad.

B. PROCEDIMIENTO

B.1. La muestra de emulsión se vierte en un vaso de vidrio en cantidad tal que permita sumergir 25mm los electrodos dentro de ella.

B.2. Se montan los electrodos, previamente limpios y secos, y se introducen en la emulsión hasta la señal de enrase de 25 mm.

B.3. Se conectan los electrodos a la fuente de alimentación y se ajusta la intensidad de la corriente, mediante la resistencia variable, hasta unos 8 mA, poniendo en marcha al mismo tiempo un reloj.

B.4. Cuando la intensidad de la corriente baje a 2 mA o hayan transcurrido 30 minutos, se desconecta la corriente, desmontar los electrodos y se lava con agua.

B.5. Finalmente, se observa el depósito que queda en los electrodos; una emulsión catiónica producirá un depósito apreciable de ligante en el cátodo (electrodo negativo), mientras que el ánodo (electrodo positivo), permanecerá limpio. Por el contrario, en una emulsión aniónica el depósito aparecerá en el ánodo, permaneciendo el cátodo limpio.

C. INFORME

C.1 El resultado expresará que la carga de la partícula es "positiva", si la película de ligante se deposita en el cátodo, y "negativa", si se deposita en el ánodo.

**VI. Método de Prueba Estándar para Destilación de la Emulsión Asfáltica.
(Determinación Cuantitativa de Porcentaje de Residuos). (ASTM D6997).**

A. EQUIPO

A.1. La destiladora de aleación de aluminio.

A.2. Junta de sello.

A.3. Fuentes de calor.

A.4. Aparato de conexión que consta de aproximadamente 12 mm de vidrio o tubo de conexión de metal.

A.5. Cilindro graduado de 100 ml, con intervalos de graduación de 1.0 ml.

A.6. Termómetro.

A.7. Balanza capaz de pesar 3500 g y con una precisión de ± 0.1 g.

A.8. Tapones de corcho.

A.9. Tubos resistentes al calor tubo de goma.

A.10. Tamiz de 300 micras.

B. ACONDICIONADO PARA LAS PRUEBAS

B.1 Las emulsiones asfálticas se agitan bien para lograr homogeneidad antes del ensayo.

B.2 Las emulsiones asfálticas con los requisitos de prueba de viscosidad de 50 ° C se calientan a 50 ± 3 ° C en el recipiente de la muestra original en un baño de agua o en el horno. El recipiente debe ser ventilado para aliviar la presión. Después que la muestra alcanza 50 ± 3 ° C, se agita la muestra para lograr homogeneidad.

B.3 Las emulsiones asfálticas con los requisitos de prueba de viscosidad de 25 °C se deben acondicionar a 25 ± 3 ° C en el envase original de la muestra para lograr homogeneidad. Después de que la muestra alcanza 25 ± 3 ° C, se agita la muestra para lograr homogeneidad.

B.4 Las emulsiones asfálticas presentados para probar desde un tanque de almacenamiento pueden ser probados en la temperatura del depósito. No se requiere acondicionado como en B.2 y B.3.

C. PROCEDIMIENTO

C.1 Determinar la masa de la destiladora de aleación de aluminio.

C.2 Añadir 200 ± 1.0 g de una muestra representativa de la emulsión asfáltica. Anote esta masa.

C.3 Sujetar firmemente la tapa de la destiladora. Si se utiliza una junta, insertar entre la destiladora y la cubierta antes de la sujeción.

C.4 Insertar el dispositivo de medición de la temperatura primero a través de un tapón de corcho o de silicona, y luego uno de los pequeños orificios de la cubierta.

C.5 Colocar el quemador de anillo alrededor de la destiladora de aproximadamente de 150 mm de la parte inferior de la destiladora. Aplique calor al encender este quemador y el ajuste a fuego lento.

C.6 Cuando la temperatura alcanza aproximadamente 215 °C, mover el quemador de anillo aproximadamente a nivel con la parte inferior de la destiladora. Aumentar la temperatura a 260 ± 5 °C, manteniéndola a esta temperatura durante 15 min. Completar la destilación total 60 ± 15 minutos de la primera aplicación de calor.

C.7 Inmediatamente después de la expiración del período de calentamiento, apague la llama y de nuevo pese la destiladora y accesorios según se describe en C.1. La destiladora de aleación de aluminio a temperatura ambiente (C.1) pese 1.5 g a más de 260 ° C. para corregir este error mediante la adición de 1.5 g de peso bruto obtenido antes de calcular el porcentaje de residuo por destilación. Calcular por D.1 y reportar el residuo en porcentaje por destilación. Registrar el volumen de aceite destilado de 0.5 ml a la más cercana. Calcular por D.2 y reportar el aceite destilado como un porcentaje en volumen de la emulsión asfáltica total basado en el peso de la muestra cómo se registra en C.2.

C.8 Remover el contenido de la destiladora agitando suavemente el residuo.

Esto se puede hacer usando un movimiento de torbellino o agitación con una larga varilla de vidrio o de acero para obtener un material consistente antes de verter. Retire la tapa del destilador y verter inmediatamente porciones adecuadas de los residuos en un contenedor o moldes necesarios para el análisis de residuos. Si hay materia extraña se desconfía de el residuo, se vierte la material a través de un tamiz antes de verter en los moldes de ensayo y el recipiente.

D. CÁLCULO

D.1 Calcular el porcentaje de residuos en la muestra siguiente:

$$\text{Agua \%} = [(\text{ME}-\text{MR}) / (\text{ME}-\text{TR})] * 100$$

$$\% \text{RA} = 100 - \text{agua \%}$$

Dónde:

TR = peso de alambique

ME = peso de alambique + emulsión

$MR = \text{peso alambique} + \text{residuo}$

D.2 Calcular el % del destilado de petróleo de la siguiente manera:

Destilado de Petróleo, % = (Volumen de aceite registrado en 0.5 ml / peso de la muestra más cercana)*100. Registre el % de aceite destilado con precisión de 0.1%.

E. INFORME

E.1 Indique el porcentaje de residuos en la muestra y el porcentaje de destilado de aceite.

**VII. Método de Prueba Estándar para la Penetración de Materiales
Asfálticos. (ASTM D5)**

A. EQUIPO.

A.1. Aparato de Penetración.

A.2. Penetración de la aguja:

A.2.1. Aguja.

A.3. Contenedor de muestra: Se utilizará un envase cilíndrico de fondo plano, de metal o vidrio, con las siguientes dimensiones (Ver Tabla # 4.2):

Para penetraciones por debajo de 40	
Diámetro mm	33 a 50
Profundidad interna mm	8 a 16
Para penetraciones por debajo de 200	
Diámetro mm	55
Profundidad interna mm	35
Para penetraciones entre 200 y 350	
Diámetro mm	55 a 75
Profundidad interna mm	45 a 70
Para penetraciones entre 350 y 500	
Diámetro mm	55
Profundidad interna mm	70

Tabla # 4.2 Método de prueba estándar para la penetración de materiales bituminosos.

A.4. Bañera. Un baño capaz de mantener una temperatura de 25 ± 0.1 °C (77 ± 0.2 F) o cualquier otra temperatura de prueba de 0.1 °C.

A.5. Plato de Transferencia. Cuando se utiliza, el plato de transferencia deberá tener una capacidad de al menos 350 ml.

A.6. Dispositivo de Sincronización. Temporizador eléctrico, un reloj de parada u otro dispositivo, siempre que se gradué en 0.1 s o menos y tenga una precisión de ± 0.1 s durante un intervalo de 60 s.

A.7. Termómetros. Máxima escala de error de 0.1 °C (0.2 °F).

A.7.1. Los termómetros adecuados comúnmente usados son:

Número ASTM	Alcance
17°C o 17°F	19 a 27 °C (66 a 80 °F)
63°C o 63°F	-8 a +32 °C (18 y 89° F)
64°C o 64°F	25 a 55 °C (77 a 131° F)

B.PREPARACIÓN DE LA PROBETA

B.1 Si la muestra no es lo suficientemente fluida como se recibió, se calienta la muestra con cuidado, revolviendo siempre que sea posible para evitar un sobre calentamiento local, hasta que se ha convertido en lo suficientemente fluida para verter. Revuelva para garantizar que la muestra es homogénea. Evite la incorporación de burbujas en la muestra.

B.2 Verter la muestra en el recipiente de ensayo a una profundidad de tal manera que, cuando se enfría a la temperatura de prueba, la profundidad de la muestra sea al menos 120% de la profundidad a la que se espera que la aguja penetre. Vierta porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo. Si el recipiente de la muestra es al menos

de 65 mm de diámetro y la penetración esperada es mayor que 200, vierta tres porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.

B.3 Dejar enfriar al aire a una temperatura de entre 15 y 30 °C durante un intervalo de 45 min a 1.5 h para un contenedor pequeño (33 * 16 mm o menos), 1 a 1.5 h para el medio (55 * 35 mm) de contenedores y de 1.5 a 2 h para recipientes más grandes. A continuación, coloque las muestras junto con el plato de transferencia, si se utiliza, en el baño de agua mantenido a la temperatura de ensayo prescrito. Deje que el recipiente pequeño (33 * 16 mm o menos) permanecer durante 45 minutos a 1.5 h, el medio (55 * 35 mm) contenedor de permanecer durante 1 a 1.5 h y los recipientes más grandes para permanecer por 1.5 a 2 h.

B. ACONDICIONADO PARA LA PRUEBA

C.1 Cuando las condiciones de prueba no son específicamente las mencionadas, la temperatura, la carga, y el tiempo se entiende que son 25 °C (77 F), 100 g, y 5 s, respectivamente. Otras condiciones pueden ser utilizadas para pruebas especiales, tales como las siguientes (Ver Tabla # 4.3):

Temperatura, ° C (°F)	Cargar, g	Tiempo, s
0 (32)	200	60
4 (39.2)	200	60
45 (113)	50	5
46.1 (115)	50	5

Tabla # 4.3 Condiciones para pruebas especiales.

En tales casos se informará de las condiciones específicas de la prueba.

D. PROCEDIMIENTO

D.1 Examine el soporte de la aguja y la guía para establecer la ausencia de agua y otros materiales extraños. Si se espera una penetración superior a 350 hacer uso de una aguja larga, de lo contrario utilizar una aguja corta. Limpiar una aguja de penetración con tolueno u otro disolvente adecuado, secar con un paño limpio e inserte la aguja en el penetrómetro. A menos que se especifique lo contrario, el peso de 50 g por encima de la aguja, por lo que el peso total de 100 ± 0.1 g.

D.2 Si las pruebas se harán con el penetrómetro en el baño, colocar el recipiente de la muestra directamente en el soporte sumergido del penetrómetro. Mantenga el recipiente de la muestra completamente cubierta con agua en el baño. Si las pruebas se realizan con el penetrómetro fuera del baño, coloque el recipiente con la muestra en el plato de transferencia, cubrir el recipiente con agua completamente desde el baño a temperatura constante y coloque la bandeja de transferencia en el pie del penetrómetro.

D.3 Uso del indicador de nivel, asegúrese de que el aparato está nivel.

D.4 Tomar nota de la lectura del dial del penetrómetro o traer el puntero a cero. Coloque la aguja lentamente bajarla hasta que su punta sólo haga contacto con la superficie de la muestra. Si el recipiente se mueve, ignorar el resultado.

D.5 Hacer al menos tres determinaciones en puntos de la superficie de la muestra no menos de 10 mm desde el lado del recipiente y no menos de 10 mm entre sí. Si el plato de transferencia se utiliza, reintroducir la muestra y transferir plato al constante baño de temperatura entre las determinaciones. Utilice una aguja para cada determinación. Si la penetración es mayor que 200, utilizar por lo menos tres agujas dejándolos en la muestra

hasta que las tres determinaciones se han completado. Si la muestra recipiente es menos de 65 mm de diámetro y la esperada la penetración es mayor que 200, hacer una penetración en cada uno de los tres contenedores diferentes.

E. INFORME

E.1 Informe a la unidad entera más cercana a la media de las tres penetraciones cuyos valores no difieren en más de la siguiente tabla:

Penetración	0 a 49	50 a 149	150 a 249	250 a 500
Diferencia máxima entre más alto y la penetración más baja	2	4	12	20

Tabla # 4.4 Rangos de la unidad entera más cercana.

**VIII. Método de Prueba Estándar para la Ductilidad de los Materiales
Asfálticos. (ASTM D113)**

A. EQUIPO

A.1. Molde

A.2. Bañera. El volumen de agua será no menos de 10 L, y la muestra se sumergirá en una profundidad de no menos de 10 cm.

A.3. Máquina de prueba - Para tirar de la briqueta de materiales bituminosos.

A.4. Clips separadores.

A.5. Termómetro.

Rango de temperatura	Termómetro ASTM No.
----------------------	---------------------

-8 a 32 °C

63 °C

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Montar el molde sobre una placa de bronce. Con una fina capa de una mezcla de glicerina y dextrina, talco o caolín (arcilla de China) para evitar que el material bajo prueba se pegue. Cuidadosamente calentar la muestra para evitar el sobrecalentamiento local hasta que se ha convertido suficientemente fluida para verter. Colar la muestra fundida a través de un tamiz de 300 micras. Después de una minuciosa agitación, se vierte en el molde.

Deje que el molde que contiene el material de enfriamiento a temperatura ambiente durante un período de 30 a 40 minutos y luego se coloca en el baño de agua se mantiene a la temperatura de ensayo especificado durante 30 min; a continuación, cortar el exceso de betún con cuchillo caliente de masilla de bordes rectos o espátula.

B.2 Mantener la pieza en el estándar de temperatura. Coloque la placa de bronce y el molde, con briqueta, en el baño de agua y mantenga a la temperatura especificada durante un periodo de 85 a 95 min. A continuación, retire la briqueta de la placa, retire las piezas laterales, y probar inmediatamente la briqueta.

B.3 Pruebas. Fije los anillos en cada extremo de los clips a los alfileres o ganchos en la máquina de ensayo y tire de los dos clips separados a una velocidad uniforme tal como se especifica hasta las rupturas de briquetas. La variación del 65% de la velocidad especificada será permitida.

Medir la distancia en centímetros a través del cual los clips se han retirado para producir la rotura. Mientras que la prueba se está haciendo, el agua en el tanque de la máquina de ensayo debe cubrir la muestra tanto por encima como por debajo de ella por lo menos 2.5 cm y se mantendrán continuamente a la temperatura especificada en 0.5 °C.

IX. Método de Prueba Estándar para la Solubilidad de Materiales Asfálticos en Tricloroetileno % (ASTM D 2042).

A. EQUIPO

A.1. Aparato de filtración. Los detalles de las partes componentes son las siguientes:

A.1.1. Crisol (Recipiente) de Asfalto o crisol Gooch, transparente por dentro y por fuera, con la excepción de la superficie inferior externa.

A.1.2. Las dimensiones aproximadas deberán ser de un diámetro de 44 mm en la parte superior, que se estrecha a 36 mm en la parte inferior, y una profundidad de 20-30 mm.

A.1.3. Filtros de vidrio con almohadilla de microfibra, de 32-34 mm de diámetro, porosidad fina, la tasa de flujo rápido, retención de partículas de 1.5 micras.

A.1.4. Matraz de filtración, de pared gruesa, con tubo lateral, 250 o 500 ml de capacidad.

A.1.5. Tubo de filtro, 40 a 42 mm de diámetro interior.

A.1.6. Tubería de goma o el adaptador, para mantener el crisol en el tubo de filtro.

A.1.7. Erlen Meyer, 125 ml.

A.1.8. Horno, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 ° C

A.2. Reactivo

A.2.1. Tricloroetileno, grado técnico.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Preparación de Crisol

Colocar en el crisol un espesor de la capa de filtro en un horno a 110 ± 5 ° C durante 15 min, se deja enfriar en un desecador para 30 ± 5 min, y a continuación determinar la masa de aproximadamente 0.1 mg. Designar esta masa como A. Conservar en el desecador hasta que esté listo para su uso.

B.2 Preparación de la muestra. En el caso que la muestra no es fluida, la temperatura conveniente debe ser no más de 100 °C por encima del punto de ablandamiento. Normalmente, la temperatura a la que se ejecuta esta prueba no es crítica, y puede llevarse a cabo a la temperatura de ambiente del laboratorio. Para las pruebas a evaluar, el matraz y la muestra en solución se colocarán en un baño de agua mantenido a 38.0 ± 0.3 ° C durante 1 h antes de filtrar. Transferir aproximadamente 2 g de la muestra en un matraz Erlen Meyer de 125 ml u otro recipiente adecuado, que permita que la muestra se enfríe a temperatura ambiente y luego determinar la masa de 1 mg. Designar esta masa como B.

Añadir 100 ml del tricloroetileno en el contenedor en pequeñas porciones con agitación continua hasta que todos los grumos desaparezcan y no se adhieran a la muestra sin disolver al recipiente. Tapar el frasco o no cubrir el recipiente y deje reposar por lo menos 15 min. Colocar el crisol previamente preparado y pesado en el tubo de filtrado. Humedezca la almohadilla del filtro con una pequeña porción de tricloroetileno y decantar la solución a través de la capa de filtro del crisol con o sin aspiración de luz que sean necesarias. Cuando la materia insoluble es apreciable, conservar tanto como sea posible en el recipiente hasta que la solución se haya drenado a través de la capa. Lavar el recipiente con una pequeña cantidad de disolvente y utilizando una corriente de disolvente a partir de una botella de lavado, transferir toda la materia insoluble para el crisol. Utilice un colador

si es necesario para eliminar cualquier materia insoluble adherida al recipiente. Enjuagar el colador y el recipiente completamente. Lavar la materia insoluble en el crisol con el disolvente hasta que el filtrado es sustancialmente incoloro, a continuación, aplicar succión fuerte para eliminar el disolvente restante. Quitar el filtro del tubo, lavar la parte inferior libre de cualquier materia disuelta, y colocar el crisol en la parte superior de un horno o en un baño de vapor hasta que se haya eliminado todo el olor del tricloroetileno. Colocar el crisol en un horno a 110 ± 5 °C durante al menos 20 min. Dejar enfriar el crisol en un desecador durante 30 ± 5 min y determinar su masa a la aproximación de 0.1 mg. Repetir el secado y la pesada hasta que se obtiene una masa constante (± 0.3 mg). Designar esta masa como C.

C. CÁLCULOS E INFORME

C.1 Calcular ya sea el porcentaje total de la materia insoluble o el porcentaje de la muestra soluble en el disolvente utilizado de la siguiente manera:

Dónde:

$$\text{Insoluble \%} = [(C - A) / B] * 100$$

$$\text{Soluble \%} = [B - (C - A) / B] * 100$$

A = Masa del crisol y el filtro,

B = Masa de la muestra, y

C = Masa del crisol, material de filtro e insoluble.

Para los porcentajes de insoluble a menos de 1.0, informe al 0.01% más próximo. Para los porcentajes de insoluble 1.0 o más, informará al 0.1% más próximo.

X. Método de Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Ablandamiento de los Materiales Asfálticos. (ASTM D 36)

A. EQUIPO

A.1 Dos anillos de latón cuadrado.

A.2 Una placa plana lisa de latón aproximadamente 50 por 75 mm (2 por 3 pulgadas).

A.3 Dos bolas de acero de 9.5 mm (3/8 de pulgada) de diámetro, cada uno que tiene una masa de 3.50 ± 0.05 g.

A.4 Dos guías de latón para centrar las bolas de acero, uno para cada anillo, conforme a lo general forma y dimensiones que se muestran en la figura # 4.4 Equipo para determinar el punto de ablandamiento en una emulsión.

A.5 Bañera de vidrio que pueda calentarse, no menos de 85 mm de diámetro interior y no menos de 120 mm de profundidad desde la parte inferior del quemador.

A.6 Soporte del Anillo y el conjunto de un soporte de latón diseñado para soportar los dos anillos en una posición horizontal. La parte inferior de los anillos en el soporte del anillo será de 25 mm (1.00 pulgada) por encima de la superficie de la superficie de la placa inferior, y la superficie inferior de la placa de fondo será de 16 ± 3 mm ($5/8 \pm 1/8$ pulgadas) desde el fondo de la bañera.

A.7 Termómetros de 30 a 200 ° C y - 2 a + 80 ° C.

A.7.1 Un termómetro de bajo punto de ablandamiento, teniendo un rango de - 2 a + 80 ° C o 30 a 180 ° F, y conforme a los requisitos de 15°C o 15° F.

A.7.2 Un termómetro de bajo punto de ablandamiento, teniendo una gama de 30 a 200 ° C o 85 - 392 ° C, y que se ajuste a la requisitos para Termómetro 16°C ó 16°F.

A.7.3 El termómetro adecuado se suspenderá de modo que la parte inferior de la bombilla esté a nivel con la parte inferior de los anillos y dentro de 13 mm (0.5 pulgadas) de los anillos, no se debe tocar el soporte. La sustitución de otros termómetros no se permite

B .MATERIALES

B.1 Agua Destilada

B.2 Glicerina

B.3 Glicol de Etileno

C. PROCEDIMIENTO.

C. 1 EXTRACCION Y PREPARACION DE LA MUESTRA.

C.1.1 Calentar con cuidado la muestra, agitándola continuamente para prevenir un sobrecalentamiento local, hasta que esté suficientemente fluida para verterla. En ningún caso la temperatura de la muestra debe exceder de 100 °C por sobre del punto de ablandamiento estimado. Eliminar las burbujas de aire incorporadas en la muestra de agitación continua.

C.1.2 Llevar la muestra a la temperatura de vertido, en un tiempo no mayor que 240 minutos; vierta la muestra caliente dentro de los dos anillos, precalentados aproximadamente a la temperatura de vertido. Mientras se llenan los anillos debe apoyarse sobre una placa de bronce, previamente recubierta con un agente desmoldante, para prevenir que el material bituminoso se adhiera a la placa. Enfríe por lo menos

durante 30 minutos; en ningún caso deje transcurrir más de 4 horas antes de terminar el ensayo. Las muestras que estén blandas a temperatura ambiente, se deben enfriar durante un mínimo de 30 minutos a una temperatura mínima de 8 °C por debajo del punto de ablandamiento esperado.

C.1.3 Después de enfriado, corte el exceso del material con una espátula o cuchillo ligeramente caliente. En caso de que se repita el ensayo, utilice una muestra nueva y un recipiente limpio.

C.2 REALIZACION DEL ENSAYO.

C.2.1 Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento igual o menor que 80 °C.

C.2.1.1 Ensamblar el aparato con los anillos, el termómetro y la guía para centrar las bolas en posición y llene el baño con agua fresca destilada a 5 ± 1 °C a una profundidad no menor de 100 mm ni mayor de 110 mm. Mantener la temperatura de baño a 5 °C durante 15 minutos, colocando el recipiente del ensayo en agua helada, si es necesario. Utilizando unas pinzas, colocar una bola previamente ajustada a la misma temperatura del baño, en cada una de las guías de centraje de las bolas.

C.2.1.2 Aplicar el calor de tal manera que la temperatura del líquido aumente con una velocidad uniforme de 5 °C por minuto; evite el efecto de las corrientes de aire, utilizando protectores si es necesario.

C.2.1.3 La velocidad de aumento de temperatura deberá ser uniforme y no se promediara durante el periodo del ensayo. La variación máxima permisible para

cualquier minuto de tiempo, después de los tres minutos, será ± 5 °C. Eliminar todos los ensayos en los que la velocidad de aumento de temperatura no esté dentro de estos límites.

C.2.1.4 Anotar para cada anillo y bola la temperatura indicada por el termómetro; en el instante que la muestra que rodea la bola, tocar la placa inferior. Si la diferencia entre estos dos valores excede 1 °C, repetir el ensayo.

C.2.2 Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento mayor que 80 °C.

C.2.2.1 Utilizar el mismo procedimiento descrito anteriormente, con las siguientes modificaciones:

C.2.2.1.1 Usar glicerina en vez de agua.

C.2.2.1.2 La temperatura inicial del baño de glicerina será de 32 °C.

**XI. Método de Prueba Estándar para Residuo por Evaporación de la Emulsión
Asfáltica. (ASTM D 6934)**

A. APARATO

A.1 Vasos pequeños, capacidad de 1000 ml, de vidrio o de metal.

A.2 Varillas de vidrio con extremos pulidos en llama, de aproximadamente 6 mm de diámetro y aproximadamente 180 mm de longitud.

A.3 Balanza capaz de pesar 500 g con una precisión de 0.1 g.

A.4 Horno capaz de mantener una temperatura de 163 ± 3 ° C.

A.5 Diámetro de tamiz de 300 micras de 76.2 mm.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Procedimiento A.

B.1.1 Usar procedimiento A cuando es requerido solo el porcentaje de residuo.

B.1.2 Pesar 50 ± 0.1 gr. de asfalto emulsionado adecuadamente mezclado dentro de cada uno de los 3 recipientes, cada uno de los cuales pesado previamente con la varilla de vidrio. Situar los contenedores conteniendo las varillas y la muestra en la estufa, la temperatura del cual ha sido ajustada a 163 ± 2.8 °C., por dos horas. Al final de este período remover cada contenedor y remover el residuo bastante. Volver a la estufa por 1 hora, remover, dejar enfriar hasta temperatura ambiente y pesar con las varillas.

Nota: Deberá tenerse mucho cuidado para prevenir pérdida de asfalto de los contenedores a través de espumado o salpicado o ambos. También, el situar los

contenedores y muestras de emulsiones en una estufa fría tibia y llevar la estufa y la muestra hasta la temperatura de 163 °C., juntos es permisible. Si preferido una evaporación preliminar de agua puede ser efectuado por un cuidadoso calentamiento en una placa caliente, seguido de un tratamiento en estufa a 163 °C por una hora.

B.2 Procedimiento B.

B.2.1 Usar el procedimiento B cuando son requeridas pruebas sobre el residuo de la emulsión.

B.2.2 Proceder de acuerdo con B.1.2 usando cuatro muestras de 50 ± 0.1 gr. Después del cálculo para porcentaje de residuo, reemplazarlos recipientes en la estufa hasta que el asfalto residual sea suficientemente fluido para pasar a través de un tamiz No. 50(300 mm.) (Generalmente se requieren 15 a 30 min.). Verter el residuo a través del tamiz N° 50 (300 mm.) dentro de contenedores coleccionados para hacer pruebas de desecado

C. CÁLCULO Y REPORTE

C.1 Calcular el porcentaje de residuo de cada recipiente como sigue:

$$\%R.A. = 1 - ((B-C) / (B-A))$$

Dónde:

A = peso del recipiente, gr.

B = peso del recipiente + emulsión, gr.

C = peso del recipiente + residuo, gr.

C.2 Informar el porcentaje de residuo por evaporación como el promedio de los 3 resultados.

D. PRECISIÓN Y ERROR.

D.1 Los siguientes criterios se deben utilizar para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% de probabilidad):

D 1.1 Resultados duplicados por el mismo operador no deben considerarse sospechoso si no difieren en más de las siguientes cantidades:

Residuo por evaporación % en peso	Aceptabilidad % en peso
50 A 70	0.40

Tabla # 4.5 Criterios de aceptabilidad de resultados. ASTM D6934.

**XII. HOJA TÉCNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y
CLASIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Hp.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y INGENIERIA
ARQUITECTURA CIVIL

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como
técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate



**HOJA TÉCNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN DE
EMULSIONES ASFÁLTICAS
ASTM D-2397 Y AASHTO M-208**

Tipo de emulsión: CRS-2HP (Emulsión catiónica de rompimiento rápido de alta viscosidad)

Clasificación (prueba de identificación)(Sección92-99, ASTM D 244)

ENSAYOS A LA EMULSIÓN						
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (SSF) A 50°C ASTM D7496			124,34 (seg)	116,13(seg)	120(seg)	
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	TOP	FONDO	DEMULSIBILIDAD ASTM D 6936		MUESTRA 1	MUESTRA 2
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	274,8	268,9	PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (a)		362,4	362,1
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	325,1	314,9	PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (b)		463,3	462,4
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	307,7	299,4	PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + GRUMO DE ASFALTO LUEGO DE SECAR X 1h A 163 °C (c)		415,6	414,4
% R.A. = 1-((B-C)/(3-A))	65,41 %	66,30%	RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A = (c - a)		53,2	52,3
% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R. (TOP))	0,90%		% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)		81,8	80,4
			PROMEDIO		81,1	

<u>CAPACIDAD DE CUBRIMIENTO Y RESISTENCIA AL AGUA</u>				<u>DESTILACIÓN</u>		
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933				RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		
PESO DE TAPADERA + TAMIZ	(A)	162,700	CARGA DE PARTICULA ASTM D 7402:	PESO DE ALAMBIQUE	(TR)	2331,20
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	(C)	1291,30		PESO ALAMBIQUE + EMULSION	(ME)	2530,60
PESO DE RECIPIENTE VACIO	(D)	291,30		PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	(MR)	2460,90
PESO DE TAPADERA+ TAMIZ+ RESIDUO	(B)	162,900		% AGUA = (ME-MR)/(ME-TR) X100		34,95%
			POSITIVO	% RA= 100- % AGUA		65,05%
%T=(B-A) / (C-D) X 100		2,00E-02		% ACEITE DESTILADO POR VOLUMEN DE EMULSION ASTM D 6997		
<u>ENSAYOS AL RESIDUO DE LA EMULSIÓN</u>				ml aceite	2	% ACEITE DESTILADO
ASTM D 2042: SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO, (%)				gr emulsión	199,40	1.0
MEDIDAS		OBSERVACIONES		ASTM D 113: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min		ASTM D5: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)
A (masa del crisol y filtro, grs)	18,0573	después de 20 min a 110 °C		Muestra	Cantidad	1 65
B (masa de la muestra en grs)	2,047	temperatura ambiente		1	115,00	2 67
C (masa del crisol, filtro y material insoluble)	18,062	después de 20 min a 110 °C		2	150,00	3 67
% insoluble = 100 x ((C - A) / B)		0,2150		3	150,00	PROMEDIO 66
% Solubilidad=100x(B -((C-A))/B)		99,79		PROMEDIO	138,3	
<u>ENSAYOS ADICIONALES HECHOS A LA EMULSIÓN</u>						
RESIDUO POR EVAPORACIÓN ASTM D6934				PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN A 15° C		
PESO DE RECIPIENTE (A)	275,1	268,4		PESO DE RECIPIENTE	(A)	37,6184
PESO DE RECIPIENTE + EMULSIÓN (B)	334,8	327,9		PESO DE RECIPIENTE + AGUA	(B)	61,4474
PESO DE RECIPIENTE + RESIDUO (C)	314,4	307,3		PESO DE RECIPIENTE + EMULSIÓN	(C)	61,8879
%R.A. = 1- ((B-C) / (B-A))		65,83%	65,38%	DENSIDAD = (C - A) / (B - A)		1,01800
PROMEDIO		65,60%		PESO POR GALÓN = DENSIDAD * 3785 (Kg/galón)		3,8550
ASTM D36. PUNTO DE ABLANDAMIENTO (No es requerido por ASTM D2397)		48,5	49			
		PROMEDIO				
		48,8				

Ensayo # 4.5 Hoja resumen de caracterización a emulsión CRS-2Hp

4.2. ENSAYOS PARA LECHADA ASFÁLTICA.

4.2.1. Ensayos de calidad de los agregados.

I. Prueba de Azul de Metileno (TB 145)

Este ensayo a través de los valores de reactividad de los finos del agregado nos determina las características del emulsificante químico a utilizar en el diseño de la emulsión asfáltica.

A. EQUIPO

A.1 Bureta de 50 ml montada sobre un cabezal.

A.2 Vaso de vidrio de 250 ml

A.3 Mezclador magnético con agitador o mezclador de velocidad variable con alcance de 700 rpm.

A.4 Balanza de 2000 gramos con precisión a 0.01 gr.

A.5 Varilla de vidrio de 8 mm de diámetro y 250 mm de longitud.

A.6 Cronometro.

A.7 Tamices (8) “estándar de EE.UU. Tamices # 200 (75µm) y # 325 (45 µm) (u otros como designado) y una bandeja.

A.8 Matraz aforado de 1000 ml.

A.9 Azul de metileno de grado reactivo.

A.10 Agua destilada o desionizada.

A.11 Papel filtro Whatman N° 40.

B. PROCEDIMIENTO.

- B.1 Colocar 10.0 ± 5 gr de material pasante del tamiz N° 200, seco a una masa constante, en un vaso de vidrio de 250 ml.
- B.2 Adicionar 30 ml de agua destilada y mezclar con el mezclador magnético hasta obtener una lechada.
- B.3 Un gramo de Azul de Metileno se disuelve en agua destilada, se enrasa a 1000 ml de manera que 1 ml de solución contiene un 1 mg de Azul de Metileno.
- B.4 Agregar con la bureta a la lechada 0.5 ml de solución de Azul de Metileno, y agitar durante un minuto.
- B.5 Sacar con la varilla de vidrio una gota de lechada y dejarla caer sobre el papel filtro.
- B.6 Se observa la gota en el papel filtro. Si no se ha formado alrededor de la gota un anillo o aureola azul se continua el ensayo adicionando a la lechada de suelo incrementos de 0.5 ml de solución de Azul de Metileno, agitando durante un minuto para cada incremento y realizando de nuevo la prueba en el papel filtro hasta que se observe el aro azul alrededor de la gota.
- B.7 Después de alcanzar este punto se continúa agitando durante 5 minutos y se repite la prueba en el papel filtro, como método de confirmación. Si se continúa presentando el aro azul se da por terminada el ensayo y se procede a realizar el cálculo de Valor de Azul. Si, por el contrario, desaparece el aro, se debe continuar con la adición de solución de Azul de Metileno a la lechada.

C. INFORME

El valor de azul de metileno de una fracción específica de agregado fino se reporta como miligramos de azul de metileno por gramo de la fracción específica de agregado fino, por ejemplo,

MBV = 5.5 mg / g, n ° 200 (75 μ m), o

MBV = 4.0 mg / g, n ° 325 (45 μ m), o

MBV = 2.3 mg / g, n ° 8 (2,36 μ m), etc.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSA TB-145: METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR EL VALOR DE ABSORCION DE AZUL DE METILENO (MBV) DE AGREGADOS MINERALES DE RELLENO Y FINOS.

TIPO DE EMULSION: CQS-1H

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.



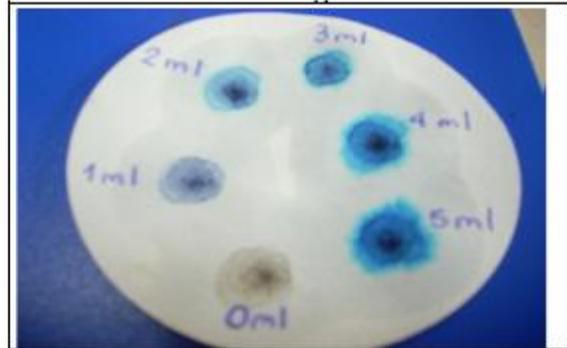
1er paso: 30 grs de agua destilada depositados en un beaker de 600ml para ensayo.



2do paso: 1 gramo de muestra representativa de material pasante de la malla N°200 pesado con precision de 0.0001 grs.



3er paso: Mezcla del gramo de agregado fino y los 30grs de agua destilada, formando una solución, a la cual se le va inyectando ml de solución de Azul de Metileno.



4to paso: Después de cada adición de ml de solución de azul de metileno, se toma una muestra y se deposita en papel filtro N°40, hasta que se forme una corona alrededor de la mancha de petróleo, indicando que la muestra está ya saturada y no puede absorber más Azul de Metileno.

Observaciones: El MBV (Valor de Azul de Metileno), reportado para este material sería: $MBV = 0.5V$, o sea $0.5 (5) = 2.5$ mg/gr. Este se lee, 2.5 miligramos de Azul de Metileno por gramo de material. Según la ISSA TB-145, el material es aceptable pues tiene un valor inferior a 7.0 mg/gr. Además este valor bajo de MBV, indica un agregado poco reactivo, por lo cual se necesita aproximadamente un 0.25% de aditivo de diseño en el sistema mezcla, para garantizar trabajabilidad adecuada durante la colocación.

Ensayo # 4.6 Azul de metileno.

II. Método de Prueba Estándar para la Resistencia a la Degradación del Agregado Grueso de Tamaño Pequeño por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles. (ASTM C131)

A. EQUIPO.

A.1 Horno.

A.2 Balanza.

A.3 Máquina de los Ángeles.

A.4 Tamices.

A.5 Esferas.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Lavar la muestra reducida y secar al horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 F) hasta obtener una masa sustancialmente constante, separar en fracciones de tamaño individuales. Registrar la masa de la muestra antes de la prueba con una precisión de 1 g.

B.2 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina Los Ángeles y girar la máquina a una velocidad de 30 a 33 r/min durante 500 vueltas. Después de que sea alcanzado el número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y hacer una separación preliminar de la muestra en un tamiz más grueso que el tamiz de 1.70 mm (No. 12). Tamizar la porción más fina en un Tamiz de 1.70 mm (No. 12) de una manera descrita conforme a la norma ASTM C136.

B.3 Lave el material más grueso que el de 1.70 mm (No. 12) y el tamiz de secado en horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 F) hasta obtener una masa sustancialmente constante y determinar la masa con una precisión de 1 g.

Si el agregado está esencialmente libre de recubrimientos adherentes y el polvo, el requisito para el lavado después de la prueba es opcional. Sin embargo, en el caso de las pruebas de arbitraje, el procedimiento de lavado se llevará a cabo. Ver Tabla # 4.1 Muestra de ensayo y carga en la máquina Los Ángeles y calificaciones.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL



DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE DESGASTE
ASTM C 131

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Arena triturada procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

MUESTRA	1	2	3	4	5
ENSAYO DE GRADUACION	b				
PESO INICIAL	5003				
PESO RETENIDO EN MALLA No. 12	4178				
DIFERENCIA	825,00				
% DE DESGASTE	16,49				

Ensayo # 4.7 Determinación del porcentaje de desgaste en agregado 3/8". ASTM C131.

III. Método de Prueba Estándar para el Valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino (ASTM D 2419)

Es una medida de la cantidad de limos o arcillas contaminantes presentes en agregados finos o arenas de un agregado. Se expresa como un valor porcentual. El propósito de este ensayo es indicar, bajo condiciones estandarizadas, las proporciones relativas de finos plásticos y polvos finos perjudiciales, presentes en suelos granulares y agregados finos que pasan la malla N° 4 (4.75 mm)

A. EQUIPO.

A.1 Cilindro de plástico transparente graduado, con capacidad de 1000 ml con tapón plástico.

A.2 Recipiente cilíndrico de hojalata de 85 ± 5 ml de capacidad.

A.3 Dos botellas de 1 Gal (3.78 lts) de capacidad, para almacenar las soluciones de Cloruro de Calcio (CaCl_2). Con tapón de plástico que lleva dos orificios en los cuales se colocan los conductores en forma de sifón.

A.4 Agitador mecánico con montura firme para agitar la probeta y su contenido en posición horizontal.

A.5 Solución de Cloruro de Calcio Anhidrido, 454 g (1 lb) de grado técnico, glicerina USP, 2050 g (1640 ml), aldehído fórmico en solución al 40 %, 47 g (45 ml), agua destilada y papel filtro de filtrado rápido N° 12.

A.6 Malla N° 4

A.7 Embudo de boca ancha.

A.8 Bandeja ancha para mezclado.

A.9 Cronometro.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Obtener por lo menos 1500 gr del material que pase la malla N° 4.

B.2 Separar la muestra sobre la malla N° 4 usando un agitador mecánico que le provea los movimientos verticales, horizontales y agitados. Esta acción se realizará hasta que menos del 1% en peso del residuo pase en un tiempo de 1 min. Si la operación de tamizado se realiza a mano debe realizarse en porciones pequeñas, para asegurarse que el material quede bien tamizado.

B.3 Desmenuzar cualquier grumo del material que exista en la muestra con la ayuda de un mortero o pistilo u otro equipo que no proporcione degradación significativa al material.

B.4 Remover cualquier recubrimiento de finos que exista en el agregado grueso. Esto se puede realizar secando el material en horno a 110 ± 5 °C.

B.5 Unir el material obtenido en B.3 y B.4.

B.6 Cuando ya se tiene preparada la muestra, se coloca dentro de la probeta.

B.7 Se coloca la manguera que se ve en la Figura # 4.2 Equipo de ensayo de equivalente de arena, para introducir la solución de Cloruro de Calcio.

B.8 Se agita en vaivén horizontal, de aproximadamente 180 repeticiones que es igual a 90 ciclos y un tiempo aproximado de 30 segundos, para hacer que las partículas de suelo se dispersen por toda la solución.

B.9 Se deja durante 20 minutos que las partículas de suelo se asienten, para tomar la lectura de arcilla, la cual se llamara lectura inicial.

B.10 Se coloca el contrapeso para dividir la arena de la arcilla, se tomara lectura, la cual se le llamara lectura final.



Figura # 4.2 Equipo de ensayo de equivalente de arena

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO DE ARCILLA EN AGREGADO FINO
 ASTM D 2419

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Arena triturada procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

DETALLE DE ENSAYO	1	2	3	
A: LECTURA APARENTE DE ARCILLA, cm	4,0	4,0		PROMEDIO
B: LECTURA DE ARENA, cm	2,9	2,9		
VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA (%), $VEA = (B/A) * 100$	72,50	72,50		
VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA (%)	73	73		73

OBSERVACIONES Material muestreado en el acopio

Ensayo # 4.8 Método de prueba estándar para el valor de equivalente de arena de suelos y agregado fino
 (ASTM D 2419)

IV. Método de Prueba Estándar para la Solidez de los Agregados por uso de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio. (ASTM C 88)

A. EQUIPO.

A.1 Tamices con aberturas cuadradas.

A.2 Contenedores para la inmersión de la muestras de agregado en la solución.

A.3 Balanzas.

A.4 Horno de secado con capacidad de 110 ± 5 °C.

A.5 Hidrómetros.

A.6 Solución de Sulfato de Sodio.

A.7 Solución de Sulfato de Magnesio.

A.8 Cloruro de Bario al 5%

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 El agregado fino para el ensayo se hace pasar por un tamiz de 9.5 mm (3/8-pulg.). La muestra debe ser de tal tamaño que no producirá menos de 100 g de cada una de las siguientes medidas, que deberán estar disponibles en cantidades de 5% o más, expresados en términos de los siguientes tamices (Ver Tabla # 4.6)

Pasante en tamiz	Retenido en tamiz
600 μm (No. 30)	300 μm (No. 50)
1.18 mm (No. 16)	600 μm (No. 30)
2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)
9.5 mm (3/8 in.)	4.75 mm (No. 4)

Tabla # 4.6 Tamaño de tamices para agregados finos.

B.2 El Agregado Grueso de la prueba consistirá en material del que se han separado los tamaños más finos que el tamiz No. 4. La muestra deberá ser de un tamaño tal que se obtendrán los siguientes importes de los tamaños indicados que están disponibles en cantidades de 5% o más (Ver Tabla # 4.7)

Tamaño (tamices abertura cuadrada)	Masa, g
9.5 mm (3/8 in.) a 4.75 mm (No. 4)	300 ± 5
19.0 mm (3/4 in.) a 9.5 mm (3/8 in.)	1000 ± 10
Compuesto por:	
12.5-mm (1/2-in.) y 9.5-mm (3/8-in.) de material	330 ± 5
19.0-mm (3/4-in.) y 12.5-mm (1/2-in.) de material	670 ± 10
37.5-mm (1 1/2-in.) a 19.0-mm (3/4 in.)	1500 ± 50
Compuesto por:	
25.0-mm (1-in.) de material de 19.0 mm (3/4-in.)	500 ± 30

37.5-mm (1 1/2-in.) a 25.0-mm (1-in.) material	1000 ± 50
63-mm (2 1/2 in.) a 37.5-mm (1 1/2 in.)	5000 ± 300
Compuesto por:	
50-mm (2 in.) de material de 37.5-mm (1 1/2-in.) material	2000 ± 200
63-mm (2 1/2-in.) a 50-mm (2-in.) material	3000 ± 300
Los tamaños más grandes de 25-mm (1-in.) extienden de tamaño de tamiz, cada fracción.	7000 ± 6 1000

Tabla # 4.7 Tamaño de tamices para agregados gruesos.

B.3 Lavar el agregado fino en el tamiz N^o 50 y secar a 100 ± 5 °C y separar en los tamices indicados para agregado fino.

B.4 Lavar el agregado grueso y secar a 100 ± 5 °C y separarlo en los tamices indicados para agregado grueso.

B.5 Registrar los pesos de agregado retenido en cada tamiz.

B.6 Sumergir las muestras en la solución preparada de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, en un recipiente con tapadera, durante 16 a 18 horas de tal manera que la solución cubra al menos por encima del agregado 1/2".

B.7 Después del periodo de inmersión, retire la muestra total de la solución, permita que esta drene durante 15 ± 5 minutos y colóquela en el horno de secado a 110 ± 5 °C. Secar las muestras a la temperatura especificada hasta que se haya alcanzado un peso constante. El Peso constante, se considera que se ha alcanzado cuando la pérdida de peso es menos de 0.1% de peso de la muestra en 4 h de secado. Después de que se ha alcanzado un peso

constante, permitir que las muestras se enfríen a temperatura ambiente, cuando de nuevo se sumergen en la solución preparada.

B.8 Repetir el proceso de inmersión y secado alternados hasta que se obtiene el número necesario de ciclos.

B.9 Después del ciclo final y su respectivo secado, lavar la muestra con cloruro de Bario (BaCl_2), haciendo circular agua a $43 \pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ a través de las muestras en sus recipientes. Esto se puede hacer mediante la colocación de ellos en un depósito en el que el agua caliente puede introducirse cerca de la parte inferior y se deja que se desborde. En la operación de lavado, las muestras no deberán ser sometidas a golpes o abrasión que puede tender a romper las partículas.

B.10 Secar el agregado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, tamizar en los mismos tamices en los que se mantuvieron antes de la prueba y pesar las muestras retenidas en cada tamiz.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

ENSAYO DE SANIDAD
 ASTM C 88

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Arena triturada procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

TAMAÑO DE MALLA		Peso Retenido en gramos	% Retenido de granulometría original	masa de muestra		% de pérdida en cada malla	% de pérdida referido a muestra original
				antes de ensayo	después de ensayo		
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
3/8"	No. 4	201,1	10,1	201,1	200,9	0,10	0,01
No. 4	No. 8	319,9	16,0	319,9	319,4	0,16	0,03
No. 8	No. 16	267,0	13,4	267,0	266,1	0,34	0,05
No. 16	No. 30	293,8	14,7	293,8	293,4	0,14	0,02
No. 30	No. 50	171,2	8,6	171,2	170,8	0,23	0,02
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
3/8"	No. 4	201,1	10,1	200,9	200,9	0,00	0,00
No. 4	No. 8	319,9	16,0	319,4	318,9	0,16	0,03
No. 8	No. 16	267,0	13,4	266,1	265,2	0,34	0,05

No. 16	No. 30	293,8	14,7	293,4	293,0	0,14	0,02
No. 30	No. 50	171,2	8,6	170,8	170,5	0,18	0,02
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
3/8"	No. 4	201,1	10,1	200,9	199,3	0,80	0,08
No. 4	No. 8	319,9	16,0	318,9	317,9	0,31	0,05
No. 8	No. 16	267,0	13,4	265,2	264,3	0,34	0,05
No. 16	No. 30	293,8	14,7	293,0	292,7	0,10	0,02
No. 30	No. 50	171,2	8,6	170,5	170,2	0,18	0,02
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
3/8"	No. 4	201,1	10,1	199,3	198,0	0,65	0,07
No. 4	No. 8	319,9	16,0	317,9	316,0	0,60	0,10
No. 8	No. 16	267,0	13,4	264,3	263,0	0,49	0,07
No. 16	No. 30	293,8	14,7	292,7	292,0	0,24	0,04
No. 30	No. 50	171,2	8,6	170,2	169,1	0,65	0,06
1"	3/4"						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
3/8"	No. 4	201,1	10,1	198,0	195,6	1,21	0,12
No. 4	No. 8	319,9	16,0	316,0	309,9	1,93	0,31
No. 8	No. 16	267,0	13,4	263,0	256,0	2,66	0,35
No. 16	No. 30	293,8	14,7	292,0	280,0	4,11	0,60
No. 30	No. 50	171,2	8,6	169,1	156,1	7,69	0,65
MUESTRA TOTAL		1995,4	PORCENTAJE DE PERDIDA TOTAL				3

OBSERVACIONES

V. Método de Prueba Estándar para los Materiales más Finos de 75 micras (No. 200) de los Agregados Minerales por Lavado (ASTM C 117).

A. EQUIPO

A.1 Balanza.

A.2 Tamices N° 4 al N° 200, con su respectivo fondo.

A.3 Recipiente contenedor para lavado de muestra de ensayo.

A.4 Horno eléctrico con capacidad para 110 °C.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Secar la muestra de ensayo a una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 F).

B.2 Transcurrido este tiempo, se deja enfriar a temperatura ambiente y registrar el peso retenido en el tamiz N° 200.

B.3 La muestra de ensayo se deposita en el recipiente contenedor para lavado, se agrega agua potable dentro de este recipiente y se remueve manualmente el suelo para facilitar el desprendimiento del fino.

B.4 Se decanta el recipiente sobre la malla N° 200 de tal forma que el agua enturbiada por los finos desprendidos pase a través de esta. Agregar más agua dentro del recipiente y volver a remover la muestra para lograr nuevamente que los finos se pongan en suspensión. Si en la malla se ha retenido mucho material, se procede a lavar únicamente este, agregando agua directamente sobre dicho material.

B.5 Después se seca a una masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 F).

B.6 Pesar el material seco con una aproximación de 0.1% de la masa original de la muestra.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL



Universidad de El Salvador
Hacia la libertad por la cultura

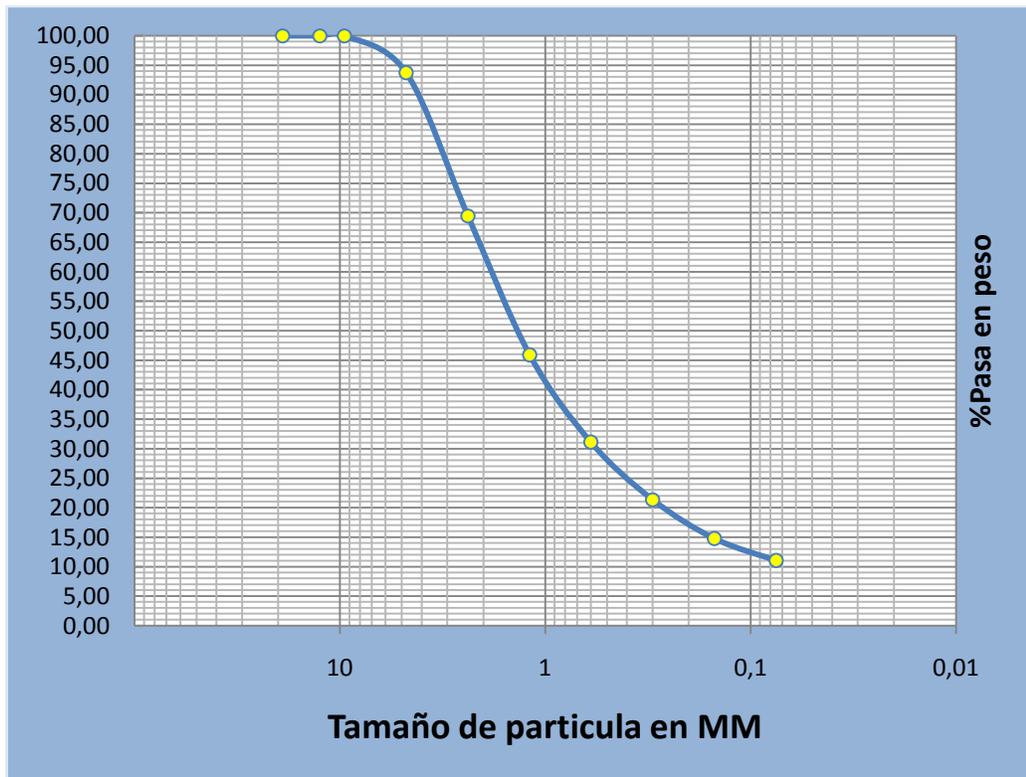
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO FINO
ASTM C 117

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Arena Triturada procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

MATERIAL ANTES DEL LAVADO					MATERIAL LAVADO		
Peso bruto en seco (gr)		1510,6			Peso de tara (gr)		111,4
Peso de tara (gr)		111,4			P. seco lavado + tara (gr)		1366,7
Peso seco neto sin lavar (gr)		1399,2			Peso seco neto lavado (gr)		1255,3
Revestimiento de material menor a No. 200, adherido al agregado, después de primer tamizado en seco							
UNIDADES					grs	%	
Calculo del pasante de la malla No.200 por lavado					143,9	10,28	
Pasante de la malla No,200 después de primer tamizado en seco					10,7	0,76	
Revestimiento adherido al agregado					0,76		
MALLA		PESO	% RETENIDO		%	ESPECIFICACIÓN	
Pulg	mm	Retenid o parcial	Parcial	Acumulado	que pasa	MIN	MAX
2	51						
1 ½	38	0	0,00	0,00	100,00		
1	25	0	0,00	0,00	100,00		
¾	19	0	0,00	0,00	100,00		
½	12,50	0	0,00	0,00	100,00		
3/8	9,50	0	0,00	0,00	100,00	100	100
No. 4	4,76	88	6,29	6,29	93,71	85	100
No. 8	2,36	339,2	24,24	30,53	69,47		

No. 16	1,18	330,3	23,61	54,14	45,86		
No. 30	0,60	206,8	14,78	68,92	31,08		
No. 50	0,30	136	9,72	78,64	21,36		
No. 100	0,15	92,3	6,60	85,23	14,77	10	30
No. 200	0,075	52	3,72	88,95	11,05		
FONDO		154,6	11,05	100,00	0,00		
TOTALES		1399,2	100				

Ensayo # 4.10 Análisis granulométrico para agregados finos. ASTM C117.



Gráfica # 4.2. Curva granulométrica ASTM C117

VI. Método de Prueba Estándar para la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Agregado Fino. (ASTM C 128).

A. EQUIPO

A.1 Balanza

A.2 Molde metálico en forma de cono truncado y pisón

A.3 Tanque con agua.

A.4 Horno eléctrico.

A.5 Picnómetro.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Secar la muestra de ensayo en un recipiente adecuado en el horno eléctrico a una temperatura de 110 ± 5 °C.

B.2 Dejar que se enfríe a temperatura ambiente hasta que sea manipulable.

B.3 Sumergir en agua y dejar reposar por 24 ± 4 horas.

B.4 Se decanta el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, se extiende la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente en movimiento suave de aire caliente y revuelva con frecuencia para asegurar el secado homogéneo y su condición suelta.

B.5 Colocar el molde cónico sujeto firmemente contra una superficie lisa, plana y no absorbente, con su diámetro mayor hacia abajo, llénelo con el agregado en condición suelta y enrasede.

B.6 Compactar suavemente con 25 golpes de pisón uniformemente distribuidos sobre la superficie. En cada golpe deje caer el pisón libremente desde una altura de 5 mm sobre la superficie del agregado.

B.7 Remover cuidadosamente todo material sobrante en la superficie. Levante el molde verticalmente. Si hay humedad libre la muestra conservará la forma de cono. En este caso elimine el exceso de humedad, repitiendo el procedimiento, a intervalos frecuentes, cuando al retirar el molde, el agregado caiga suavemente según su talud natural, será indicación que éste ha alcanzado su condición saturada superficialmente seca (SSS).

B.8 Pesar y registrar su masa inmediatamente en condición SSS.

B.9 Llenar parcialmente el picnómetro con agua, introducir en el picnómetro 500 ± 10 gramos de agregados finos en condición SSS y agregar agua a hasta el 90% de la capacidad del picnómetro.

B.10 Agitar manualmente por un lapso de 15 a 20 min y eliminar la espuma que se forme con una toalla de papel.

B.11 Después de la eliminación de todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a 23.0 ± 2.0 °C si es necesario por inmersión parcial en una corriente de agua, y llevar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibrado.

B.12 Determinar y registrar la masa total del picnómetro, el espécimen y el agua.

B.13 Retirar los agregados finos del picnómetro, secarlos hasta obtener una masa constante en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar en aire a temperatura ambiente durante $1 \pm \frac{1}{2}$ hora y determinar su masa.

B.14 Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad calibrada con agua a 23.0 ± 2.0 ° C.

B.15 Realizar los cálculos correspondientes.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 INGENIERÍA CIVIL



Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO
 FINO
 ASTM C 128

PROYECTO	Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
MATERIAL	Arena triturada procedente de La Cantera, San Diego
LABORATORIO	Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate
FECHA DE ENSAYO	

PESOS	1	2	3	PROMEDIO
A: PESO AL AIRE DEL MATERIAL SECO AL HORNO	490,8	491,4		
B: PESO DEL PICNOMETRO LLEGO CON AGUA A TEMPERATURA DE ENSAYO	753,5	753,5		
C: PESO PICNOMETRO + AGUA + MUESTRA A TEMPERATURA DE ENSAYO	1059,1	1060,0		
S: PESO AL AIRE DEL MATERIAL EN CONDICION SSS	500,2	500,8		
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	2,522	2,529		2,526
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS	2,570	2,577		2,574
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	2,650	2,658		2,654
ABSORCION (%)	1,915	1,913		1,914

OBSERVACIONES _____

Ensayo # 4.11 Gravedad específica y absorción de agregados finos. ASTM C128

**VII. Método de Prueba Estándar para Densidad Aparente (Peso unitario)
(ASTM C 29).**

A. EQUIPO

A.1 Balanza.

A.2 Varilla.

A.3 Molde cilíndrico metálico.

A.4 Pala o cuchara.

A.5 Trozo de vidrio.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Seleccionar el procedimiento a utilizar

B.1.1 Suelto

B.1.2 Varillado

B.1.3 Golpeado

B.2 Anotar el tamaño nominal de la muestra.

B.3 Pesar el molde (gr).

B.4 Anotar las dimensiones del molde (cm).

B.5 Colocar la muestra dentro del molde según procedimiento seleccionado:

B.5.1 Suelto: Llenar el molde por medio de una pala o cuchara, no realizando la descarga del agregado desde una altura superior a las 2 pulgadas por encima de la parte superior del molde. Tener el cuidado de evitar la segregación de los agregados. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla de tal manera que cualquier

saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.5.2 Varillado: Llenar la medida a un tercio de su capacidad. Sobre la capa de agregado proporcionar 25 golpes con la varilla de apisonamiento, distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llenar la medida a dos tercios del nivel completo y repetir el procedimiento con la varilla de apisonamiento. Por último, llene hasta rebosar la medida y repita el procedimiento con la varilla de nuevo de la manera mencionada anteriormente. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla, de tal manera cualquier saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.5.3 Golpeo: Llenar la medida a un tercio de su capacidad, elevar los lados opuestos alternativamente alrededor de 2 pulgadas (50 mm), y permitir la caída de tal manera que se tenga un fuerte golpe. Las partículas de agregado, de este procedimiento, se organizarán en una condición densamente compactada. Llenar la medida a dos tercios del nivel completo y repetir el procedimiento de caída. Por último, llene hasta rebosar la medida y repita el procedimiento de la manera mencionada anteriormente. Compactar cada capa dejando caer la medida 50 veces de la manera descrita, 25 veces en cada lado. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o con una regla, de tal manera cualquier saliente de las partículas del agregado ocupe los espacios vacíos por debajo de la superficie de la parte superior del molde.

B.6 Tomar el peso del molde más la muestra del agregado.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA

INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: Peso Unitario del Agregado Fino (ASTM C-29M y AASHTO T-19).

TIPO DE EMULSION: CQS-1H

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

DETALLE DE ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
A: PESO DEL MOLDE MAS MUESTRA ENRASADA, grs.	9721,90	9716,70	9725,60	PROMEDIO
T: PESO DEL MOLDE VACIO Y LIMPIO, grs.	6310,00	6310,00	6310,00	
V: VOLUMEN DEL MOLDE, cm ³	2123,00	2123,00	2123,00	
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO, kg/m ³ : $PU = ((A-T)/V) * 1000$	1607,10	1604,70	1608,90	1606,90

Ensayo # 4.12 Peso unitario del agregado. ASTM C 29.

VIII. Método de Prueba Estándar para el Análisis Granulométrico de Relleno Mineral para Mezclas Asfálticas de Pavimentación. ASTM D 546.

A. EQUIPO

A.1 Balanza o báscula, sensible a 0.05 g y con una precisión de ± 0.05 g, y capacidad de 200 g.

A.2 Tamices de abertura de 75 mm (No. 200), 300 mm (No. 50), y 600 mm (No. 30).

A.3 Horno: capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 ° C (230 ± 9 °F).

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Secar la muestra a una temperatura de 110 ± 5 ° C (230 ± 9 °F) hasta obtener una masa constante a 0.05 g.

B.2 Después del secado y la determinación de la masa, colocar la prueba muestra en el tamiz 600 mm (No. 30), que se aloja por encima de los tamices de 300 mm (No. 50) y 75 mm (No. 200). Lavar el material por medio de un torrente de agua de grifo (Nota 1). Continuar el lavado hasta que el agua que llega a través del tamiz salga limpia (Nota 2). Se seca el residuo a partir de cada tamiz hasta obtener masa constante a una temperatura de 110 ± 5 ° C (230 ± 9 ° F) (Nota 3). Calcular la masa del material retenido en cada tamiz como porcentaje de la muestra original.

NOTA 1: Para el lavado se puede utilizar un trozo de manguera de caucho conectada a un grifo. La velocidad del agua, puede aumentarse al presionar la manguera, controlando esta presión para evitar la pérdida de alguna parte de la muestra por salpicaduras sobre los lados de los tamices.

NOTA 2: Tener el cuidado de evitar la acumulación de agua sobre el tamiz 75 mm (No. 200), debido a que puede obstruirse.

NOTA 3: Algunos materiales pasan el tamiz 75 mm (No. 200) en el tamizado seco que no pasó durante la operación de lavado. Cuando se desea, información adicional puede ser obtenida del tamizado en seco de la porción de la muestra retenida en el tamiz 75 mm (No. 200).

Promedio de precisión			
PRECISIÓN	Prueba de valor del resultado % en el tamaño fracción (A)	Desviación estándar 1s % ²¹ (B)	Rango de ajuste de los resultados de la prueba d2s % ²² (B)
Un solo operador	Menos de 2	0.14	0.5 (C)
	Más de 2	0.7	2.0
Múltiples laboratorios	Menos de 2	0.17	0.5
	Más de 2	1.0	2.8

Tabla # 4.8 Promedio de precisión.

A = Porcentaje retenido en el tamiz más grande, 600 mm (No. 30), o el porcentaje que pasa el tamiz más pequeño, 75 mm (No. 200).

B = Estas cifras representan, respectivamente, el (1s) y (d2S).

²¹ Desviación estándar

²² Rango aceptable de 2 resultados

C = Los d_{2S} mínimo es de 0.5% en este caso, ya que los resultados de la prueba se expresan al 0.5% más cercano.

D. INFORME

D.1 El informe de los resultados del análisis granulométrico como el total porcentaje que pasa cada tamiz, se expresa el 0.5% más cercano.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

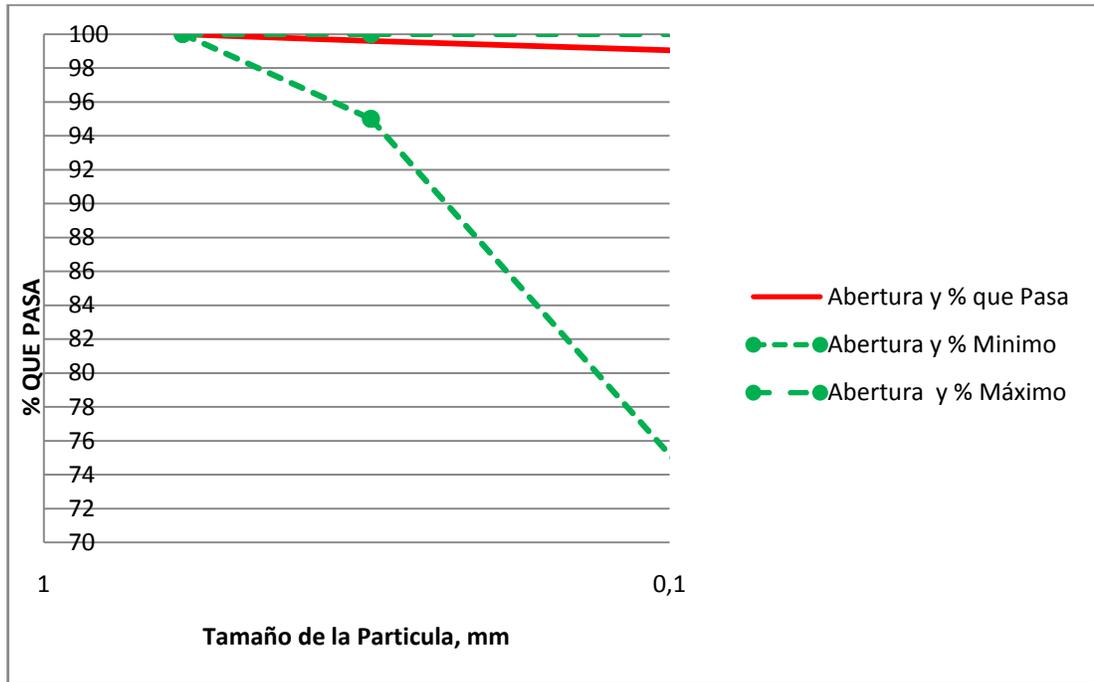
**PROYECTO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE
SEAL COMO TÉCNICA DE PRESERVACION EN
PAVIMENTO FLEXIBLE**

LABORATORIO: LABORATORIO DE ASFALCA, ARMENIA, SONSONATE



METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA EL ANALISIS POR TAMIZ FILLER, MINERAL PARA MEZCLAS BITUMINOSAS PARA PAVIMENTO ASTM D-546							
FECHA DE ENSAYO:							
Tipo de emulsión: CQS-1H (Emulsión Catiónica de Rompimiento Acelerado Controlado)				TIPO DE MATERIAL: FILLER MINERAL: CEMENTO PORTLAND TIPO GU (ASTM C-1157)			
Peso Seco Neto de la muestra sin lavar(grs)		Peso Neto del Tamiz (Antes del Análisis)(grs)		Peso Neto del Tamiz (Después del Análisis)(grs)		Peso Neto retenido por tamiz (grs)	Pérdida por Lavado (grs)
500		Tamiz N° 30	471,6	Tamiz N° 30	471,6	0	494,6
Peso Seco Neto de la muestra lavada (grs)		Tamiz N° 50	537	Tamiz N° 50	539,1	2,1	
5,4		Tamiz N°200	503,8	Tamiz N°200	507,1	3,3	
Malla		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Especificación Estándar para Filler Mineral para Mezclas Bituminosas para Pavimentos (ASTM D-242)	
Pulg	Mm					Min	Max
N° 30	0,6	0	0	0	100	100	100
N° 50	0,3	2,1	0,4	0,4	99,6	95	100
N° 200	0,075	3,3	0,7	1,1	98,9	70	100
FONDO		494,6	98,9	100	0		
TOTALES		500	100				

Ensayo # 4.13 Método de prueba estándar para el análisis por tamiz filler, mineral para mezclas bituminosas para pavimento. ASTM D-546.



Gráfica # 4.3 Ensayo de método de prueba estándar para el análisis por tamiz filler, mineral para mezclas bituminosas para pavimento. ASTM D-546.

**IX. Análisis granulométrico de agregado grueso (AASHTO T27 Y ASTM C-136)
y fino (AASHTO T-11, ASTM C-117).**

A. EQUIPO

A.1 Balanza.

A.2 Tamices.

A.3 Recipiente contenedor para lavado de muestra de ensayo.

A.5 Horno eléctrico con capacidad para 110 °C.

A.6 Guantes de asbesto, espátula, brocha.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 La muestra de ensayo deberá estar seca, para lo cual se requiere que la porción del material de donde será obtenida aquella se seque al horno hasta un peso constante, por un periodo de 18 a 24 horas, a una temperatura de 105 ± 5 °C.

B.2 Transcurrido este tiempo, se deja enfriar a temperatura ambiente y luego se cuartea esta porción. Registrar este peso.

B.3 Obtenida la muestra de ensayo, se deposita en el recipiente contenedor para lavado, se agrega agua potable dentro de este recipiente y se remueve manualmente el suelo para facilitar el desprendimiento del fino.

B.4 Se decanta el recipiente sobre la malla N° 200 de tal forma que el agua enturbiada por los finos desprendidos pase a través de esta. Agregar más agua dentro del recipiente y volver a remover el suelo para lograr nuevamente que los finos se pongan en suspensión. Si

en la malla se ha retenido mucho material, se procede a lavar únicamente este, agregando agua directamente sobre dicho material.

B.5 Luego se pesa para obtener el peso perdido por lavado, después se seca la muestra dejándola en el horno por un periodo de 18 a 24 horas a una temperatura de 105 ± 5 °C.

B.6 Cuando se tuvo seco el material, se colocaron diferentes tamices con su respectivo fondo, por los cuales se iba a hacer pasar la muestra y obtener el peso retenido en cada malla.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible



LAB: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO (AASHTO T27 Y ASTM C-136) Y FINO (AASHTO T-11, ASTM C-117 Y FLH T-512).

TIPO DE EMULSION: CQS-1H FECHA DE ENSAYO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

MATERIAL ANTES DEL LAVADO		MATERIAL LAVADO		Revestimiento de material (menor a 75 µm (N° 200)) adherido al agregado, después de primer tamizado en seco (FLH -512, AASHTO T-11 Y ASTM C-117)		
				UNIDADES	GRS	%
Peso Bruto Seco (grs.)	1344.3	Peso de Tara (grs.)	108.7	Calculo del pasante de la Malla 75 µm (N°200), por lavado	101.50	8.21
Tara (grs.)	108.7	P. Seco lavado + tara.(grs.)	1242.8	Pasante de la Malla 75 µm (N°200), después de 1er. Tamizado en Seco.	36.1	2.92
Peso Seco Neto sin Lavar (grs.)	1235.6	Peso Seco Neto lavado (grs.)	1134.1	Revestimiento adherido al agregado	2.07 %	

MALLA		PESO RETENIDO O PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	
PULG	MM					ISSA TIPO II (BANDA DE TRABAJO)(TOLERANCIAS APLICADAS)	
1"	25	0	0	0	100		
3/4"	19	0	0	0	100	Min	Max
1/2"	12,5	0	0	0	100		
3/8"	9,5	0	0	0	100	100	100
N° 4	4,76	6,7	6,7	6,7	93	90	100
N° 8	2,36	19,5	19,5	26,2	74	65	90
N° 16	1,18	20,6	20,6	46,9	53	45	70

Nº 30	0,6	14,8	14,8	61,7	38	30	50
Nº 50	0,3	12,9	12,9	74,5	25	18	30
Nº 100	0,15	10,4	10,4	84,9	15	10	21
Nº 200	0,07 5	4	4	88,9	11,14	5	15
FONDO		11,1	11,1	100	0		
TOTALES		100	100				

ESTRUCTURA DEL AGREGADO		
GRAVAS:	6,7	%
ARENAS:	82,1	%
FINOS:	11,14	%
TOTAL:	100	%

Ensayo # 4.14 Análisis granulométrico de agregado grueso (AASHTO T27 Y ASTM C-136) y fino (AASHTO T-11, ASTM C-117).

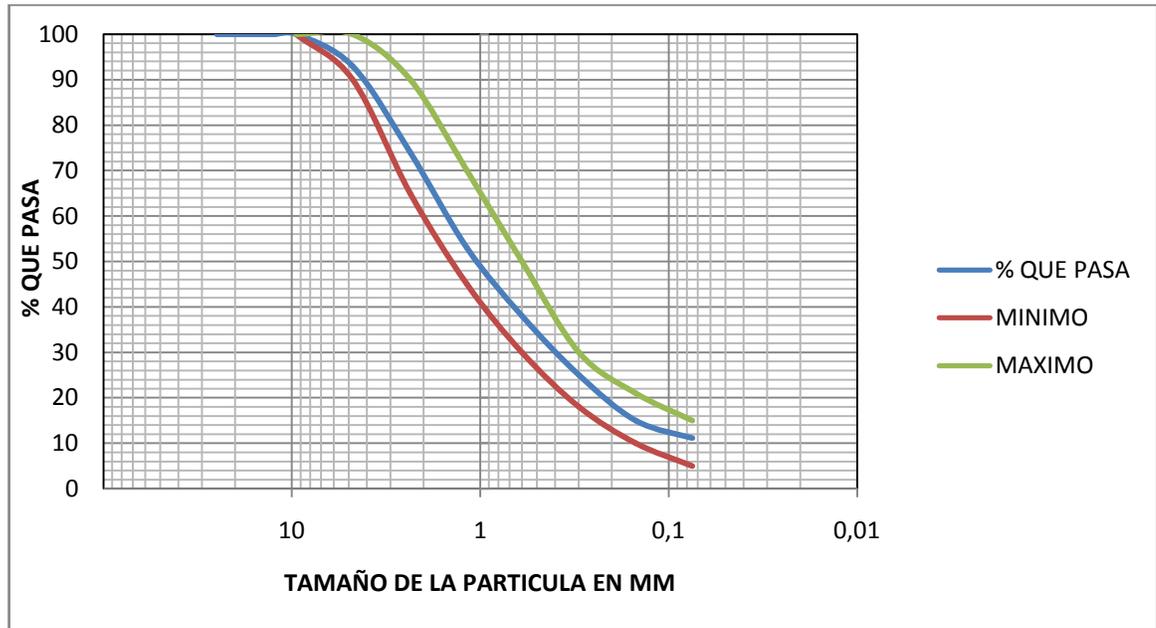


Gráfico # 4.4 Ensayo de análisis granulométrico de agregado grueso (AASHTO T27 Y ASTM C-136) y fino (AASHTO T-11, ASTM C-117).

4.2.2. Ensayos para caracterizar emulsión CQS – 1H.

(Emulsión catiónica de rompimiento controlado de baja viscosidad, asfalto duro.)²³

I. Método de Prueba Estándar para la Viscosidad de la Emulsión Asfáltica por Viscosímetro Saybolt Furol (SSF) A 25 °C. (ASTM D7496)

Las determinaciones se realizan a 25 °C o 50 °C (77 ó 122 °F), pudiendo emplearse el viscosímetro, aún en el caso en que el tiempo empleado para fluir, sea menor de 20 segundos.

A. EQUIPO

A.1. Viscosímetro.

A.2. Tamiz de 850 mm (No. 20).

A.3. Bañera.

A.4. Cronómetro

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Ensayo a 25 °C (77 °F). (Para emulsiones con porcentaje de agua mayor del 35%).

B.1.1. Se agita bien la muestra para que no se formen burbujas y viértala en un frasco de 100 cm³, el cual se coloca en un baño de agua a la temperatura de 25°C ± 0.1 °C (77 ±0.2°F) durante 30 minutos, mezclando al final la muestra, para lo cual se invierte el frasco varias veces, pero lentamente para evitar que se forme espuma.

²³ Basado en ASTM D 244.

B.1.2. Vierta la muestra dentro del viscosímetro a 25 °C y agitada se echa una pequeña cantidad a través del tamiz de 850 mm (No. 20) en el viscosímetro limpio, dejando que fluya por el tubo de salida para el desperdicio.

B.1.3. Coloque el tapón, el cual debe estar unido a un cordel que facilite su remoción, en la cámara de aire del viscosímetro; se vierte la muestra a través del tamiz de 850 mm (No. 20) directamente en el tubo del viscosímetro hasta que sobrepase el borde de rebose del tubo.

B.1.4. Se agita la muestra con un termómetro de viscosidad equipado con soporte, mediante un movimiento circular de 30 a 50 rpm en el plano horizontal, hasta que la temperatura de la emulsión alcance la del ensayo y permanezca durante un minuto dentro de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de la misma.

B.1.5. Se saca el termómetro de la muestra y se retira la emulsión de la galería utilizando la pipeta extractora, hasta que quede por debajo del borde de rebose, teniendo especial cuidado para que la punta de la pipeta no lo toque.

B.1.6. Se coloca el frasco receptor de tal manera que la emulsión que cae del viscosímetro golpee el cuello del mismo.

B.1.7. Se retira rápidamente el tapón del fondo del viscosímetro y en el mismo instante se pone en funcionamiento el cronómetro, el cual se detiene en el momento en que el fondo del menisco alcance la marca de graduación del frasco receptor, anotándose la lectura del cronómetro.

II. Método de Prueba Estándar para las Partículas de Gran Tamaño en la Emulsión Asfáltica (PRUEBA DE TAMIZ %) ASTM D 6933.

A. EQUIPO

A.1. Tamiz de 850 μm

A.2. Batea o cazuela.

A.3. Termómetro para las pruebas a 25 °C y en ensayos a 50 ° C.

A.4. Solución Agente tensioactivo no iónico (1%) -1 g de no iónico tensioactivo disuelto en agua destilada y diluido en 100 ml.

A.5. Agua destilada o desionizada

A.6. Balanza, capacidad de 2000 g \pm 1 g y 500 g \pm 0.1 g.

A.7. Horno capaz de mantener una temperatura de 110 \pm 5 ° C.

A.8. Desecador.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 La temperatura a la que se realizará la prueba de tamiz se relaciona con la viscosidad de la emulsión asfáltica. Para aquellos materiales cuya viscosidad Saybolt Furol en segundos según lo determinado por el método de prueba D244 es 100 s o menos en 25 °C y aquellos cuya viscosidad se especifica a 50 ° C, utilice una temperatura de ensayo de 50 \pm 3 °C.

B.2 Determinar el peso del tamiz y la bandeja con una precisión de 0.1 g y grabar esta masa como "A". Humedezca la tela metálica con una solución de tensioactivo no iónico.

B.3 Determinar la masa del recipiente de la muestra que contiene la emulsiones asfálticas a 0.1 g. Anote esta masa como "C". Derramar 800 a 1000 g de la emulsión asfáltica a través

del tamiz (si el recipiente de muestra contiene 800-1000 g de la muestra, se vierte todo el contenido). Determinar la masa del recipiente de la muestra que contiene la emulsión asfáltica previamente a 0.1 g. Registre esta masa como "D". Lavar el residuo en el tamiz con agua destilada o agua desionizada hasta que los lavados sean transparentes.

B.4 Colocar el recipiente debajo de la criba y calentar durante 2 h en el horno de secado a una temperatura de 110 ± 5 °C. Dejar enfriar en un desecador. Determinar la masa del tamiz, cazuela, y al resto de los 0.1 g más cercanos. Anotar esa masa como "B".

C. CÁLCULO

C.1 Se calcula el porcentaje de la muestra retenida en el tamiz como sigue:

Las partículas de gran tamaño, % = $[(B - A) / (C - D)] * 100$.

Dónde:

A = masa del tamiz y cazuela, g,

B = masa del tamiz, cazuela, y el residuo,

C = masa del recipiente de la muestra completa, g, y

D = masa del recipiente vacío, g.

D. INFORME

D.1 Indique el porcentaje en masa de materia retenida en el tamiz (residuo).

III. Práctica Estándar para la Identificación de la Emulsión Asfáltica Catiónica. (ASTM D 7402).

El ensayo está basado en la diferente carga eléctrica, negativa o positiva, que poseen las partículas bituminosas en las emulsiones aniónicas o catiónicas, y consiste en introducir en la emulsión una pareja de electrodos unidos a una fuente de alimentación de corriente continua, observando, al cabo de un tiempo, en que electrodo se ha depositado la película de ligante.

A. EQUIPO

A.1. Fuente de corriente continua de 12 V.

A.2. Electrodo: Dos placas de acero inoxidable, de 25 mm de ancho y 101.6 mm de largo.

A.3. Vasos de vidrio de 150 ó 250 cm³ de capacidad.

B. PROCEDIMIENTO

B.1. La muestra de emulsión se vierte en un vaso de vidrio en cantidad tal que permita sumergir 25mm los electrodos dentro de ella.

B.2. Se montan los electrodos, previamente limpios y secos, y se introducen en la emulsión hasta la señal de enrase de 25 mm.

B.3. Se conectan los electrodos a la fuente de alimentación y se ajusta la intensidad de la corriente, mediante la resistencia variable, hasta unos 8 mA, poniendo en marcha al mismo tiempo un reloj.

B.4. Cuando la intensidad de la corriente baje a 2 mA o hayan transcurrido 30 minutos, se desconecta la corriente, desmontar los electrodos y se lava con agua.

B.5. Finalmente, se observa el depósito que queda en los electrodos; una emulsión catiónica producirá un depósito apreciable de ligante en el cátodo (electrodo negativo), mientras que el ánodo (electrodo positivo), permanecerá limpio. Por el contrario, en una emulsión aniónica el depósito aparecerá en el ánodo, permaneciendo el cátodo limpio.

IV. Método de Prueba Estándar para Destilación de la Emulsión Asfáltica.

(Determinación Cuantitativa de Porcentaje de Residuos). (ASTM D 6997).

A. EQUIPO

A.1. La destiladora de aleación de aluminio.

A.2. Junta de sello.

A.3. Fuentes de calor.

A.4. Aparato de conexión que consta de aproximadamente 12 mm de vidrio o tubo de conexión de metal.

A.5. Cilindro graduado de 100 ml, con intervalos de graduación de 1.0 ml.

A.6. Termómetro.

A.7. Balanza capaz de pesar 3500 g y con una precisión de ± 0.1 g.

A.8. Tapones de corcho.

A.9. Tubos resistentes al calor tubo de goma.

A.10. Tamiz de 300 micras.

B. ACONDICIONADO PARA LAS PRUEBAS

B.1 Las emulsiones asfálticas se agitan bien para lograr homogeneidad antes del ensayo.

B.2 Las emulsiones asfálticas con los requisitos de prueba de viscosidad de 50°C se calientan a $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$ en el recipiente de la muestra original en un baño de agua o en el horno. El recipiente debe ser ventilado para aliviar la presión. Después que la muestra alcanza $50 \pm 3^{\circ}\text{C}$, se agita la muestra para lograr homogeneidad.

B.3 Las emulsiones asfálticas con los requisitos de prueba de viscosidad de 25 °C se deben acondicionar a 25 ± 3 ° C en el envase original de la muestra para lograr homogeneidad. Después de que la muestra alcanza 25 ± 3 ° C, se agita la muestra para lograr homogeneidad.

B.4 Las emulsiones asfálticas presentados para probar desde un tanque de almacenamiento pueden ser probados en la temperatura del depósito. No se requiere acondicionado como en B.2 y B.3.

C. PROCEDIMIENTO

C.1 Determinar la masa de la destiladora de aleación de aluminio.

C.2 Añadir 200 ± 1.0 g de una muestra representativa de la emulsión asfáltica. Anote esta masa.

C.3 Sujetar firmemente la tapa de la destiladora. Si se utiliza una junta, insertar entre la destiladora y la cubierta antes de la sujeción.

C.4 Insertar el dispositivo de medición de la temperatura primero a través de un tapón de corcho o de silicona, y luego uno de los pequeños orificios de la cubierta.

C.5 Colocar el quemador de anillo alrededor de la destiladora de aproximadamente de 150 mm de la parte inferior de la destiladora. Aplique calor al encender este quemador y el ajuste a fuego lento.

C.6 Cuando la temperatura alcanza aproximadamente 215 °C, mover el quemador de anillo aproximadamente a nivel con la parte inferior de la destiladora. Aumentar la temperatura a 260 ± 5 °C, manteniéndola a esta temperatura durante 15 min. Completar la destilación total 60 ± 15 minutos de la primera aplicación de calor.

C.7 Inmediatamente después de la expiración del período de calentamiento, apague la llama y de nuevo pese la destiladora y accesorios según se describe en C.1. La destiladora de aleación de aluminio a temperatura ambiente (C.1) pese 1.5 g a más de 260 ° C. para corregir este error mediante la adición de 1.5 g de peso bruto obtenido antes de calcular el porcentaje de residuo por destilación. Calcular por D.1 y reportar el residuo en porcentaje por destilación. Registrar el volumen de aceite destilado de 0.5 ml a la más cercana. Calcular por D.2 y reportar el aceite destilado como un porcentaje en volumen de la emulsión asfáltica total basado en el peso de la muestra cómo se registra en C.2.

C.8 Remover el contenido de la destiladora agitando suavemente el residuo.

Esto se puede hacer usando un movimiento de torbellino o agitación con una larga varilla de vidrio o de acero para obtener un material consistente antes de verter. Retire la tapa del destilador y verter inmediatamente porciones adecuadas de los residuos en un contenedor o moldes necesarios para el análisis de residuos. Si hay materia extraña se desconfía de el residuo, se vierte la material a través de un tamiz antes de verter en los moldes de ensayo y el recipiente.

D. CÁLCULO

D.1 Calcular el porcentaje de residuos en la muestra siguiente:

$$\text{Agua \%} = [(\text{ME}-\text{MR}) / (\text{ME}-\text{TR})] * 100$$

$$\% \text{RA} = 100 - \text{agua \%}$$

Dónde:

TR = peso de alambique

ME = peso de alambique + emulsión

$MR = \text{peso alambique} + \text{residuo}$

D.2 Calcular el % del destilado de petróleo de la siguiente manera:

Destilado de Petróleo, % = (Volumen de aceite registrado en 0.5 ml / peso de la muestra más cercana)*100. Registre el % de aceite destilado con precisión de 0.1%.

E. INFORME

E.1 Indique el porcentaje de residuos en la muestra y el porcentaje de destilado de aceite.

V. Método de Prueba Estándar para la Penetración de Materiales Asfálticos.

(ASTM D5)

A. EQUIPO.

A.1. Aparato de Penetración.

A.2. Penetración de la aguja:

A.2.1. Aguja.

A.3. Contenedor de muestra: Se utilizará un envase cilíndrico de fondo plano, de metal o vidrio, con las siguientes dimensiones. Ver tabla # 4.2.

A.4. Bañera. Un baño capaz de mantener una temperatura de 25 ± 0.1 °C (77 ± 0.2 F) o cualquier otra temperatura de prueba de 0.1 °C.

A.5. Plato de Transferencia. Cuando se utiliza, el plato de transferencia deberá tener una capacidad de al menos 350 ml.

A.6. Dispositivo de Sincronización. Temporizador eléctrico, un reloj de parada u otro dispositivo, siempre que se gradué en 0.1 s o menos y tenga una precisión de ± 0.1 s durante un intervalo de 60 s.

A.7. Termómetros. Máxima escala de error de 0.1 °C (0.2 F).

A.7.1. Los termómetros adecuados comúnmente usados son:

Número ASTM	Alcance
17°C o 17°F	19 a 27 °C (66 a 80 °F)
63°C o 63°F	-8 a +32 °C (18 y 89 °F)
64°C o 64°F	25 a 55 °C (77 a 131 °F)

B. PREPARACIÓN DE LA PROBETA

B.1 Si la muestra no es lo suficientemente fluida como se recibió, se calienta la muestra con cuidado, revolviendo siempre que sea posible para evitar un sobre calentamiento local, hasta que se ha convertido en lo suficientemente fluida para verter. Revuelva para garantizar que la muestra es homogénea. Evite la incorporación de burbujas en la muestra.

B.2 Verter la muestra en el recipiente de ensayo a una profundidad de tal manera que, cuando se enfría a la temperatura de prueba, la profundidad de la muestra sea al menos 120% de la profundidad a la que se espera que la aguja penetre. Vierta porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo. Si el recipiente de la muestra es al menos de 65 mm de diámetro y la penetración esperada es mayor que 200, vierta tres porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.

B.3 Dejar enfriar al aire a una temperatura de entre 15 y 30 °C durante un intervalo de 45 min a 1.5 h para un contenedor pequeño (33 * 16 mm o menos), 1 a 1.5 h para el medio (55 * 35 mm) de contenedores y de 1.5 a 2 h para recipientes más grandes. A continuación, coloque las muestras junto con el plato de transferencia, si se utiliza, en el baño de agua mantenido a la temperatura de ensayo prescrito. Deje que el recipiente pequeño (33 * 16 mm o menos) permanecer durante 45 minutos a 1.5 h, el medio (55 * 35 mm) contenedor de permanecer durante 1 a 1.5 h y los recipientes más grandes para permanecer por 1.5 a 2 h.

C. PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA LA PRUEBA

C.1 Cuando las condiciones de prueba no son específicamente las mencionadas, la temperatura, la carga, y el tiempo se entiende que son 25 °C (77 F), 100 g, y 5 s, respectivamente. Otras condiciones pueden ser utilizadas para pruebas especiales, tales como las siguientes. Ver Tabla # 4.3.

D. PROCEDIMIENTO

D.1 Examine el soporte de la aguja y la guía para establecer la ausencia de agua y otros materiales extraños. Si se espera una penetración superior a 350 hacer uso de una aguja larga, de lo contrario utilizar una aguja corta. Limpiar una aguja de penetración con tolueno u otro disolvente adecuado, secar con un paño limpio e inserte la aguja en el penetrómetro. A menos que se especifique lo contrario, el peso de 50 g por encima de la aguja, por lo que el peso total de 100 ± 0.1 g.

D.2 Si las pruebas se harán con el penetrómetro en el baño, colocar el recipiente de la muestra directamente en el soporte sumergido del penetrómetro. Mantenga el recipiente de la muestra completamente cubierta con agua en el baño. Si las pruebas se realizan con el penetrómetro fuera del baño, coloque el recipiente con la muestra en el plato de transferencia, cubrir el recipiente con agua completamente desde el baño a temperatura constante y coloque la bandeja de transferencia en el pie del penetrómetro.

D.3 Uso del indicador de nivel, asegúrese de que el aparato está nivel.

D.4 Tomar nota de la lectura del dial del penetrómetro o traer el puntero a cero. Coloque la aguja lentamente bajarla hasta que su punta sólo haga contacto con la superficie de la muestra. Si el recipiente se mueve, ignorar el resultado.

D.5 Hacer al menos tres determinaciones en puntos de la superficie de la muestra no menos de 10 mm desde el lado del recipiente y no menos de 10 mm entre sí. Si el plato de transferencia se utiliza, reintroducir la muestra y transferir plato al constante baño de temperatura entre las determinaciones. Utilice una aguja para cada determinación. Si la penetración es mayor que 200, utilizar por lo menos tres agujas dejándolos en la muestra hasta que las tres determinaciones se han completado. Si la muestra recipiente es menos de 65 mm de diámetro y la esperada la penetración es mayor que 200, hacer una penetración en cada uno de los tres contenedores diferentes.

**VI. Método de Prueba Estándar para la Ductilidad de los Materiales Asfálticos.
(ASTM D113).**

A. EQUIPO

A.1. Molde

A.2. Bañera. El volumen de agua será no menos de 10 L, y la muestra se sumergirá en una profundidad de no menos de 10 cm.

A.3. Máquina de prueba - Para tirar de la briqueta de materiales bituminosos.

A.4. Clips separadores.

A.5. Termómetro.

Rango de temperatura	Termómetro ASTM No.
----------------------	---------------------

-8 a 32 °C	63 °C
------------	-------

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Montar el molde sobre una placa de bronce. Con una fina capa de una mezcla de glicerina y dextrina, talco o caolín (arcilla de China) para evitar que el material bajo prueba se pegue. Cuidadosamente calentar la muestra para evitar el sobrecalentamiento local hasta que se ha convertido suficientemente fluida para verter. Colar la muestra fundida a través de un tamiz de 300 micras. Después de una minuciosa agitación, se vierte en el molde.

Deje que el molde que contiene el material de enfriar a temperatura ambiente durante un período de 30 a 40 minutos y luego se coloca en el baño de agua se mantiene a la temperatura de ensayo especificado durante 30 min; a continuación, cortar el exceso de betún con cuchillo caliente de masilla de bordes rectos o espátula.

B.2 Mantener la pieza en el estándar de temperatura. Coloque la placa de bronce y el molde, con briqueta, en el baño de agua y mantenga a la temperatura especificada durante un periodo de 85 a 95 min. A continuación, retire la briqueta de la placa, retire las piezas laterales, y probar inmediatamente la briqueta.

B.3 Pruebas. Fije los anillos en cada extremo de los clips a los alfileres o ganchos en la máquina de ensayo y tire de los dos clips separados a una velocidad uniforme tal como se especifica hasta las rupturas de briquetas. La variación del 65% de la velocidad especificada será permitida.

Medir la distancia en centímetros a través del cual los clips se han retirado para producir la rotura. Mientras que la prueba se está haciendo, el agua en el tanque de la máquina de ensayo debe cubrir la muestra tanto por encima como por debajo de ella por lo menos 2.5 cm y se mantendrán continuamente a la temperatura especificada en 0.5 °C.

**VII. Método de Prueba Estándar para la Solubilidad de Materiales
Asfálticos en Tricloroetileno % (ASTM D 2042).**

A. EQUIPO

A.1. Aparato de filtración. (Ver Figura # 4.3 Aparato de filtración.) Los detalles de las partes componentes son las siguientes:

A.1.1. Crisol (Recipiente) de Asfalto o crisol Gooch, transparente por dentro y por fuera, con la excepción de la superficie inferior externa.

A.1.2. Las dimensiones aproximadas deberán ser de un diámetro de 44 mm en la parte superior, que se estrecha a 36 mm en la parte inferior, y una profundidad de 20-30 mm.

A.1.3. Filtros de vidrio con almohadilla de microfibra, de 32-34 mm de diámetro, porosidad fina, la tasa de flujo rápido, retención de partículas de 1.5 micras.

A.1.4. Matraz de filtración, de pared gruesa, con tubo lateral, 250 o 500 ml de capacidad.

A.1.5. Tubo de filtro, 40 a 42 mm de diámetro interior.

A.1.6. Tubería de goma o el adaptador, para mantener el crisol en el tubo de filtro.

A.1.7. Erlen Meyer, 125 ml.

A.1.8. Horno, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 ° C

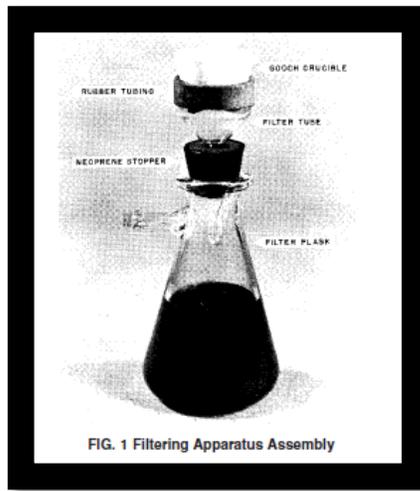


Figura # 4.3 Aparato de filtración.

A.2. Reactivo

A.2.1. Tricloroetileno, grado técnico.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Preparación de Crisol

Colocar en el crisol un espesor de la capa de filtro en un horno a 110 ± 5 ° C durante 15 minutos, se deja enfriar en un desecador para 30 ± 5 min, y a continuación determinar la masa de aproximadamente 0.1 mg. Designar esta masa como A. Conservar en el desecador hasta que esté listo para su uso.

B.2 Preparación de la muestra.

En el caso que la muestra no es fluida, la temperatura conveniente debe ser no más de 100 °C por encima del punto de ablandamiento. Normalmente, la temperatura a la que se ejecuta esta prueba no es crítica, y puede llevarse a cabo a la temperatura de ambiente del

laboratorio. Para las pruebas a evaluar, el matraz y la muestra en solución se colocarán en un baño de agua mantenido a 38.0 ± 0.3 ° C durante 1 hora antes de filtrar.

Transferir aproximadamente 2 g de la muestra en un matraz Erlen Meyer de 125 ml u otro recipiente adecuado, que permita que la muestra se enfríe a temperatura ambiente y luego determinar la masa de 1 mg. Designar esta masa como B.

Añadir 100 ml del tricloroetileno en el contenedor en pequeñas porciones con agitación continua hasta que todos los grumos desaparezcan y no se adhieran a la muestra sin disolver al recipiente. Tapar el frasco o no cubrir el recipiente y deje reposar por lo menos 15 min.

Colocar el crisol previamente preparado y pesado en el tubo de filtrado. Humedezca la almohadilla del filtro con una pequeña porción de tricloroetileno y decantar la solución a través de la capa de filtro del crisol con o sin aspiración de luz que sean necesarias. Cuando la materia insoluble es apreciable, conservar tanto como sea posible en el recipiente hasta que la solución se haya drenado a través de la capa. Lavar el recipiente con una pequeña cantidad de disolvente y utilizando una corriente de disolvente a partir de una botella de lavado, transferir toda la materia insoluble para el crisol. Utilice un colador si es necesario para eliminar cualquier materia insoluble adherida al recipiente. Enjuagar el colador y el recipiente completamente. Lavar la materia insoluble en el crisol con el disolvente hasta que el filtrado es sustancialmente incoloro, a continuación, aplicar succión fuerte para eliminar el disolvente restante. Quitar el filtro del tubo, lavar la parte inferior libre de cualquier materia disuelta, y colocar el crisol en la parte superior de un horno o en un baño de vapor hasta que se haya eliminado todo el olor del tricloroetileno. Colocar el crisol en un

horno a 110 ± 5 ° C durante al menos 20 minutos. Dejar enfriar el crisol en un desecador durante 30 ± 5 min y determinar su masa a la aproximación de 0.1 mg. Repetir el secado y la pesada hasta que se obtiene una masa constante (± 0.3 mg). Designar esta masa como C.

C. CÁLCULOS E INFORME

C.1 Calcular ya sea el porcentaje total de la materia insoluble o el porcentaje de la muestra soluble en el disolvente utilizado de la siguiente manera:

Dónde:

$$\text{Insoluble \%} = [(C - A) / B] * 100$$

$$\text{Soluble \%} = [B - (C - A) / B] * 100$$

A = Masa del crisol y el filtro,

B = Masa de la muestra, y

C = Masa del crisol, material de filtro e insoluble.

Para los porcentajes de insoluble a menos de 1.0, informe al 0.01% más próximo. Para los porcentajes de insoluble 1.0 o más, informará al 0.1% más próximo.

VIII. Método de Prueba Estándar para la Determinación del Punto de Ablandamiento de los Materiales Asfálticos. (ASTM D 36)

A.EQUIPO

A.1 Dos anillos de latón cuadrados que sean ajustables con las dimensiones mostradas en la figura # 4.4 (a). Equipo para determinar punto de ablandamiento en una emulsión.

A.2 Una placa plana lisa de latón aproximadamente 50 por 75 mm (2 por 3 pulgadas).

A.3 Dos bolas de acero de 9,5 mm (3/8 de pulgada) de diámetro, cada uno que tiene una masa de 3.50 ± 0.05 g.

A.4 Dos guías de latón para centrar las bolas de acero, uno para cada anillo, conforme a lo general forma y dimensiones que se muestran en la figura # 4.4 (b). Equipo para determinar punto de ablandamiento en una emulsión.

A.5 Bañera de vidrio que pueda calentarse, no menos de 85 mm de diámetro interior y no menos de 120 mm de profundidad desde la parte inferior del quemador.

A.6 Soporte del Anillo y el conjunto de un soporte de latón diseñado para soportar los dos anillos en una posición horizontal, conforme a la forma y dimensiones que se muestran en la Figura # 4.4 (c), apoyado en el conjunto ilustrado en la figura # 4.4 (d). La parte inferior de los anillos en el soporte del anillo será de 25 mm (1,0 pulgadas) por encima de la superficie superior de la placa inferior, y la superficie inferior de la placa de fondo será de 16 ± 3 mm ($5/8 \pm 1/8$ pulgadas) desde el fondo de la bañera.

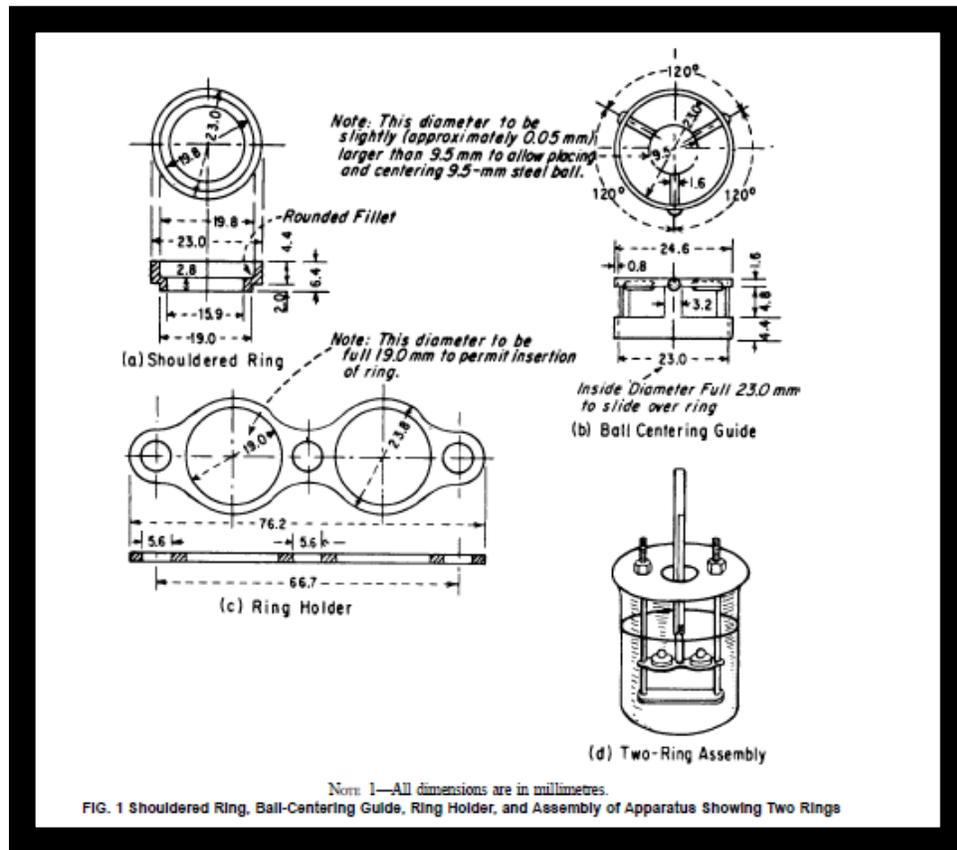


Figura # 4.4 Equipo para determinar punto de ablandamiento en una emulsión.

A.7 Termómetros de 30 a 200 ° C y - 2 a + 80 ° C

A.7.1 Un termómetro de Bajo Punto de Ablandamiento, teniendo un rango de - 2 a + 80 ° C o 30 a 180 ° F, y conforme a los requisitos de 15°C o 15 °F Termómetro.

A.7.2 Un termómetro de Bajo Punto de Ablandamiento, teniendo una gama de 30 a 200 ° C o 85-392 ° C, y que se ajuste a la requisitos para Termómetro 16 °C ó 16 °F.

A.7.3 El termómetro adecuado se suspende en el montaje como se muestra en la figura # 4.4 (d), de modo que la parte inferior de la bombilla esté a nivel con la parte

inferior de los anillos y dentro de 13 mm (0.5 pulgada) de los anillos, no tocar el soporte del anillo.

La sustitución de otros termómetros no se permite.

B .MATERIALES

B.1 Agua Destilada

B.2 Glicerina

B.3 Glicol de Etileno

C. PROCEDIMIENTO.

C. 1 EXTRACCION Y PREPARACION DE LA MUESTRA.

C.1.1 Calentar con cuidado la muestra, agitándola continuamente para prevenir un sobrecalentamiento local, hasta que esté suficientemente fluida para verterla. En ningún caso la temperatura de la muestra debe exceder de 100 °C por sobre del punto de ablandamiento estimado. Eliminar las burbujas de aire incorporadas en la muestra de agitación continua.

C.1.2 Llevar la muestra a la temperatura de vertido, en un tiempo no mayor que 240 minutos; vierta la muestra caliente dentro de los dos anillos, precalentados aproximadamente a la temperatura de vertido. Mientras se llenan los anillos debe apoyarse sobre una placa de bronce, previamente recubierta con un agente desmoldante, para prevenir que el material bituminoso se adhiera a la placa. Enfríe por lo menos durante 30 minutos; en ningún caso deje transcurrir más de 4 horas antes de terminar el ensayo. Las muestras que estén blandas a temperatura ambiente, se deben enfriar durante un mínimo de

30 minutos a una temperatura mínima de 8 °C por debajo del punto de ablandamiento esperado.

C.1.3 Después de enfriado, corte el exceso del material con una espátula o cuchillo ligeramente caliente. En caso de que se repita el ensayo, utilice una muestra nueva y un recipiente limpio.

C.2 REALIZACION DEL ENSAYO.

C.2.1 Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento igual o menor que 80 °C.

C.2.1.1 Ensamblar el aparato con los anillos, el termómetro y la guía para centrar las bolas en posición y llene el baño con agua fresca destilada a 5 ± 1 °C a una profundidad no menor de 100 mm ni mayor de 110 mm. Mantener la temperatura de baño a 5 °C durante 15 minutos, colocando el recipiente del ensayo en agua helada, si es necesario. Utilizando unas pinzas, colocar una bola previamente ajustada a la misma temperatura del baño, en cada una de las guías de centrado de las bolas.

C.2.1.2 Aplicar el calor de tal manera que la temperatura del líquido aumente con una velocidad uniforme de 5 °C por minuto; evite el efecto de las corrientes de aire, utilizando protectores si es necesario.

C.2.1.3 La velocidad de aumento de temperatura deberá ser uniforme y no se promediara durante el periodo del ensayo. La variación máxima permisible para cualquier minuto de tiempo, después de los tres minutos, será ± 5 °C. Eliminar todos los ensayos en los que la velocidad de aumento de temperatura no esté dentro de estos límites.

C.2.1.4 Anotar para cada anillo y bola la temperatura indicada por el termómetro; en el instante que la muestra que rodea la bola, tocar la placa inferior. Si la diferencia entre estos dos valores excede 1 °C, repetir el ensayo.

C.2.2 Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento mayor que 80 °C.

C.2.2.1 Utilizar el mismo procedimiento descrito anteriormente, con las siguientes modificaciones:

C.2.2.1.1 Usar glicerina en vez de agua.

C.2.2.1.2 La temperatura inicial del baño de glicerina será de 32 °C.

**IX. Método de Prueba Estándar para la Determinación de la Gravedad Específica
del Cemento Asfáltico (C.A) (Método del Picnómetro) (ASTM D 70)**

A.EQUIPO

A.1 Picnómetro, vidrio, consiste en un recipiente cilíndrico o cónico cuidadosamente cerrado para recibir un tapón de vidrio de ajuste preciso de 22 a 26mm de diámetro. El tapón deberá tener un agujero de 1.0 a 2.0mm de diámetro, colocado al centro en referencia al eje vertical. La superficie superior del tapón deberá ser sustancialmente plana y no debe tener astillas, y la superficie inferior deberá ser cóncava para permitir que todo el aire escape a través del agujero. El picnómetro tapado debe tener una capacidad de 24 a 30mL y no debe pesar más de 40g. Los picnómetros más apropiados se ilustran en la Figura # 4.5.

A.2 Bañera, a temperatura constante, capaz de mantener la temperatura dentro de 0.1°C (0.2°F) de la temperatura del ensayo.

A.3 Termómetro.

A.4 Balanza, capaz de hacer las mediciones requeridas a una precisión de al menos 0.001g.

A.5 Vaso, de 600ml.

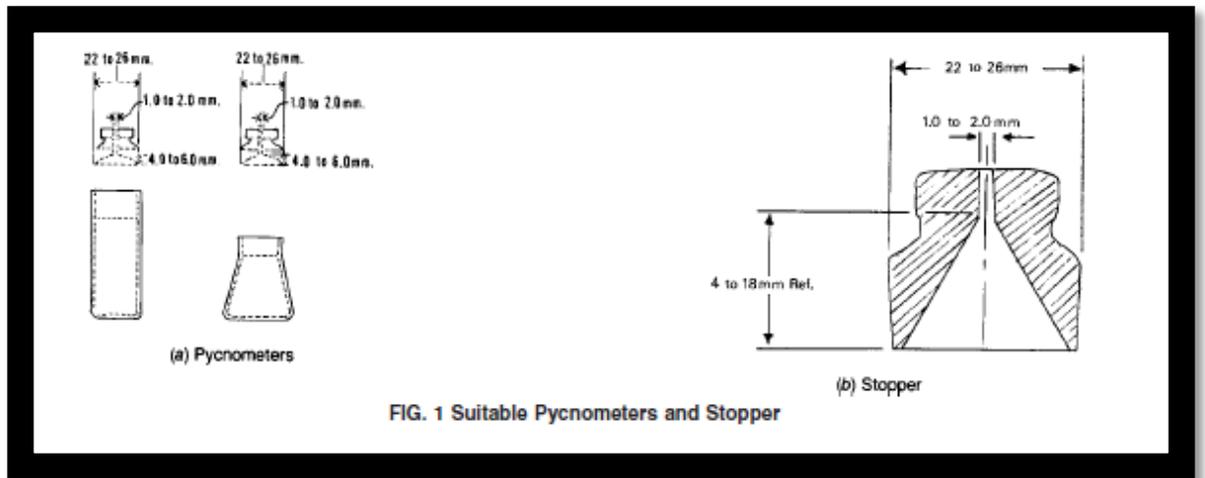


Figura # 4.5 Picnómetros apropiados.

B. MATERIALES

B.1 Agua – agua recién hervida y enfriada, destilada o des-ionizada.

B.2 Muestra.

C. PROCEDIMIENTO

C.1 Preparación de la Muestra calentar la muestra con cuidado, revolviéndola para prevenir un sobrecalentamiento local, hasta que la muestra se haya vuelto lo suficientemente fluida para verterse. En ningún caso la temperatura debe elevarse a más de 55°C (131 F) sobre el punto de ablandamiento esperado del alquitrán, o a más de 110°C (230 F) sobre el punto de ablandamiento esperado del asfalto. No calentar por más de 60 min, y evitar la incorporación de burbujas de aire en la muestra.

C.2 Verter suficiente muestra en el picnómetro limpio, seco y calentado para llenarlo alrededor de tres cuartos de su capacidad. Tomar precauciones para evitar que el material toque los lados del picnómetro encima del nivel final y prevenir la inclusión de burbujas de

aire. Permitir que el picnómetro y su contenido se enfríen a temperatura ambiente por un periodo de no menos de 40min y pesarlo con el tapón lo más cercano a 0.001g. Designar la masa del picnómetro más la muestra como C.

C.3 Retirar el vaso del baño de agua si es necesario. Llenar el picnómetro conteniendo el asfalto con agua recién hervida, destilada o des-ionizada, colocando el tapón flojo en el picnómetro. No permitir que ninguna burbuja de aire permanezca en el picnómetro. Colocar el picnómetro en el vaso y presionar el tapón firmemente en su lugar. Regresar el vaso al baño de agua si se retiró previamente.

C.4 Permitir que el picnómetro permanezca en el baño de agua por un periodo de no menos de 30min. Retirar el picnómetro del baño. Secar y pesar usando la misma técnica y tiempo que la empleada anteriormente. Designar esta masa del picnómetro más la muestra más agua como D.

D.CÁLCULO

Calcular la densidad relativa lo más cercana a 0.001 como sigue:

$$\text{Densidad relativa} = (C - A) / [(B - A) - (D - C)] \quad (1)$$

Donde:

A = masa del picnómetro (más el tapón),

B = masa del picnómetro lleno con agua,

C = masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto, y

D = masa del picnómetro más asfalto más agua.

**X. Método de Prueba Estándar para Residuo por Evaporación de la Emulsión
Asfáltica. (ASTM D 6934)**

A. APARATO

A.1 Vasos pequeños, capacidad de 1000 ml, de vidrio o de metal.

A.2 Varillas de vidrio con extremos pulidos en llama, de aproximadamente 6 mm de diámetro y aproximadamente 180 mm de longitud.

A.3 Balanza capaz de pesar 500 g con una precisión de 0.1 g.

A.4 Horno capaz de mantener una temperatura de 163 ± 3 ° C.

A.5 Diámetro de tamiz de 300 micras de 76.2 mm.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Procedimiento A.

B.1.1 Usar procedimiento A cuando es requerido solo el porcentaje de residuo.

B.1.2 Pesar 50 ± 0.1 gr. de asfalto emulsionado adecuadamente mezclado dentro de cada uno de los 3 recipientes, cada uno de los cuales pesado previamente con la varilla de vidrio. Situar los contenedores conteniendo las varillas y la muestra en la estufa, la temperatura del cual ha sido ajustada a 163 ± 2.8 °C., por dos horas. Al final de este período remover cada contenedor y remover el residuo bastante. Volver a la estufa por 1 hora, remover, dejar enfriar hasta temperatura ambiente y pesar con las varillas.

Nota: Deberá tenerse mucho cuidado para prevenir pérdida de asfalto de los contenedores a través de espumado o salpicado o ambos. También, el situar los contenedores y muestras de

emulsiones en una estufa fría tibia y llevar la estufa y la muestra hasta la temperatura de 163 °C., juntos es permisible. Si preferido una evaporación preliminar de agua puede ser efectuado por un cuidadoso calentamiento en una placa caliente, seguido de un tratamiento en estufa a 163 °C por una hora.

B.2 Procedimiento B.

B.2.1 Usar el procedimiento B cuando son requeridas pruebas sobre el residuo de la emulsión.

B.2.2 Proceder de acuerdo con B.1.2 usando cuatro muestras de 50 ± 0.1 gr. Después del cálculo para porcentaje de residuo, reemplazarlos recipientes en la estufa hasta que el asfalto residual sea suficientemente fluido para pasar a través de un tamiz No. 50(300 mm.) (Generalmente se requieren 15 a 30 min.). Verter el residuo a través del tamiz N° 50 (300 mm.) dentro de contenedores coleccionados para hacer pruebas de desecado

C. CÁLCULO Y REPORTE

$$\%R.A. = 1 - ((B-C) / (B-A))$$

Dónde:

A = peso del recipiente, gr.

B = peso del recipiente + emulsión, gr.

C = peso del recipiente + residuo, gr.

C.2 Informar el porcentaje de residuo por evaporación como el promedio de los 3 resultados.

D. PRECISIÓN Y ERROR.

D.1 Los siguientes criterios se deben utilizar para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% de probabilidad):

D 1.1 Resultados duplicados por el mismo operador no deben considerarse sospechoso si no difieren en más delo establecido en la Tabla # 4.5 Criterios de aceptabilidad de resultados. ASTM D6934.

XI. HOJA TÉCNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CQS-1h.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible
 LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS

ASTM D-2397 Y AASHTO M-208

Tipo de emulsión: CQS-1H (Emulsión Catiónica de Rompimiento Acelerado Controlado)

Clasificación (prueba de identificación)(Sección92-99, ASTM D 244)

ENSAYOS A LA EMULSIÓN						
TEMPERATURA DE SOLUCION JABONOSA (°C) :		37	TEMPERATURA DE EMULSION (° C):		80	
TEMPERATURA DE ASFALTO (°C):		145	PH DE EMULSION:		2	
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EN EL ENSAYO °C		25	VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (SSF) A 25°C ASTM D7496 (seg)		30	
PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930	TOP	FONDO	PRUEBA DE SEDIMENTACION A 5 DIAS ASTM D6930	TOP	FONDO	
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	90,4	117,2	PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	217,0	201,6	
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	143,6	169,1	PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	270,0	246,1	
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	124,0	150,1	PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	250,1	229,8	
% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	63,16%	63,39%	% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	62,45%	63,37%	
% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R. (TOP))	0,23%		% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R. (TOP))	0,92%		
CAPACIDAD DE CUBRIMIENTO Y RESISTENCIA AL AGUA			DESTILACION			
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933			RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997			
PESO DE TAPADERA + TAMIZ	A	673,40	CARGA DE PARTICULA ASTM D 7402:	PESO DE ALAMBIQUE	(TR)	2311,50
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	C	1309,00		PESO ALAMBIQUE +EMULSION	(ME)	2511,60
PESO DE RECIPIENTE VACIO	D	309,60		PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	(MR)	2437,50
PESO DE TAPADERA+ TAMIZ+ RESIDUO	B	673,60		% AGUA = (ME-MR)/(ME-TR) X100		37,03%
			POSITIVO	% RA= 100- % AGUA		62,97%

$\%T=(B-A)/(C-D) \times 100$		2,0E-02		<i>EVAPORACION</i>		
<i>ENSAYOS AL RESIDUO DE LA EMULSION</i>				RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934		
Gravedad Específica del Cemento Asfáltico (C.A) ASTM D-70		ASTM D 2042: Solubilidad en Tricloroetileno, (%)	99,80%	Peso de Recipiente (A)	90,8	114,4
A: Picnómetro seco y Limpio	53,242	ASTM D 113: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	90 c.m	Peso de Recipiente + Emulsión(B)	141,5	168,6
B: Picnómetro Aforado con Agua (25 °C)	80,410	ASTM D5: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm)	58 dmm	Peso de Recipiente + Residuo(C)	122,8	148,6
C: Picnómetro con C.A (25 °C)	67,000			% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	63,12%	63,10%
D : Picnómetro con Agua y C. A Aforado a 25 °C	80,750	ASTM D36: Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola)	61 °C	PROMEDIO		63,11%
Gravedad Específica del C. A	1,025					

Ensayo # 4.15 Hoja resumen de caracterización a emulsión CQS-1h

4.2.3. Pruebas de desempeño de slurry seal.

I. ISSA TB 106 Medición de la Consistencia de Lechadas Asfálticas: Cálculo del Rango de % Humedad Óptima en el Mezclado.

A. EQUIPO

A.1 Molde cónico, de metal o plástico rígido, de 38 mm de diámetro en su base superior, 89 mm de diámetro en su base inferior y 76 mm de altura.

A.2 Base graduada circular en cm, se puede utilizar hojas de papel impresas con los círculos descritos para el ensayo.

A.3 Balanza de 2000 gramos de capacidad y 0.1 gramo de sensibilidad.

A.4 Horno, con capacidad de temperatura constante de 110 ± 5 °C.

A.5 Espátula.

A.6 Recipientes.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Los agregados a utilizar en el ensayo se secan en el horno hasta una masa constante, con el fin de partir con una humedad inicial igual a cero.

B.2 A continuación se pesan unos 500 gramos de muestra, si existe una deficiencia de finos en la granulometría del agregado, agregar cemento Portland y mezclar por un minuto o hasta tener una total distribución del cemento en el agregado.

B.3 La emulsión se agita en su envase con una varilla gruesa de vidrio hasta conseguir su total homogeneidad, comprobando que no presente signos de rotura o sedimentación.

B.4 A continuación mezclar las proporciones elegidas de llenante mineral y agua, seguidamente se procede al amasado de estos componentes hasta su total mezclado.

B.5 Con el porcentaje teórico de emulsión se calcula la cantidad de emulsión a colocar en la mezcla en función al peso del agregado, mezclándose el conjunto de materiales con la espátula entre uno y tres minutos, hasta obtener un amasado homogéneo.

B.6 Generalmente, será necesario ensayar diferentes mezclas con porcentajes variables de agua y el óptimo calculado de emulsión, hasta conseguir un amasado con la consistencia adecuada.

B.7 Se coloca la base graduada circular sobre una superficie firme horizontal, centrando sobre la misma la base mayor del molde de tronco cónico. Si se utilizan las hojas impresas de papel se procede de la misma forma, utilizando como base cualquier superficie horizontal.

B.8 La mezcla de slurry seal recién fabricada se vierte suavemente en el interior del cono por la abertura superior con la ayuda de una espátula, hasta un ligero exceso, se enrasa.

B.9 Seguidamente se levanta el molde con un rápido movimiento vertical, una vez retirado el molde se deja que la mezcla fluya libremente sobre la base graduada, hasta que se deje de extender.

B.10 Se mide la fluencia en centímetros alcanzada por la mezcla en cuatro puntos de la escala de círculos de la base graduada, separados entre sí a 90 grados, promediar las cuatro lecturas y registrar ese valor en centímetros.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS:
CALCULO DEL RANGO DE % DE HUMEDAD EN EL MEZCLADO OPTIMO



TIPO DE EMULSION: CQS-1H

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS

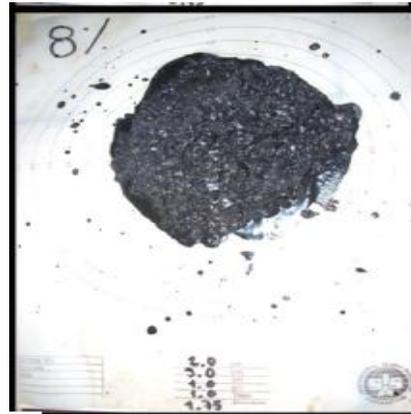
MEZCLA DE PRUEBA N° 1	
% de agua requerida adicional para ensayo de consistencia	4,00
flujo de cono	0,50
% óptimo de emulsión según ISSA TB-118	13,00
% de residuo asfáltico	8,19
% de agua en la emulsión	4,81
% de agua en el agregado tipo II	1,00
% de agua total en la mezcla	9,81
% de filler	1,00
% de aditivo	0,00



MEZCLA DE PRUEBA N° 2	
% de agua requerida adicional para ensayo de consistencia	6,00
flujo de cono	0,75
% óptimo de emulsión según ISSA TB-118	13,00
% de residuo asfáltico	8,19
% de agua en la emulsión	4,81
% de agua en el agregado tipo II	1,00
% de agua total en la mezcla	11,81
% de filler	1,00
% de aditivo	0,00



MEZCLA DE PRUEBA N° 3	
% de agua requerida adicional para ensayo de consistencia	8,00
flujo de cono	1,75
% óptimo de emulsión según ISSA TB-118	13,00
% de residuo asfáltico	8,19
% de agua en la emulsión	4,81
% de agua en el agregado tipo II	1,00
% de agua total en la mezcla	13,81
% de filler	1,00
% de aditivo	0,00



MEZCLA DE PRUEBA N° 4	
% de agua requerida adicional para ensayo de consistencia	10,00
flujo de cono	3,25
% óptimo de emulsión según ISSA TB-118	13,00
% de residuo asfáltico	8,19
% de agua en la emulsión	4,81
% de agua en el agregado tipo II	1,00
% de agua total en la mezcla	15,81
% de filler	1,00
% de aditivo	0,00



MEZCLA DE PRUEBA N° 5	
% de agua requerida adicional para ensayo de consistencia	12,00
flujo de cono	4,25
% óptimo de emulsión según ISSA TB-118	13,00
% de residuo asfáltico	8,19
% de agua en la emulsión	4,81
% de agua en el agregado tipo II	1,00
% de agua total en la mezcla	17,81
% de filler	1,00
% de aditivo	0,00



NOTA: Los resultados de flujo obtenidos mediante el ensayo del cono de consistencia, graficados versus la humedad adicional o añadida a la mezcla, proporcionan los rangos recomendados para la humedad óptima de mezclado. Este ensayo, se ha llevado a cabo bajo condiciones controladas en laboratorio: temperatura de los materiales a 25 °C, ambiente seco, etc. El término: agua añadida o adicional se refiere a un contenido de agua adicional al agua que proporcionan los agregados en su estado natural en acopio y a la humedad que lleva implícita la emulsión de diseño.

LÍNEAS DE PARÁMETROS DE ESPECIFICACIÓN ISSA TB-106

LÍNEAS: Límite recomendado de flujo				rango óptimo de humedad de mezcla
Límite Inferior (2 cm)		Límite Superior (3 cm)		
0,00	2,00	0,00	3,00	7,8 a 9,8 % de humedad adicional
13,00	2,00	13,00	3,00	
LÍNEAS DE RANGO: Agua óptima de mezclado				
Límite Inferior (cm)		Límite Superior (cm)		
7,80	0,00	9,80	0,00	
7,80	2,00	9,80	3,00	

NOTA: Para efectos de diseño, se tomará como valor óptimo de mezcla el 9% de humedad adicional añadida a la mezcla, valor que se encuentra más o menos a la mitad del rango óptimo de humedad de mezcla, el cual nos permite garantizar una mezcla estable y trabajable de diseño. En campo debe asumirse la humedad de mezcla dentro del rango determinado de humedad, no puede fijar un valor, puesto que depende de las condiciones del clima.

Ensayo # 4.16 ISSA TB 106. Medición de la consistencia de lechadas asfálticas.

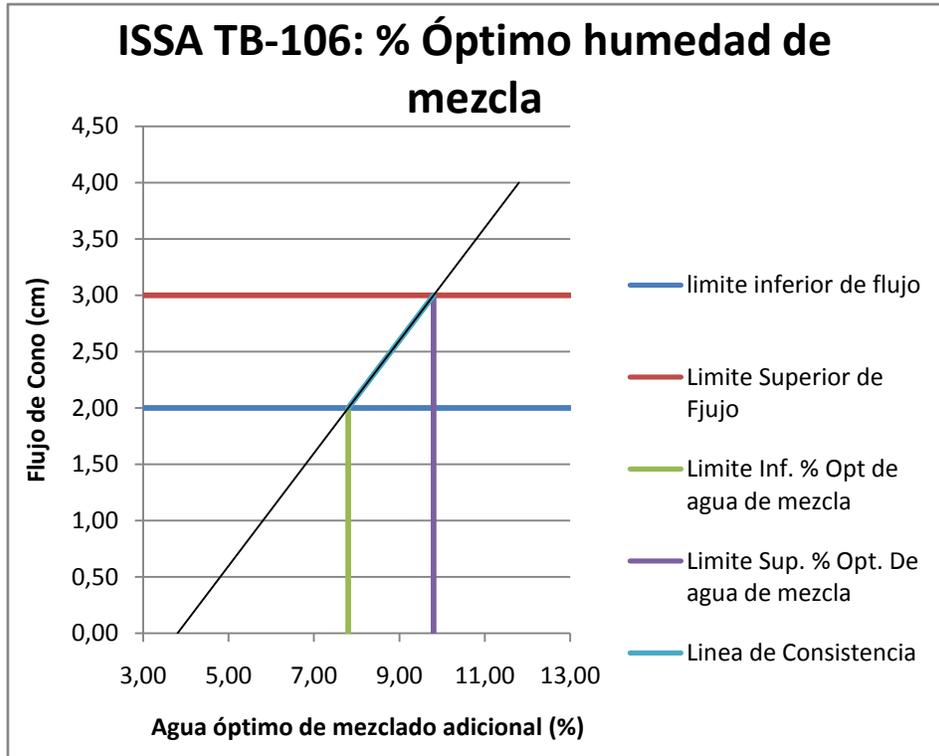


Gráfico # 4.5 Ensayo ISSA TB 106. Medición de la consistencia de lechadas asfálticas.

II. ISSA TB 109 Método de Ensayo para la Medición del Exceso de Asfalto. En Mezclas Asfálticas mediante el uso de Rueda Cargada y la Adherencia de Arena.

A.EQUIPO

A.1 Máquina de ensayos rueda cargada consta de los siguientes componentes principales:

A.1.1 Marco de Canal de Acero Ajustable.

A.1.2 Placa de Montaje para Muestras.

A.1.3 Motor con Brida de 1/3 HP, 1750 RPM.

A.1.4 Doble Eje de Salida del Reductor (40:1 horizontal).

A.1.5 Manivelas de Accionamiento (15.24 cm) de radio de 6 pulgadas

A.1.6 Brazos conectores impulsados por un canal ajustable de acero.

A.1.7 Peso de la caja, ajustable centralmente sobre la rueda

A.1.8 Marco Lanzador # 3YY6-2 con rueda # WR6203 con 3 "(76.2 mm) de diámetro x 1" (25.4 mm) flexible (60-70 neumáticos duros) neumáticos de goma montados a una distancia horizontal de 24 "(60.96 cm) entre la unidad y los ejes giratorios. (Otras ruedas pueden ser utilizadas.)

A.1.9 Contador de revoluciones Reajutable.

A.1.10 Perdigones de Plomo con peso de 5 a 25 lb. (11.34 kg) y dimensión de bolsas # 7 (2.8 mm) o # 8 (2.36 mm)

A.1.11 Placas de montaje de muestras, 24 ga 0.024 (0.60 mm) de acero galvanizado x 3" (76.2 mm) x 16 "(406.4 mm), resalte.

A.1.12 Moldes de los Especímenes, de diversas dimensiones 0.125, 0.188, 0.250, 0.313, 0.375 y 0.500 pulgadas de espesor (3.2, 4.8, 6.4, 8.0, 9.5, 12,7 mm), x 3 "(76.2 mm) x 16" (406.4 mm) fuera y 2 "(50,8 mm) x 15" (381 mm) dimensiones interiores.

A.1.13 Arco de madera de 1 "(25.4 mm) de diámetro x 6" (152.4 mm) o pasador en forma de "U".

A.1.14 Marco de acero, 0.188 "x 2.5" x 15 "(4.76 mm x 63.5 mm x 381 mm) exterior y 1,5 "x 14" (38.1 mm x 355.6 mm) dimensiones interiores, tangente por un lado con 1/2" x 1/2" (12.7 x 12.7mm) autoadhesiva de aislamiento de goma y mantener pulsadas las abrazaderas.

A.1.15 Báscula plana de 250 libras (113.4 kg) de capacidad, sensible a 1 libra. (0.45kg).

A.2 Balanza de 2000 gramos o de mayor capacidad y sensibles a 0.1 gramos, temperatura constante en 140 ° F (60°C), 600 a 1000 ml. Recipiente de mezcla o cubilete de 1 "(25.4 mm) espátula o una cuchara mezcladora, placas de montaje de muestras (2.1.k) y pasadores de enrasado o regla en forma de V, moldes de muestra (2.1.1), aparato de la consistencia del cono (ISSA TB # 106).

B. MATERIALES

B.1 Arena fina de Ottawa -30 (600 μ m), + 100 (150 μ micras) malla, placa y el horno para calentar la arena 180 ° F (82.2 ° C), 1000-5000 ml.

B.2 Recipiente de metal, termómetro para medir la temperatura de la arena, bastidor o maraco de arena de acero con tiras de goma espuma (2,1 n).

B.3 Compactación opcional y la distorsión, aparatos de medición tales como un perfilógrafo y pinzas adecuadas.

C. PROCEDIMIENTO

C.1 Los especímenes de Prueba.

C.1.1 Las mezclas de Slurry Seal se preparan con fórmulas seleccionadas para la prueba utilizando los materiales del proyecto.

C.1.2 Espesor del molde se seleccionará en una muestra de espesor deseado para la prueba, por ejemplo 25% más grueso que el grosor de las partículas más gruesas.

C.1.3 De 25 a 35% más de material que requiere para llenar el molde es mixto. (Normalmente, 300 gramos de agregado llena el molde 1/4 "(6.4 mm).)

C.1.4 Las mezclas de prueba se hacen para determinar las características de consistencia de la formulación seleccionada. (Ver ISSA TB # 106). Notación de la formulación porcentaje exacto para ser utilizado se hace una lista de la cantidad de agregados, carga, agua, emulsión y la consistencia obtenida; por ejemplo, 100-2 - 10-18-3 cm.

C.1.5 Los materiales se pesan cuidadosamente en el recipiente de mezcla. La mezcla debe proceder rápidamente y a fondo para que la muestra se aplica 30 segundos después de la adición de la emulsión.

C.1.6 El molde seleccionado está centrado sobre una placa de montaje de muestras previamente pesado y uniformemente sobre-llenado con la mezcla. Con un movimiento de sierra horizontal con el pasador de la barra mantienen en una posición vertical, la muestra se sacude a la altura del marco de la muestra. Cuando

la muestra se ha fijado lo suficiente como para evitar el desplazamiento, se retira del molde. La muestra se seca durante un mínimo de 12 horas hasta peso constante a 140 °F (60° C) en el horno. El espécimen se retira del horno y se enfría a temperatura ambiente.

C.2 Ajuste y Peso del probador de Rueda Cargada

C.2.1 Los rodamientos del brazos de conexión y de montaje de la rueda se ajustan y se fijan de manera que la distancia horizontal proyectada entre la manivela y los ejes de las ruedas sea de 24 pulgadas (609.6 mm). El conjunto de rueda debe estar alineado para que la rueda corra alienada y paralela con el marco.

C.2.2 El peso de la caja se centra y es fijado directamente sobre el eje de la rueda.

C.2.3 La rueda se coloca sobre una báscula de plataforma para que los brazos de conexión sean paralelos con el marco. Los pesos de plomo se añaden a la caja de peso hasta que se obtiene el peso deseado.

C.3 Montaje de la pieza

C.3.1 La muestra se coloca entonces en la placa de montaje firmemente contra los pasadores de localización y se sujeta en posición con la arandela de fijación y tuercas de mariposa proporcionadas.

C.4 La temperatura se debe de mantener a $77\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}$ ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.1\text{ }^{\circ}$) o como se especifique o se indique lo contrario.

C.5 La rueda es inspeccionada y limpiada a fondo con solvente y agua. La rueda se coloca entonces sobre la muestra y el peso de la caja se carga con el peso deseado.

C.6 El contador es devuelto a cero y la compactación se inicia con el interruptor eléctrico.

Los ciclos por minuto deben ser 44 en las relaciones de transmisión indicadas.

C.7 En algún momento durante la compactación, se puede observar una adherencia y brillo visible. En este punto, se debe de utilizar el agua suficiente para evitar la adhesión de la muestra a la rueda debe ser añadido desde el frasco de lavado.

Con algunos agregados, puede ser necesario lavar abundantemente con agua la trayectoria de la rueda para evitar que las fuerzas de abrasión impacten la muestra. Anotar la resolución necesaria para alcanzar el punto de adherencia.

C.8 Después de 1000 ciclos, o tal como se especifica de otro modo, la máquina se detiene, descargada, y luego la muestra se lava para limpiarla de partículas sueltas y se seca a 140 ° F (60 ° C) hasta un peso constante.

C.9 El peso seco de la muestra se caracteriza y la muestra se coloca en la placa de montaje en su posición original. El marco de la arena se centra sobre la muestra y con el caucho de espuma contra la muestra y se fija para evitar la pérdida de arena. 300 gramos de arena caliente, 180 ° F (82.2 ° C) se extiende de manera uniforme en el molde de arena. La rueda se carga inmediatamente en la muestra y 100 ciclos se completan.

C.10 Toda arena suelta se retira con la aspiradora, la muestra se retira y se pesa. Se toma nota del aumento de peso debido a la adhesión de arena.

**III.ISSA TB-100 Método de prueba para la Abrasión en Húmedo de Superficies
de Lechada Asfáltica: Cálculo del % Mínimo de Emulsión de Diseño.**

A.EQUIPO

A.1 Agitador mecánico modelo N-50, equipado con un dispositivo para sujetar una manguera de caucho (cabezal de abrasión), con un movimiento libre hacia arriba y hacia abajo en el eje de 12.7 mm aproximadamente y con una masa total de 2,270 gr.

A.2 Balanza, de 2000 gr de capacidad y sensibilidad de 0.1 gr.

A.3 Recipiente para ensayo, bandeja metálica de fondo plano y grueso, de aproximadamente 330 mm de diámetro, con paredes laterales verticales de 51 mm de alto, con cuatro tornillos equidistantes, capaces de sujetar una muestra de 285 mm de diámetro al fondo de la bandeja.

A.4 Recipiente para mezcla, adecuado para contener la muestra durante el mezclado.

A.5 Cuchara o espátula.

A.6 Cartón asfáltico liso de 286 mm de diámetro.

A.7 Molde, para la fabricación de las probetas se usa una plantilla circular de 6 mm de espesor y 279 mm de diámetro interior.

A.8 Horno, con temperatura constante de 60 ± 3 °C.

A.9 Baño de agua, a temperatura constante de 25 ± 1 °C

A.10 Cabeza abrasiva de caucho, será una manguera de caucho reforzado, con revestimiento resistente al aceite, de 19 mm de diámetro interior y 31 mm de diámetro exterior. La manguera debe cortarse en trozos de 127 mm y perforada con dos pares de

agujeros de 9 mm alineados centro a centro cada 102 mm, los agujeros deben atravesar los lados cóncavo y convexo de la manguera.

A.11 Cronometro con precisión de 1 segundo.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Las proporciones convenientes de llenante mineral (si es que hiciera falta), agua, aditivos si se requieren y contenido teórico de emulsión asfáltica, respecto del agregado seco, se deberán predeterminar en el laboratorio.

B.2. Se cuartea una cantidad suficiente de agregados secados al aire que pasen el tamiz N° 4, para obtener como mínimo 800 gr. en un cuarteo.

B.3. Se pesan 1000 gr. de agregado en el recipiente de mezclado. Usando la cuchara, se mezcla en seco el llenante mineral con los agregados por 1 minuto o hasta que la distribución sea uniforme. Se agrega la cantidad predeterminada de agua y se mezcla otra vez por 1 minuto o hasta que todas las partículas de los agregados estén uniformemente humedecidas. Finalmente, se agrega la cantidad predeterminada de emulsión y se mezcla por un período no menor de 1 minuto, ni mayor de 3.

B.4 Colocar el molde sobre el cartón asfaltado, inmediatamente vierta la mezcla de lechada asfáltica dentro del molde, nivele la mezcla con el mínimo de manipulación (excesiva manipulación puede segregar el materia) y deseche el material sobrante, dejar reposar la mezcla por lo menos 5 minutos.

B.5 Se retira el molde y colocar la pieza moldeada en el horno a una temperatura de 60 °C y secar hasta peso constante (mínimo 15 horas de secado).

B.6 Sacar la muestra del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente y posteriormente pese la muestra. Seguidamente se coloca en Baño María a 25°C durante un lapso de 60 a 75 minutos.

B.7 Se retira la probeta del Baño María, se coloca en la bandeja de fondo plano y se asegura al fondo ajustando las tuercas de mariposa de las mordazas.

B.8 Se cubre la probeta con una lámina de agua a 25°C, de por lo menos 6mm.

B.9 Se asegura la bandeja que contiene la probeta sobre la plataforma de la máquina Hobart N-50 y se fija la cabeza abrasiva del tubo de caucho al eje de la misma. Se eleva la plataforma hasta que el tubo se apoye en la superficie de la muestra.

B.10 Se enciende la máquina a una velocidad aproximada entre 144 rpm del eje con 61 vueltas del mango de caucho y se mantiene en funcionamiento por 5 minutos.

B.11 Se retira la probeta de la bandeja luego del ciclo de abrasión y se lavan cuidadosamente eliminando los residuos de materiales sueltos, se coloca en el horno a 60° C, y se mantiene allí hasta que alcance peso constante.

B.12 Se retira la probeta del horno, se permite que alcance la temperatura ambiente y se determina su masa. La diferencia entre los 2 pesos (Antes de ensayar y después de ensayar) es la pérdida por desgaste.

B.13 Se fabrican por lo menos tres probetas para cada variación en proporción o calidad de los ingredientes de la mezcla.

C. INFORME

C.1 El valor del desgaste (WTAT) se calcula y los factores de corrección son reportados de la siguiente manera:

- Periodo de remojo.
- Máquina utilizada.
- Duración.
- Gramos perdidos.
- Gramos perdidos por unidad de superficie.

C.2 La correlación de resultados de la prueba de abrasión en pista húmeda con un rendimiento de campo fue presentada por WJ Kan i y LD Coyne en su artículo "Emulsión Asfáltica Slurry Seal Coats", en la reunión de 1964 de la Asociación de Tecnólogos de pavimentación de asfalto. Tasas de desgaste de campo excesivas se encontraron por encima del valor de desgaste para 5 minutos, en la C-100 WTAT de 24.5 gramos o 75 gramos por metro cuadrado (806 g/metro cuadrado). Sólo se utilizaron los 6.35 mm (1/4" de espesor de 0/4.75 mm (0/# 4)). Al utilizar otros espesores de muestra u otras graduaciones este valor de desgaste no puede aplicarse.

El valor del sistema de clasificación se define como el porcentaje de emulsión requerida para producir un perdida estándar WTAT de 24.5 gramos (75 g/ft^2 u 806 g/m^2) en 6 días en remojo en C – 100.

Al utilizar gradaciones distintas de la norma, se recomienda 0/# 4 (0/4.75 mm) utilizar un molde de espesor de 25% al 35% mayor que la partícula más grande del agregado. Correlaciones de campo se han hecho para gradaciones mayores que el estándar 0/# 4 (0/4.75 mm). Ver el ISSA TB N° 106 para la prueba de consistencia.

Es necesaria una muestra plana paralela a la superficie de sustrato y de textura uniforme. Cuando se utiliza la ventana de escobilla de goma, se debe tener cuidado de no presionar el

centro de la muestra. La clavija de madera se puede utilizar con un movimiento corto, avanzando con el movimiento de sierra en combinación con la elevación del molde para lograr una superficie plana y textura uniforme. El movimiento mecánico de la escobilla de goma también se puede usar para asegurar la uniformidad de superficie. Para prevenir la segregación, solamente una sola pasada debe utilizarse con ninguna otra manipulación de la suspensión

Método alternativo: La manguera de abrasi3n se seca, pesa antes y despu3s de la prueba para determinar la p3rdida de la manguera. Todos los agregados erosionados y las part3culas de la manguera se lavan a trav3s de un tarado en papel de filtro de di3metro de 12" (304.8 mm). El papel de filtro y el contenido se secan durante una hora a 140 F (60°). La p3rdida total neta se calcula entonces y se registra como p3rdida directa WTAT.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño.

TIPO DE EMULSION: CQS-1H **FECHA DE ENSAYO:**

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

Determinación gráfica del % Óptimo de Emulsión Asfáltica según tendencias							
WTAT		LWT		LINEAS AUXILIARES			
PUNTOS	VALOR	PUNTOS	VALOR	Línea de tráfico pesado		% Óptimo de Emulsión	
7	793,69	13	445,26	0	538,00	12,5	538,00
8	596,00	14	537,51	17	538,00	12,5	0,00
9	427,50	15	629,77	Eje de % mínimo		Eje de % máximo	
ESPECIFICACION WTAT		Línea de especificación WTAT (6 días)		11	538,00	14	538,00
				11	0,00	14	0,00
1 hora	538 grs/m ²	0	807	Tolerancia % máximo de emulsión		Tolerancia % mínimo de emulsión	
6 días	807 grs/m ²	17	807	14	538	11	538
				14	0	11	0

Ensayo # 4.17. a. ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño.

% Min Emulsión (WTAT)	11,00	TOLERANCIAS	
% Max Emulsión (LWT)	14,00	% Min Emulsión	11,00
% OPTIMO DE EMULSIÓN	12,5	% Max Emulsión	14,00

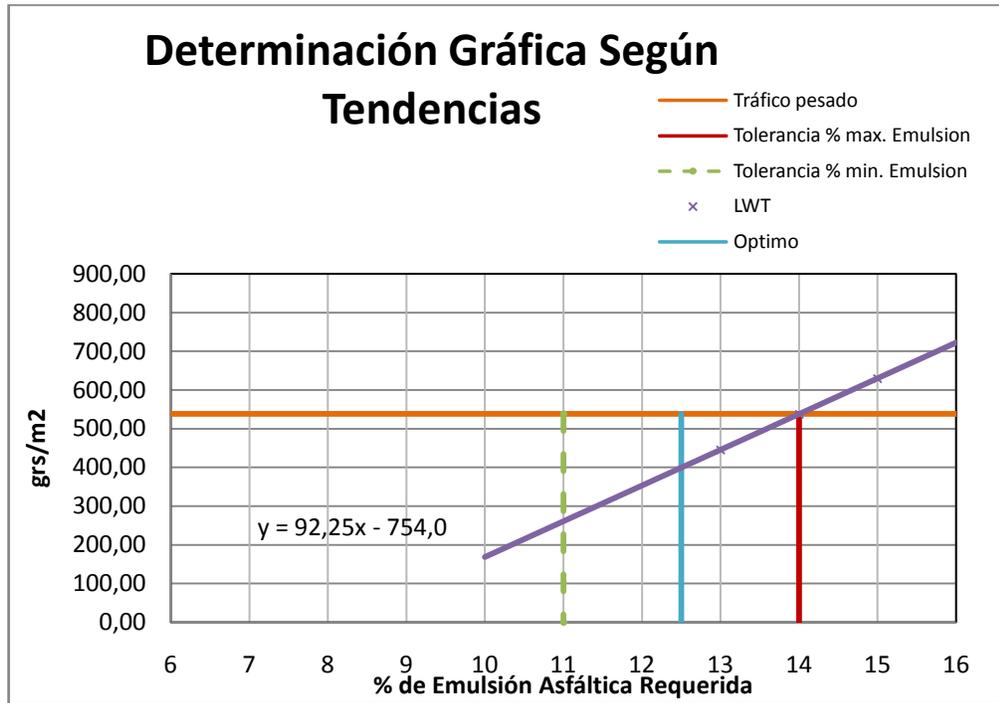


Gráfico # 4.6 ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño.



PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

ISSATB-100 (WTAT): Método de Prueba para la Abrasión en Húmedo de Superficies de Lechada Asfáltica: Cálculo del % Mínimo de Emulsión de Diseño.

PRUEBAS: ISSA TB-109 (LWT): Método de prueba para la medición del Exceso de Asfalto en Mezclas Bituminosas por el uso del Probador de Rueda Cargada y Adhesión de Arena: Cálculo del % Máximo de Emulsión de Diseño.

TIPO DE EMULSION: CQS-1H

FECHA DE ENSAYO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

Cálculo % Mínimo y Máximo de Emulsión de diseño											
% de emulsión	% de residuo asfáltico	Especímenes WTAT (1 hora)		Especímenes LMT		Pérdida grs/m ²		Pérdida grs		Factor multiplicador	
		peso inicial	peso final	peso inicial	peso final	WTAT	LWT	WTAT	LWT	WTAT	LWT
9,00	5,67	2410,80	2397,60	739,70	743,40	13,20	3,70	434,28	273,06	32,90	73,80
11,00	6,93	2176,60	2171,80	713,10	718,05	4,80	4,95	157,92	365,31		
13,00	8,19	2314,00	2312,00	659,50	666,90	2,00	7,40	65,80	546,13		
15,00	9,45	2340,60	2339,90			0,70		23,03			

% de emulsión	% de residuo asfáltico	Especímenes WTAT (1 hora)		Pérdida grs/m ²	Pérdida grs	Factor multiplicador	Tendencia	
		peso inicial	peso final	WTAT (6 días)	WTAT (6 días)	WTAT (6 días)	Puntos	valor
9	5,67	2219,10	2197,10	22,00	723,80	32,90	7	1158,89
11	6,93	2384,70	2374,30	10,40	342,16		8	917,44
13	8,19	2363,10	2355,70	7,40	243,46		9	708,47
15	9,45	2345,60	2341,90	3,70	121,73			

Ensayo # 4.17. b. ISSA TB-100 (WTAT) y ISSA TB-109 (LWT)

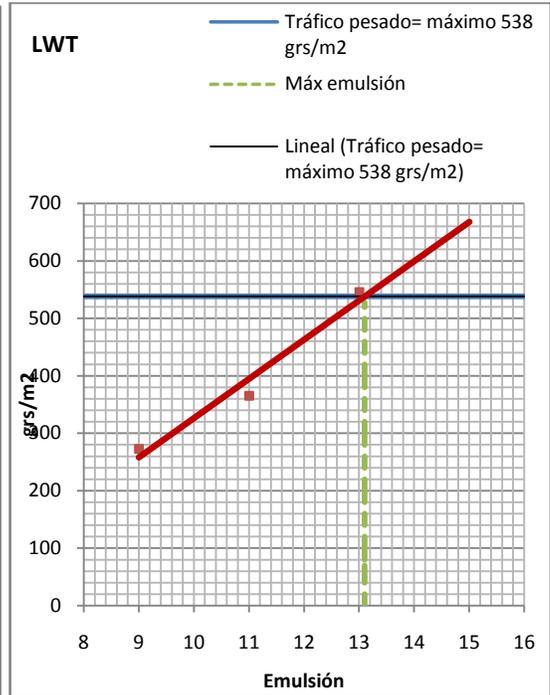
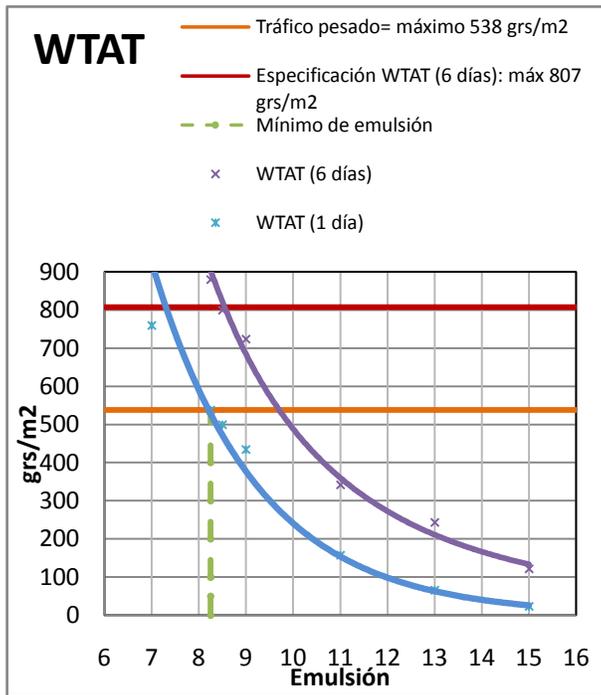


Gráfico # 4.7 ISSA TB-100 (WTAT) y ISSA TB-109 (LWT)

IV. ISSATB-113 Procedimiento de Pruebas de Mezcla para Diseño de Lechadas:

Examinación y evaluación del Performance de la Mezcla.

A. EQUIPO

A.1 Recipientes desechables, tazas para contenidos calientes, tales como:

A.1.1 6 oz (177 ml) Dixie # 2336 para 100 gramos de mezcla.

A.1.2 8 oz (237 ml) Dixie # 2338 para 200 gramos de mezcla.

A.2 Paleta mezcladora tal como una espátula de 4 pulgadas (10 cm) o una cuchilla de masilla Stanley # 1540, 1-1/4 de pulgada (3.18 cm).

A.3 Balanza con capacidad mínima de 500 gramos y una precisión de 0.1 g.

A.4 Tamices. 20 (850 μ m) y 50 (300 μ m) tamices de malla.

A.5 Papel. Un suministro de papel de alta resistencia a la humedad adecuado para la fundición y la identificación de las muestras de la mezcla como el papel chad ó 15 lb (6.8 kg) alquitranado en tamaños convenientes.

A.6 Termómetro. Un termómetro de bajo punto de ablandamiento, que tenga un rango de 30 a 180 ° F (-2 a 80 ° C).

B. MATERIALES

B.1 El agregado deberá ser representativo del lote a ser probado y secado al aire a menos del 1% de contenido de humedad. La muestra completa se divide de acuerdo con la norma ASTM C136. Partículas de gran tamaño de agregado del reglamento se eliminan por pasar el tamaño de pantalla máximo permitido en la especificación global.

B.2 La Emulsión Asfáltica deberá ser representativa del lote a ser probado y uniformemente mezclado. Partículas de aglomerado de asfalto serán eliminadas por el vertido de la muestra a través del tamiz de malla 20 (850 μ m).

B.3 Agua. Agua del grifo de no más de 250 ppm de carbonato de calcio.

B.4 Las cargas y aditivos. Suplementos minerales y/u otros aditivos líquidos o sólidos deberán ser representativos de los lotes sometidos a prueba. Suplementos minerales serán controlados a través del tamiz de malla 50 (300 μ m). Los aditivos líquidos deben ser bien mezclados y de tal concentración para que además de la mezcla no se destruya la consistencia de la mezcla.

C. PROCEDIMIENTO

C.1 En las mezclas de prueba se realizan primero con todos los ingredientes a temperatura ambiente. Para conocer de la temperatura de la mezcla completa se hace utilizando el termómetro. Las mezclas posteriores se pueden hacer con los ingredientes a temperaturas susceptibles de ser alcanzadas en el campo, por ejemplo, 50 ° y 100 ° F (10 ° y 37.8 ° C).

C.2 Pesar 100 gramos del agregado dentro de una taza de 6 oz (177 ml), para 200 gramos de mezcla utilice una taza 8 oz (237 ml). Añadir agregado adicional de modo que el peso seco neto de agregado sea de 100 gramos.

C.3 Añadir la cantidad deseada de agente de relleno o aditivo seco y mezclar en seco con la espátula con un movimiento circular de 60-70 RPM durante 10 segundos o hasta que la distribución de la carga sea uniforme. Varias formulaciones se preparan en los distintos niveles de las cargas deseadas, por ejemplo:

Cal hidratada @ 0.1 y 2%

Cemento Portland, Tipo I @ 0.1 y 2%

Cemento Portland, Tipo II A @ 0.1 y 2%

C.4 Agregar la cantidad de agua deseada y se mezcla a 60-70 RPM en un movimiento circular durante 20 segundos o hasta que se distribución del agua en la mezcla es completa y uniforme.

C.5 Añadir la cantidad deseada de emulsión asfáltica y mezclar inmediatamente a 60-70 RPM en forma circular durante 30 segundos o hasta que la mezcla esté completamente homogénea. Tenga en cuenta la condición de la mezcla durante el tiempo de mezcla. Si los líquidos excesivamente libres siguen presentes, o si la mezcla es excesivamente seca o dura y ajustar el contenido de agua en las mezclas de ensayo.

C.6 Al final del ciclo de mezclado inicial, colocar aproximadamente la mitad de la mezcla en el papel, reteniendo la mitad de la mezcla en el recipiente. Extender la mezcla a una profundidad de 1/4 de pulgada a 3/8 de pulgada (6.4 a 10 mm). Continuar mezclando la parte que queda en el recipiente un máximo de 5 minutos o hasta que la mezcla endurezca o "se rompa". Tomar el tiempo de rotura y el tiempo de mezcla.

C.7 Periódicamente oprima el espécimen con presión en el dedo índice y tener en cuenta el momento en que la suspensión se convierte toma forma y ya no es apreciable desplazamientos por esta acción y tomar el registro como el "tiempo de serie".

C.8 Periódicamente presionar ligeramente sobre el espécimen con papel toalla y tener en cuenta el tiempo necesario para llegar a un conjunto de agua clara y registrarlo.

C.9 Permitir el espécimen se seque al aire o secar hasta peso constante en un horno de aire forzado a 140 ° F (60 ° C) durante 15 horas.

D. EXAMEN Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE PRUEBA

D.1 Examen de adherencia y brillo puede indicar el drenaje de finos o flotación de las películas de asfalto. Las mezclas adicionales se deben hacer para evitar el problema mediante el aumento de la carga y/o disminuyendo el agua y/o cambiar a un tipo diferente de relleno o aditivo. En casos extremos, puede ser necesario volver a formular la emulsión.

D.2 Examen de flotación de finos. Notar las condiciones y el color de la superficie de la mezcla cuando se cure y esté casi o totalmente seca y en horno.

La presencia de una fundición gris, una fundición de bronce o de polvo blanco en la superficie puede indicar demasiada agua de la mezcla, agregado sobre-saturado o incompatibles de alto contenido de finos, alto contenido de cáustica en la emulsión o bajos y altos contenidos de pH ácido que reacciona con el carbonato de piedras para producir cloruro de calcio. La alta temperatura (250 ° F) (121.1 ° C) de curado puede eliminar la decoloración de la superficie. El lavado ligero con un pincel húmedo también puede eliminar estas películas superficiales.

D.3 Examen de adherencia interna. Una evaluación subjetiva de la mezcla de curado se realiza por "bombardeo" y la anotación es hecha si las grandes partículas de agregado son fácilmente desalojadas. Tal condición puede indicar un bajo contenido de emulsión, demasiada agua de mezcla, demasiado relleno o demasiados finos en el contenido de emulsión, el agregado de mala calidad, o la mala emulsión, no hay suficientes finos por matriz adecuada. La mezcla curada puede romper y determinar la dureza fallos de cohesión o adhesivo.

D.4 Pruebas de adhesión deben ejecutarse en las mezclas más exitosas para seleccionar la mejor formulación de la mezcla para su análisis (ver ISSA TB # 114).

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSATB-113 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE MEZCLA PARA DISEÑO DE LECHADAS: EXAMINACION Y EVALUACION DEL PERFORMANCE DE LA MEZCLA

TIPO DE EMULSION: CQS-1H FECHA DE ENSAYO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad).

% DE FILLER	% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	% DE AGUA AÑADIDA	% DE ADITIVO	TIEMPO DE ROTURA (SEG)	TIEMPO INICIAL DE COHESION (SET TIME, MIN)	HABILIDAD DEL SISTEMA PARA MEZCLARSE Y MANTENERSE HOMOGENEO POR 120 SEG MINIMO
0,25	11	6,93	9	0	240	15	ok
0,5	11	6,93	9	0	210	12	ok
0,75	11	6,93	9	0	180	9	ok
1	11	6,93	9	0	150	6	ok

Ensayo # 4.18 ISSA TB-113 Examinación y evaluación del performance de la mezcla.

Nota: Según los resultados obtenidos en el ensayo ISSATB-113, se hace la observación que cada sistema adecuado (como mínimo 180 seg.), para evitar efectos indeseables como: drenaje de finos, flotación de asfalto, filler incompatible, o exceso de agua. Por el contrario todas las mezclas de prueba, evaluado presenta un comportamiento deseado de mezclado manteniendo la consistencia

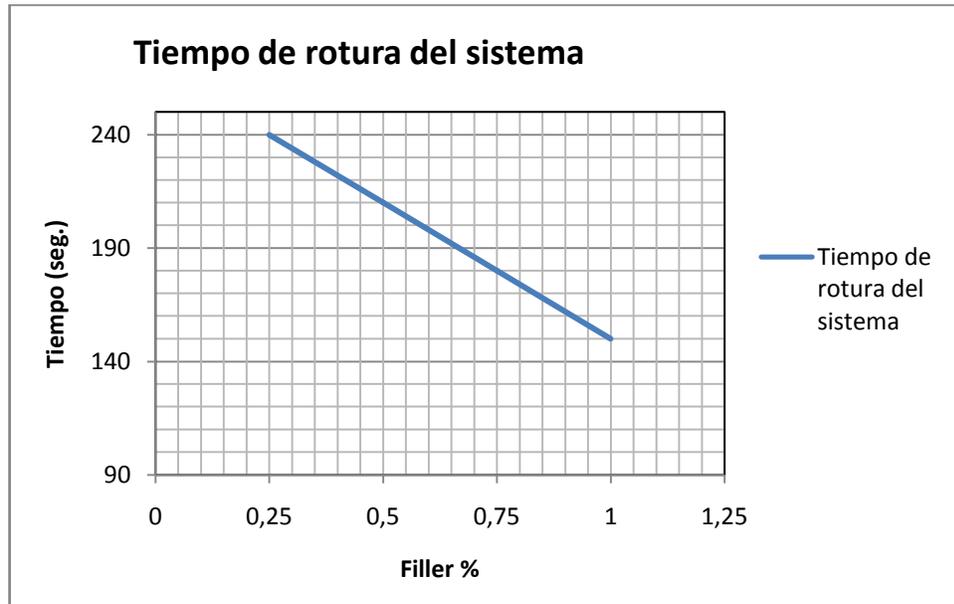


Gráfico # 4.8 ISSA TB 113-Tiempo de rotura.

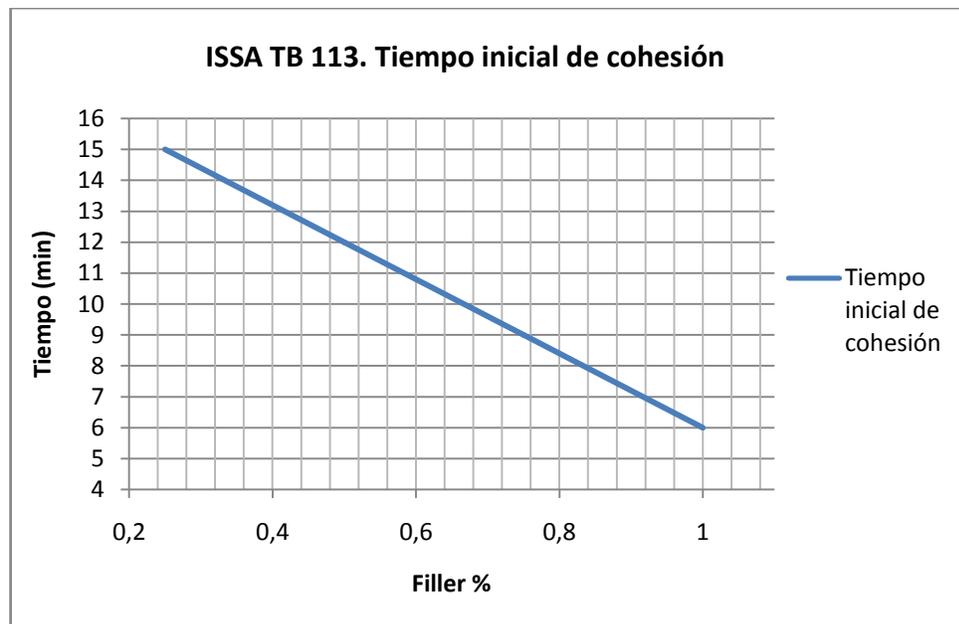


Gráfico # 4.9 ISSA TB 113-Tiempo inicial de cohesión.

V. ISSA TB-114 Prueba de Desnudamiento en Húmedo para Mezclas Curadas de Lechada Asfáltica.

A. EQUIPO

A.1 600 ml vaso de precipitados Pyrex.

A.2 Placa de temperatura caliente o mechero Bunson y un tamiz.

A.3 Papel absorbente de alta resistencia a la humedad.

B. PROCEDIMIENTO

B.1 10 gramos \pm 1 gramo de mezcla de lechada asfáltica curada representativa de toda la muestra a partir de muestras de prueba de consistencia (ISSA TB # 106) o especímenes de prueba de mezcla del ensayo (ISSA TB # 113).

B.2 Se añade 400 ml de agua del grifo desmineralizada o destilada al vaso de precipitados de 600 ml colocado en la placa caliente y se lleva a ebullición vigorosa.

B.3 La muestra de 10 gramos de pasta curada se deja caer en el agua hirviendo y se deja hervir en el agua durante 3 minutos.

B.4 Al final del período de ebullición 3 minutos, el vaso con sus contenidos se retiran de la placa caliente y se deja enfriar.

B.5 Cuando cesa la ebullición, el agua fría del grifo se ejecuta en la superficie del agua y continua hasta que cualquier asfalto libre en la superficie del agua, fluye sobre el lado del vaso de precipitados. Se debe tener cuidado para evitar el lavado de las partículas de la mezcla de lechada.

B.6 El agua se decanta y el contenido se extrae del vaso y se coloca sobre el papel toalla absorbente.

B.7 Después de secar la muestra se examinan para las zonas no recubiertas y se hace una estimación de la superficie total restante recubierta con asfalto.

C. INFORME

C.1 Informe de la estimación de la superficie de agregado quedando recubierta con asfalto un porcentaje de la superficie total de agregado. 90% de recubrimiento retenido es satisfactoria, 75% a 90% se considera como algo marginal, por debajo del 75% no es satisfactoria.

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO: Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSA TB-114: PRUEBA DE DESNUDAMIENTO EN HUMEDO PARA MEZCLAS CURADAS DE LECHADA ASFALTICA



TIPO DE EMULSION: CQS-1H

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo II (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

		
<p>1er paso: Muestra representativa de Mezcla Curada, proveniente del ensayo ISSA TB-106, Tipo II.</p>	<p>2do paso: Selección de 10 grs de mezcla curada, obtenida del ensayo ISSA TB-106, como muestra para ensayo.</p>	<p>3er paso: Adición de 400 ml. de agua destilada en un beaker de 600 ml., puesto en un "Plato Caliente", para ebullición a 100°C.</p>
		
<p>4to paso: Colocación de los 10 grs de muestra dentro del beaker con agua en ebullición, dejando transcurrir 3 minutos.</p>	<p>5to paso: Al final de los 3 minutos de estar la muestra en ebullición, el beaker es removido del plato caliente y se ha dejado enfriar. Luego agua fría se utiliza para llenar el beaker y retirar así el asfalto libre flotante, evitando que alguna partícula de mezcla se pierda.</p>	<p>6to paso: El agua es entonces decantada y la muestra es colocada en papel absorbente y se procede a la determinación visual de la adherencia de la película de ligante asfáltico y/o área cubierta.</p>

Observaciones: Según la estimación visual de la adherencia del ligante y del área inicial cubierta de agregado, se puede estimar un Recubrimiento Retenido del 95% del Total de Área de Agregado.

Ensayo # 4.19 ISSA TB-114: prueba de desnudamiento en húmedo para mezclas curadas de lechada asfáltica.

**VI. ISSA TB-115. Determinación de la compatibilidad de los sistemas de Lechada
Asfáltica: Ensayo de Prueba Final de la compatibilidad del Sistema de Mezcla
de Diseño Propuesto.**

A. PROCEDIMIENTO

A.1 Dividir Prueba de coherencia

A.1.1 La mezcla de prueba se realiza de acuerdo con ISSA TB # 113 para estimar el contenido de agua óptimo, los requisitos de relleno y trabajabilidad de la mezcla.

A.1.2 Pruebas de consistencia del cono se realizan de acuerdo con ISSA TB # 106 para obtener contenidos óptimos de agua en tres niveles de emulsión (por ejemplo, 12, 15 y 18% para las gradaciones de tipo II).

A.1.3 Los especímenes de consistencia óptima de entre 2 y 3 cm de flujo de salida se secan al aire hasta peso constante o se colocan en hornos de aire forzado durante 15 horas a 140 ° F (60 ° C) y se enfría. Estas muestras se dividen verticalmente a través del diámetro de la muestra proyectando la mitad de la muestra sobre un borde de la mesa afilada y se rompe con la presión de las manos. El borde roto de la muestra de consistencia se la examina en busca de asfalto o la pérdida de agregado. La superficie de consistencia de los especímenes se examina para superficies excesivamente pegajosas. Se realizan tomas.

A.2. Dividir Copa de prueba de compatibilidad

Si la falta de uniformidad sospechosa aparece en la división de muestras de consistencia ejecutar un ensayo de arbitraje, la prueba de compatibilidad.

A.2.1 Mezcla de 100 gramos de cada formulación a ensayar y se vierte en 6 oz (177 ml) taza de bebida caliente forrada. Dejar que la mezcla se cure durante un mínimo de 15 horas o hasta que esté sólido.

A.2.2 Separar la mezcla curada en mitades superior e inferior y colocar cada mitad en separado 8 oz (237 ml) y seca a fondo en un horno de tiro forzado a 250 ° F (121 ° C) durante 4 horas.

A.2.3 Extracto de asfalto por el método de reflujo de las mitades superior e inferior, y registrar de CA% en cada uno.

A.2.4 Ejecutar una graduación dividida mediana del agregado extraído durante un tamiz # 16 (1.18 mm) y registrar % retenido.

A.3. Prueba de desmontaje húmedo (adhesión o revestimiento)

A.3.1 10 gramos de lechada curada en 13.5 oz (400 ml) de agua hirviendo durante 3 minutos. Ver ISSA TB # 114.

B. INFORME

B.1 Prueba de consistencia a 2-3 cm:

B.1.1 La superficie como satisfactorio (aprobada)

B.1.2 La superficie como pegajosa (fallo)

B.2 Informe de prueba de la consistencia dividida:

B.2.1 Uniforme (aprobada)

B.2.2 No es uniforme (fallo)

B.3 Informe de prueba controlada de la consistencia dividida:

B.3.1 Diferencia de AC%

B.3.2 16% + diferencia

(Las diferencias superiores a 15%, fracaso)

(Las diferencias de menos de 10%, Aprobada)

B.4 Informe de pruebas de desmontaje húmedo:

B.4.1 Recubrimiento de menos de 75% (fallo)

B.4.2 Recubrimiento de menos de 90% (marginal)

B.4.3 Más del 90% (Aprobada)

B.5 Informe de pruebas de mezclas y trabajabilidad:

B.5.1 Más de 2 minutos (aprobada)

B.5.2 Menos de 2 minutos (falla)

B.6 La formulación de slurry seal se identifica como "compatible" si los informes bajo B.1 a través de B.5 anteriores son "Aprobadas".

Puede que no sea aplicable a ciertos rompimientos rápidos o sistemas rápidos de tráfico.



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA
DE OCCIDENTE**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA**

INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: Tratamiento superficial simple tipo Cape Seal como técnica de preservación en pavimento flexible

LABORATORIO Laboratorio de Asfalca, Armenia, Sonsonate

PRUEBA: ISSA TB-115: Determinación de la compatibilidad de los sistemas de lechada asfáltica : Ensayo de prueba final de la compatibilidad del sistema de mezcla de diseño propuesto,

TIPO DE EMULSION: CQS-1H

TIPO DE MATERIAL: Mezclas curadas de Slurry Seal tipo II, realizadas según ISSA TB -106

ISSA TB-115: DETERMINACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD DEL SISTEMA DE MEZCLA DE DISEÑO PROPUESTO, EVALUANDO EL % ÓPTIMO Y SU RANGO DE TOLERANCIA DE CONTENIDO DE DISEÑO

TIPO DE SISTEMA DE MEZCLA EVALUADO	OBSERVACIONES	ACEPTACIÓN
11,0 % (Límite Inferior de tolerancia de emulsión) CQS 1h, 0,5 % de filler, 0,00 % de aditivo y 9 % de agua adicional a la emulsión de mezcla. NO ABREVIAR NADA	Sistema de mezcla completamente uniforme y homogéneo sin superficie de corte pegajosa, que mantiene su consistencia y trabajabilidad por más de 120 seg., y muestra un recubrimiento superior al 95 %	PASA
12,5 % (Óptimo de emulsión) CQS 1h, 0,5 % de filler, 0,00 % de aditivo y 9% de agua adicional a la emulsión de mezcla.	Sistema de mezcla completamente uniforme y homogéneo sin superficie de corte pegajosa, que mantiene su consistencia y trabajabilidad por más de 120 seg., y muestra un recubrimiento superior al 95 %	PASA
14,0 % (Límite Superior de tolerancia De emulsión) CQS 1h, 0,5 % de filler, 0,00 % de aditivo y 9% de agua adicional a la emulsión de mezcla.	Sistema de mezcla completamente uniforme y homogéneo sin superficie de corte pegajosa, que mantiene su consistencia y trabajabilidad por más de 120 seg., y muestra un recubrimiento superior al 95 %	PASA

Ensayo # 4.20 ISSA TB-115: Determinación de la compatibilidad del sistema de mezcla de diseño propuesto,

evaluando el % óptimo y su rango de tolerancia de contenido de diseño

CAPÍTULO V

5.0 DISEÑO DEL CAPE SEAL

5.1. TRAMO DE ESTUDIO.

5.1.1. Generalidades.

Santa Ana es una ciudad salvadoreña, cabecera del municipio, departamento, distrito y sede de la Diócesis homónimos; y es la ciudad principal de la zona occidental del país y segunda ciudad en importancia del país, ubicada a 65 Km de la capital estatal, San Salvador. El municipio tiene una población estimada de 264,091 habitantes para el año 2013 y una extensión territorial de 408.01 km², se encuentra ubicada a una altitud media de 665 msnm.

5.1.2. Clima.

La ciudad y todo el municipio de Santa Ana están ubicados en los trópicos y están localizados en la zona climática de Sabana Tropical caliente o tierra caliente. Por lo tanto cuenta con un clima cálido semihúmedo que presentan dos estaciones claramente diferenciadas, las cuales son: la estación seca (de noviembre a mayo) y la estación lluviosa (de mayo a noviembre).

El municipio de Santa Ana cuenta con una temperatura media anual de 24 °C y con una temperatura que oscila alrededor de los 17 °C como mínima y 34 °C como máxima. Aunque en ocasiones las temperaturas máximas suelen rebasar los 35 °C, ya que es una ciudad con un clima muy caliente. Además cuenta con una humedad relativa anual entre el 70 % y 75 %.

5.1.3. Localización de tramo de estudio.

El tramo de estudio es la Antigua Carretera Panamericana, del municipio de Santa Ana, la cual fue seleccionada debido a que es una vía ampliamente utilizada y cuyas condiciones actuales del pavimento asfáltico son las promedio de los pavimentos asfálticos del país.

Se encuentra en la entrada al municipio de Santa Ana, al sureste del mismo, el tramo inicia con una elevación de 777 msnm y termina a una elevación de 727 msnm, posee una longitud aproximada de 766 mts.

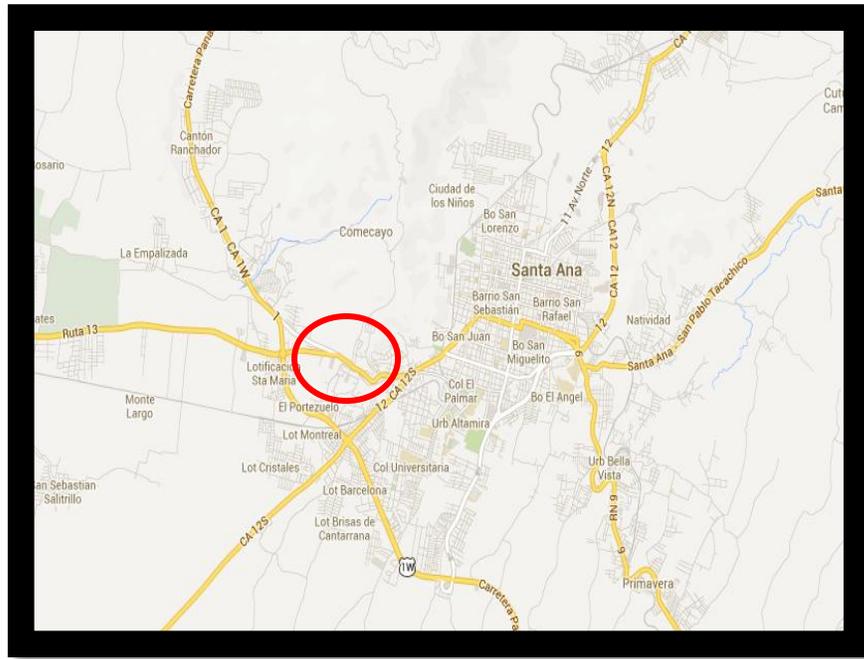


Figura # 5.1 Ubicación del tramo de estudio dentro del municipio de Santa Ana, El Salvador.



Figura # 5.2 Vista satelital del tramo de estudio.

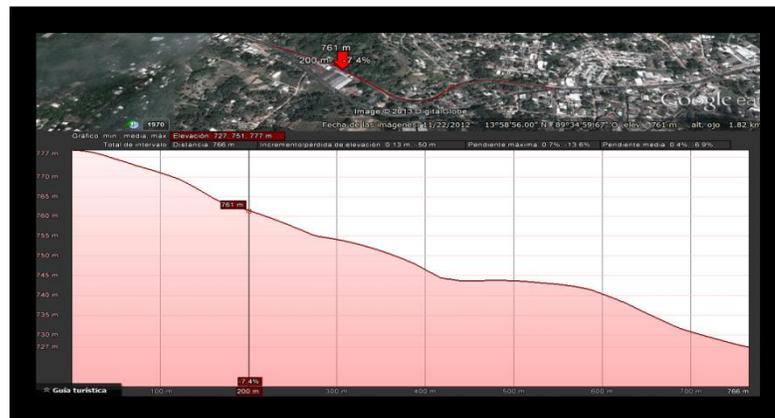


Figura # 5.3 Perfil longitudinal del tramo de estudio.

5.1.4. Estado actual del pavimento de tramo en estudio.

Según la inspección realizada al tramo completo de estudio, se observó:

- Grietas en bordes.

Grietas longitudinales que aparecen a unos 15 cm, o más del borde del pavimento. Estas grietas en ocasiones se acompañan de grietas transversales que se extienden hacia el hombro.

Las causas de estas, generalmente son debidas a la falta de soporte lateral (hombro). También puede deberse a asentamiento o desplazamiento del material que se encuentra debajo del área agrietada, que a su vez puede ser el resultado de un drenaje deficiente o encogimiento debido a la evaporación del agua en los suelos cercanos. Ver Figura # 5.4 Fallas en bordes.



Figura # 5.4 Fallas en bordes.

- Agrietamiento por fatiga.

Grietas de abajo hacia arriba, que se presentan en eje de la vía y se extienden en forma de fallas longitudinales hacia los hombros de la misma.

La causa de ésta, es el esfuerzo que realiza el pavimento, debido al sometimiento a las cargas vehiculares, siendo esta vía con un TMDA actual de 15347 vehículos unido al nulo

mantenimiento preventivo que se debe realizar las instituciones correspondientes, es común que se presenten este tipo de fallas. Ver Figura # 5.5 Agrietamiento por fatiga.



Figura # 5.5 Agrietamiento por fatiga.

- Pérdida de agregado.

Algunos segmentos del tramo de estudio presentan pérdida de agregado como se puede observar en la Figura # 5.6 Pérdida de agregado.

Una mala calidad de la obra, como por ejemplo un diseño pobre de asfalto, genera daños como este, al transcurrir el tiempo, las cargas vehiculares y la intemperie, ocurre la pérdida de agregado.



Figura # 5.6 Pérdida de agregado.

- Bacheo.

Uno de los tratamientos superficiales simples más comunes en El Salvador es el bacheo, como parte del mantenimiento correctivo que ejecutan las instituciones correspondientes.

En la Figura # 5.7 Bacheo., se puede observar como el tramo en estudio ha sido sometido a tratamientos superficiales simples, en este caso el bacheo.



Figura # 5.7 Bacheo.

- Tramos en buenas condiciones de servicio.

Es importante señalar del tramo de estudio, que se observa la carpeta asfáltica en un 70% en muy buenas condiciones de servicio, esto puede deberse al suelo que se encuentra debajo de las capas del pavimento y/o al buen drenaje con que se cuenta en estos tramos.

Ver figura #5.8 Pavimento en buenas condiciones de servicio.



Figura # 5.8 Pavimento en buenas condiciones de servicio.

5.2. ELABORACIÓN DE CAPE SEAL

Para la elaboración de Cape Seal, como se ha mencionado a lo largo de este trabajo de grado, se hará mediante el diseño por separado de las dos capas que lo conforman, los cuales se presentan a continuación.

5.2.1. Diseño Del Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal)

- Método de diseño Kearby modificado para chip seal.²⁴

El método de diseño descrito a continuación es una modificación del Método Kearby Original y es recomendado por el Instituto del Transporte de Texas (1981). Actualmente sigue siendo el más empleado ya que se considera un método formal que puede servir

²⁴ Manual de Tratamiento Superficial DOT TEXAS, Cap. 4

efectivamente como una guía para personal sin experiencia a través del arte de diseño de Chip Seal's.

Incluye algunos factores de corrección para las tasas de aplicación, los cuales se emplean debido a condiciones de tráfico y del estado del pavimento existente, ver sección 5.1.3.

Localización de tramo de estudio, estas características son variables y pueden generar diseños únicos para la vía en estudio.

Este deberá ser considerado como una guía para el diseño de Chip Seal, tomando en cuenta que la observación y la experiencia del diseñador son muy importantes en la toma de decisiones al momento de diseñar:

5.2.1.1. Cantidad de agregado.

$$S = Q / 27W \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

- S = cantidad de agregado requerido en yarda cuadrada por yarda cúbica (CY / SY);
- W = peso unitario seco suelto en libras por pie cúbico (lb / CF), y
- Q = cantidad total determinada por la prueba de la placa (lbs / SY).

5.2.1.2. Tasa de aplicación de asfalto.

La tasa de aplicación de asfalto se puede obtener de la ecuación 2 una vez que se conocen las propiedades de los agregados y las condiciones de la carretera seleccionada para el diseño.

$$A = 5.61 E (1 - W/62.4G) T + V \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

- A = tasa de asfalto = en gal / SY a 60 ° F.
- E = profundidad de empotramiento calculada usando la ecuación 3.
- G = carga seca a granel gravedad específica del agregado.
- T = factor de corrección del tráfico (véase Tabla # 5.1 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.).
- V = corrección de estado de la superficie (véase Tabla # 5.2 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.).

$$E = e * d \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde:

- d = profundidad media de capa en centímetros, según los cálculos de la ecuación. 4
- e = porcentaje de empotramiento expresado como un decimal en la figura # 5.9 Relación de empotramiento, porcentaje de espesor del material para determinar la cantidad de asfalto.

$$d = 1,33 Q / W \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde:

- Q = cantidad total determinada por la prueba de la placa en libras / SY.
- W = peso unitario seco suelto en libras por pie cúbico (lb / CF).

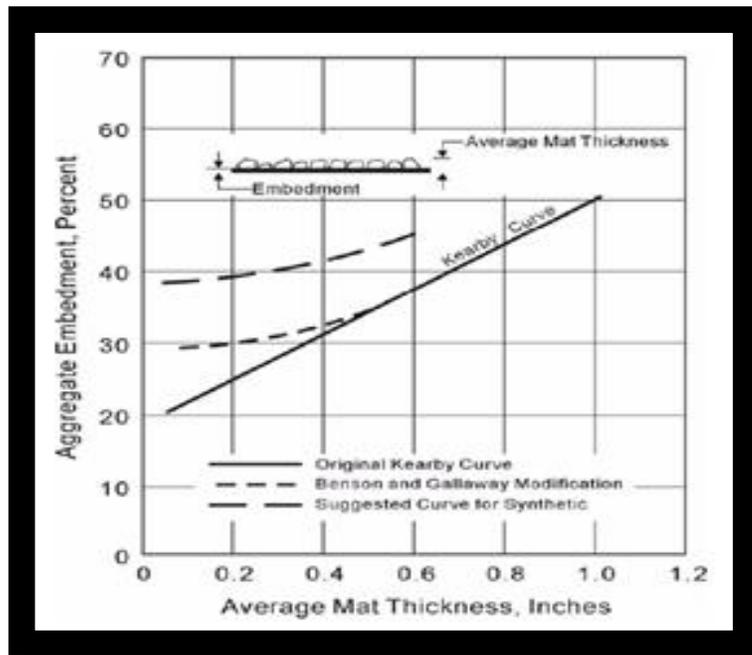


Figura # 5.9 Relación de empotramiento, porcentaje de espesor del material para determinar la cantidad de asfalto.

	Tráfico- Vehículos por día por carril				
Factor de corrección de tráfico (T)	>1000	500-1000	250-500	100-250	<100
Factor de corrección de tráfico (T)	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20

Tabla # 5.1 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.

Descripción de la superficie existente	Corrección de la condición de la superficie (V), gal/SY
Exudación, superficie ligeramente sangrando	-0.06
Superficie lisa y no porosa	-0.03
Superficie un poco porosa, ligeramente oxidada	0.00
Un poco disgregado, poroso, superficie oxidada	+0.03
Muy disgregada, poroso, superficie oxidada	+0.06

Tabla # 5.2 Aplicación de asfalto de corrección de tráfico.

Estas condiciones de la superficie pueden variar a lo largo del proyecto, por lo que en consecuencia se deben realizar ajustes.

5.2.1.3. Ajuste de emulsiones asfálticas o recortes.

Para emulsiones, la tasa de aplicación (A de la ecuación. 2) debe incrementarse para tener en cuenta el agua en la emulsión. Por lo tanto, la ecuación 5 se presenta para determinar la tasa de aplicación de la emulsión recomendada. En teoría, la tasa de cemento asfáltico de la ecuación. 2 se puede convertir en el tipo de emulsión requerido dividiendo esta cantidad por el asfalto residual presente en la emulsión. Sin embargo, la experiencia de campo muestra que si se utiliza este valor, es probable que ocurra lavado.

Por lo tanto, la tasa de aplicación de emulsión recomendada se ajusta como se muestra a continuación:

$$A \text{ recomendada} = A + K (A_{\text{teórica}} - A) \text{ (Ec.5)}$$

Dónde:

- A recomendada = cantidad recomendada de emulsión
- A = tasa de aplicación de asfalto de la ecuación. 2
- K = factor de ajuste estacional, como se muestra a continuación
- A teórica= cantidad teórica de la emulsión asfáltica, (A / R).

Dónde:

- R = porcentaje de asfalto residual en la emulsión expresado como un decimal.

Factores K sugeridos para emulsiones son como sigue:

- K = 0.60 para la construcción de primavera.
- K = 0.40 para la construcción verano.
- K = 0.70 para la construcción de otoño.
- K = 0.90 para la construcción de invierno.

Factores K que se sugieren para los recortes son los siguientes:

- K = 0.70 para la construcción de primavera.
- K = 0.60 para la construcción verano.
- K = 0.80 para la construcción de otoño.

- $K = 0.90$ para la construcción de invierno.

Los factores K no han sido verificados por extensos experimentos de campo controlados y por lo tanto deberían sólo ser utilizados como una guía.

5.2.1.4. Tránsito de Diseño

Para el diseño del Chip Seal (TSS) se consideran los datos brindados por el Ministerio de Obras Públicas; para el conteo, se consultó con el Gerente de Estudios Viales²⁵ y la colaboración en la elección del tramo de carretera, con el Jefe de Región Occidental DMV-MOP²⁶ todo a fin de estimar la cantidad de solicitudes que afectarán el camino durante su vida de servicio y que este camino esté apto para la aplicación del diseño de cape seal.

Para el período de diseño y su cálculo se requiere de la siguiente información:

- Período de diseño.
- TMDA = Tránsito Medio Diario Anual
- Tasa de Crecimiento Anual.

Con esta información se simplifica la estimación correspondiente, para evaluar en el método de diseño Kearby Modificado.

▪ Período de Diseño

En los cálculos se utiliza un período de diseño de tal forma de otorgar una mayor flexibilidad, tomando en cuenta la vida útil del cape seal. El período elegido a diseñar es de 15 años.

²⁵ Actualmente Ingeniero Dimas Figueroa

²⁶ Actualmente Ingeniero Alexander Beltrán Flores

- *Tasas de Crecimiento Anual y TMDA*

La estimación de los flujos de tránsito es una de las etapas críticas durante el proceso de diseño estructural y capas para pavimentos, debido a la gran incertidumbre que existe sobre el comportamiento del flujo vehicular en caminos de alto volumen. La estimación del tránsito generado que producen los cambios de estándar de caminos de alto volumen de tránsito, son uno de los mayores problemas a los cuales se enfrenta el diseñador al momento de estimar los flujos futuros de tránsito. Si bien existen casos especiales en que este aspecto se transforma en un problema real, los estudios internacionales analizados en general no consideran este efecto significativo, debido a que la tasa de crecimiento tiende a estabilizarse en los años posteriores al cambio de estándar. El diseño considera este efecto por medio del manejo de una tasa de crecimiento en el cálculo de los flujos totales de tránsito para todo el período de diseño ver Tabla # 5.3 Tráfico vehicular para periodo de diseño. De esta forma, la tasa de crecimiento anual utilizada es de 1.035 % y el TMDA, es decir el volumen promedio diario de tránsito registrado a lo largo de un año calendario sobre una sección de un camino o arteria, se tomó el registro de 13,842 para el año 2010 del tramo “Antigua Carretera Panamericana, del municipio de Santa Ana” y con la respectiva tasa de crecimiento anual para el año 2028 el tráfico vehicular será de 25,711 ver gráfico #5.1 Curva de crecimiento de tránsito vehicular en tramo de estudio.

Fórmula a utilizar: $TMDA_{actual} = TMDA_{anterior} * \text{tasa de crecimiento}$

AÑO	TMDA
2010	13842
2011	14326
2012	14828
2013	15347
2014	15884
2015	16440
2016	17015
2017	17611
2018	18227
2019	18865
2020	19526
2021	20209
2022	20916
2023	21648
2024	22406
2025	23190
2026	24002
2027	24842
2028	25711

Tabla # 5.3 Tráfico vehicular para periodo de diseño.

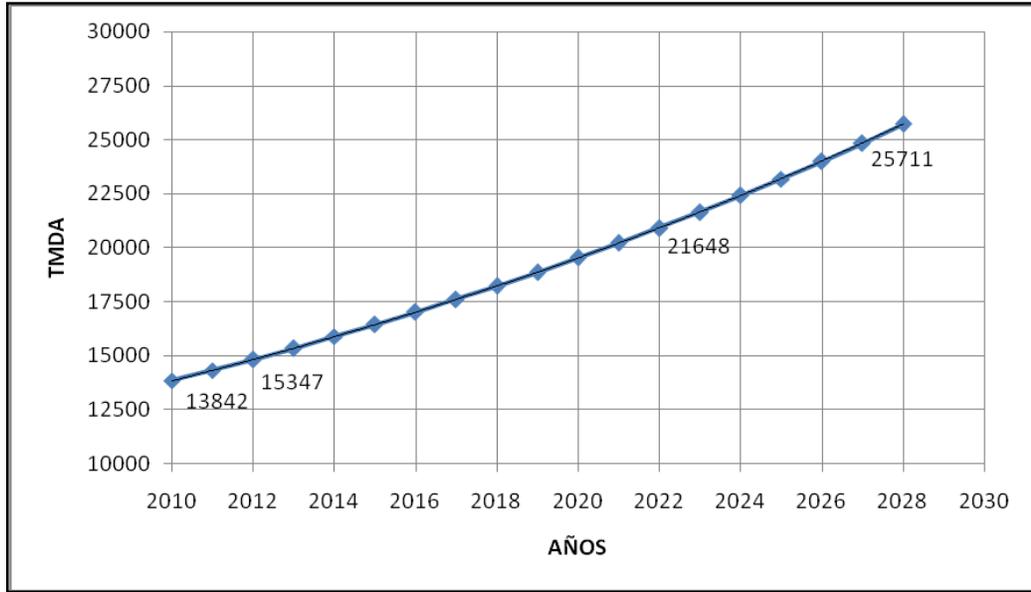


Gráfico # 5.1 Curva de crecimiento de tránsito vehicular en tramo de estudio.

5.2.1.5. Cálculos de diseño para Chip Seal

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL
COMO TÉCNICA DE PRESERVACION EN PAVIMENTO
FLEXIBLE

LABORATORIO: LABORATORIO DE ASFALCA, ARMENIA, SONSONATE



DISEÑO DE CHIP SEAL					
TASA DIFERENCIAL DE AGREGADO (S)					
$S = Q / 27W$ (Ec 1)	Unidades	Kg	LBS		2,2040
0,0118	yd ³ /yd ²	1,0000	2,2040		
		Mt	Ft		3,2810
		1,0000	3,2810		
W	Unidades	Q	Unidades		
85,1506	lb/ft ³	27,0535	lb/yd ²		
W=peso unitario seco suelto en libras por pie cúbico (lb / ft ³)					
Q=cantidad total determinada por la prueba de la placa (tablero) (lbs / yd ²).					
TASA DE APLICACIÓN DE ASFALTO.					
$A = 5.61 * E (1-W/62.4 * G) * T + V$ (Ec 2)	Unidades	Parámetros a Utilizar			
0,5813	gal / yd ² a 60 ° F				
			T ²⁷		1,0
			K ²⁸		0,40
$E = e * d$ (Ec 3)	Unidades	yd	G		2,529
0,2113	In	0,0059	V ²⁹		+0,030
$d = 1.33 Q / W$ (Ec 4)	Unidades	yd	e		0,500
			yd		
0,4226	In	0,0118	1,0000	0,0280	0,0118
A teórica=A/10%		0,8943	gal/yarda ²		
A recomendada=A+K(A teórica -A)		0,7065	gal/yarda ²		
A recomendada=A+K(A teórica -A)		0,8410	gal/m ²		
A recomendada=A+K(A teórica -A)		0,0032	m ³ /m ²		
Área de molde TB100		0,0624	m ²		
Área de molde TB109		0,0193	m ²		

²⁷ TMDA₂₀₂₈=25711>1000, Ver Tabla # 5.1.

²⁸ K=0.40, sugerido para emulsión en construcción en verano. Ver sección 5.2.1.3.

²⁹ Ver Tabla # 5.2. Basado en observación visual.

CANTIDADES A UTILIZAR EN PRUEBAS		
	TB 100	TB 109
Agregado(kg)	1,68	0,52
Agregado(gramos)	1680	520
Emulsión (kg)	0,20	0,06
Emulsión (gramos)	203	63

Tabla # 5.4. Diseño y cantidades de agregado y emulsión para Chip Seal.

5.2.2. Diseño de la Lechada Asfáltica (Slurry Seal)

5.2.2.1. Método de diseño³⁰

Guía de rendimiento recomendado para emulsiones asfálticas Slurry Seal. (ISSA A 105 revisión febrero 2010).

El trabajo cubierto por esta especificación incluye el diseño, prueba y control de calidad requeridos para la adecuada aplicación de una superficie de slurry seal.

▪ Materiales

La lechada se deberá dosificar por el método ASTM D3910 Prácticas estándar para el diseño, prueba y construcción de Slurry Seal (sección 5).

- Emulsión asfáltica.

La emulsión asfáltica y residuos de emulsión asfáltica, deberán cumplir los requisitos de ASTM D 2397 para CQS-1h.

- Los agregados.

³⁰ Basado en ISSA A 105.

- El agregado fino deberá consistir en arena natural o manufacturada, escorias.
- Requisitos de clasificación recomendadas se muestran en la Tabla # 5.5. Requisitos de calificación para agregados.
- Arena suave de textura menos de 1.25% de absorción de agua no debe superar el 50% del conjunto total. (Para conocer los requisitos de superficie de alta resistencia, utilice material triturado 100%.)
- Cuando se someta a la norma ASTM D 2419, el total combinado antes de la adición de los rellenos minerales químicamente activos tendrá un equivalente de arena no menor a 45.

Tamiz	Importe pasante por tamiz, peso%		
	Tipo 1	Tipo2	Tipo3
3/8in. (9.5mm)	100	100	100
No.4(4.75mm)	100	90 a 100	70 a 90
No.8(2.36mm)	90 a 100	65 a 90	45 a 70
No.16(1.18mm)	65 a 90	45 a 70	28 a 50
No.30(600µm)	40 a 60	30 a 50	19 a 34
No.50(300µm)	25 a 42	18 a 30	12 a 25
No.100(150µm)	15 a 30	10 a 21	7 a 18
No.200(75µ m)	10 a 20	5 a 15	5 a 15

Tabla # 5.5. Requisitos de calificación para agregados.

- Relleno mineral

Relleno mineral puede ser utilizado para mejorar la consistencia de la mezcla y para ajustar la mezcla de ruptura y las propiedades de curado. El cemento Portland, cal hidratada, polvo de piedra caliza, cenizas volantes, u otro aprobado relleno que cumpla los requisitos de la norma ASTM D 242 será utilizado en caso necesario por el diseño de la mezcla.

Los niveles de uso típicos son normalmente 0.0 a 3.0 por ciento y pueden ser consideradas como parte de la gradación del agregado.

- Agua

El agua debe estar libre de sales y contaminantes dañinos. Si la calidad del agua es en cuestionamiento, hay que remitirse al laboratorio con las otras materias primas para la mezcla diseño.

- Aditivos

Los aditivos pueden ser utilizados para acelerar o retardar la ruptura. Su rango de aplicación debe ser autorizado por el laboratorio como parte de la diseño de la mezcla.

5.2.2.2. Mezcla de diseño

La compatibilidad del agregado, emulsión asfáltica, agua, relleno mineral y otros aditivos se evaluarán en el diseño de la mezcla. Las pruebas y los valores recomendados son los siguientes ver Tabla # 5.6. Valores de compatibilidad recomendados.

PRUEBA	ISSA TB NO.	ESPECIFICACIONES
Tiempo de mezcla a 77 F (25 °C)	TB 113	Controlable a 180 segundos Mínimo
Consistencia de Slurry Seal	TB 106	0.79 a 1.18 pulgadas (2.0 - 3.0 cm)
Separación húmeda	TB 114	Pasante (90% mínimo)
Pérdida por abrasión en pista húmeda. Una hora de sumersión.	TB 100	75 g/m ² (807 g/m ²) Máximo
El exceso de asfalto por adhesión de arena LWT	TB 109 (Crítica de tráfico pesado áreas)	50 g/m ² (538 g/m ²) Máximo

Tabla # 5.6. Valores de compatibilidad recomendados.

La mezcla de ensayo se utiliza para predecir el tiempo que el material puede ser mezclado antes de que comience a romper. Puede ser una buena verificación de referencia para verificar las fuentes consistentes de material. El laboratorio debe verificar que la mezcla y que el tiempo sea el adecuado para las condiciones climatológicas previstas en el proyecto.

El laboratorio también deberá informar los efectos cuantitativos de contenido de humedad en la unidad de peso del agregado (efecto de volumen) de acuerdo con ASTM C29. El informe debe mostrar claramente las proporciones de agregados, carga mineral (si se utiliza) y la emulsión asfáltica basada en el peso seco del agregado.

Los porcentajes de cada material individual requerido se consignarán en el informe del laboratorio.

Basado en las condiciones de campo, los ajustes dentro de los intervalos específicos de diseño de la mezcla pueden estar requeridos. Los materiales de los componentes se diseñarán dentro de los siguientes límites:

MATERIALES COMPONENTES	Límites sugeridos
Asfalto Residual	Tipo II: 7.5 – 13.5% (Basado en el peso seco de los agregados).
Carga mineral	0,0 a 3,0% (Basado en el peso seco de los agregados).
Aditivos	Según sea necesario
Agua	Lo necesario para producir la consistencia de la mezcla adecuada

Tabla # 5.7 Límites de materiales.

5.2.2.3. *Tolerancias de mezcla*

Las tolerancias para la mezcla son las siguientes:

- a) Determinación del contenido de asfalto residual, una variación de $\pm 1\%$ en peso seco se permitirá.
- b) La consistencia de lechada, determinado de conformidad con ISSA TB N° 106, no variará más de ± 0.2 "(± 0.5 cm) de la fórmula de mezcla de trabajo después de los ajustes de campo.

- c) La tasa de aplicación no debe variar más de $\pm 2 \text{ lb/y}^2$ ($\pm 1.1 \text{ kg/m}^2$) cuando la superficie textura no varía significativamente.

5.2.2.4. *Limitaciones del tiempo*

La lechada no se aplicará si bien el pavimento o la temperatura del aire están por debajo de 50° F (10° C), pero se puede aplicar cuando las temperaturas del pavimento y el aire están por encima de 45° F (7° C). No se aplicará la mezcla cuando las condiciones de temperatura y el tiempo para la apertura del tráfico se prolonguen más allá de un plazo razonable.

5.2.2.5. *Tasa de aplicación*

La mezcla de lechada asfáltica deberá tener la consistencia adecuada en todo momento con el fin de proporcionar a la tasa de aplicación requerida por el estado de la superficie. La dosis de aplicación estará, en acuerdo con la siguiente tabla:

TIPO DE AGREGADO	LOCALIZACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
TIPO I	Área de Estacionamiento Calles urbanas y residenciales Pistas de aeropuertos	8-12 lb/m ² (4.3 a 6.5 kg/m ²)
TIPO II	Calles urbanas y residenciales Pistas de aeropuertos	10 - 18 lb/m ² (5.4 a 9.8 kg/m ²)
TIPO III	Rutas primarias y la Interestatal	15 - 22 lb/m ² (8.1 a 12.0 kg/m ²)

Tabla # 5.8 Tasas de aplicación sugeridas.

Las tasas de aplicación sugeridas se basan en el peso del agregado seco en la mezcla. Las tasas de aplicación se ven afectadas por el peso de la unidad y la graduación del agregado y el de la demanda de la superficie a la que se está aplicando la lechada.

5.2.2.6. Cálculos de diseño para Slurry Seal.

Los ensayos que se realizan directamente a los sellos de lechada asfáltica, tienen el propósito de establecer la dosificación óptima de la mezcla antes de la aplicación del material para poder seleccionar los materiales apropiados y obtener una mezcla en la que los agregados y la emulsión sean compatibles, en donde los métodos están bajo la jurisdicción de la Asociación Internacional de Slurry Seal's.³¹

Analizando los resultados de desempeño y confirmado según Ensayo # 4.20 ISSA TB-115. Determinación de la compatibilidad del sistema de mezcla de diseño propuesto, evaluando el % óptimo y su rango de tolerancia de contenido de diseño se tiene:

MATERIALES COMPONENTES	RECOMENDACIÓN (Basado en el peso seco de los agregados).	CANTIDAD A UTILIZAR (Basado en el peso seco de los agregados).	ENSAYO
% Adicional de agua	Lo necesario para producir la consistencia de la mezcla adecuada	9%	Ensayo # 4.16 ISSA TB 106. Medición de la consistencia de lechadas asfálticas. 7.8 a 9.8 % de humedad adicional

³¹ Boletines técnicos, tomados como desempeño en Capítulo 4

% residuo asfáltico	Tipo II: 7.5 – 13.5%	7.9%	Gráfico # 4.6 ISSA TB-100 (WTAT) vrs ISSA TB-109 (LWT): Cálculo del % Óptimo de Emulsión de Diseño. Óptimo de emulsión=12.5%
% Carga mineral	0.0 a 3.0%	0.5%	Gráfico # 4.8 ISSA TB 113-Tiempo de rotura. Gráfico # 4.9 ISSA TB 113-Tiempo inicial de cohesión.

Tabla # 5.9. Porcentajes de diseño para Slurry Seal.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD
MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL
COMO TÉCNICA DE PRESERVACION EN PAVIMENTO
FLEXIBLE

LABORATORIO: LABORATORIO DE ASFALCA, ARMENIA, SONSONATE



DISEÑO DE SLURRY SEAL		
Resultado de ISSA TB 100 (WTAT) vrs ISSA TB 109 (LWT)		
% Óptimo de Emulsión	12,50%	
Resultado de Residuo por Destilación ASTM D 6997 (HOJA TÉCNICA DE EMULSIÓN CQS -1H)		
Residuo por Destilación de Asfalto (%)	62,97%	
Porcentaje de Asfalto y Agua en la Emulsión		
% Asfalto + % Agua	100%	
% Asfalto	62,97%	
% Agua	37,03%	
ISSA TB 109		
Cantidad de Agregado (gr)	400	
ISSA TB 100		
Cantidad de Agregado (gr)	800	
ISSA TB 115 (ENSAYO VI DE CQS 1-H CAPITULO 4)		
% de Filler	0,5%	
% de Agua	9%	De Agua Adicional a la emulsión de la mezcla
% de Aditivo	0%	

Cálculo de Cantidades de los Componentes de Emulsión CQS 1-H, TB 109		
Cantidad de Emulsión (gr)		50
Cantidad de Asfalto (gr)		31,49
Cantidad de Agua (gr)		18,52
Cálculo de Cantidades de los Componentes del Slurry Seal, Desempeño TB109		
Cantidad de Emulsión (gr)	50,00	CQS 1-H
Cantidad de Filler (gr)	2,00	Cemento portland
Cantidad de Agua (gr)	18,52	Agua de la emulsión
Cantidad de Agua (gr)	17,49	Agua que se incorporará al agregado

Cálculo de Cantidades de los Componentes de Emulsión CQS 1-H, TB 100		
Cantidad de Emulsión (gr)		100
Cantidad de Asfalto (gr)		62,97
Cantidad de Agua (gr)		37,03
Cálculo de Cantidades de los Componentes del Slurry Seal, Desempeño TB100		
Cantidad de Emulsión (gr)	100,00	CQS 1-H
Cantidad de Filler (gr)	4,00	Cemento portland
Cantidad de Agua (gr)	37,03	Agua de la emulsión
Cantidad de Agua (gr)	34,97	Agua que se incorporará al agregado

Tabla # 5.10. Diseño y cantidades para Slurry Seal.

5.3. PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL.

En El Salvador las técnicas de preservación de carreteras no son utilizadas con frecuencia, por lo tanto, investigar sobre este tema, refiere de manera directa a la necesidad de realizar una revisión bibliográfica sobre otros países y así mismo utilizar algunos criterios propios para el diseño, por lo que se decidió realizar al sistema cape seal dos pruebas originalmente orientadas a Slurry Seal, pero adaptadas para conocer el desempeño de Cape Seal.

5.3.1. Rueda Cargada (ISSA TB 109)

El ensayo de rueda cargada se destina a compactar agregado fino en mezclas asfálticas tales como el sello de lechada asfáltica por medio de una rueda de vaivén cargada. El ensayo es propuesto originalmente, para poder establecer los límites máximos de contenido de asfalto y permitir que el diseñador de la mezcla asfáltica realice el diseño conveniente para evitar graves lavados de asfalto bajo cargas de tráfico pesado, todo esto para slurry seal. Pero este ensayo es adaptado para conocer el desempeño de cape seal mediante la aplicación de carga. A continuación se describe los aparatos y materiales que se necesitan para poder realizar el ensayo de rueda cargada así como también el procedimiento a seguir.

A.EQUIPO

A.1 Máquina de Ensayos rueda cargada como se muestra en figuras #5.10 que consta de los siguientes componentes principales:

A.1.1 Marco de Canal de Acero Ajustable.

A1.2 Placa de Montaje para Muestras.

A.1.3 Motor con Brida de 1/3 HP, 1750 RPM.

- A.1.4 Doble Eje de Salida del Reductor (40:1 horizontal).
- A.1.5 Manivelas de Accionamiento (15.24 cm) de radio de 6 pulgadas
- A.1.6 Brazos Conectores impulsados por un canal ajustable de acero.
- A.1.7 Peso de la caja, ajustable centralmente sobre la rueda
- A.1.8 Marco Lanzador # 3YY6-2 con rueda # WR6203 con 3 "(76.2 mm) de diámetro x 1" (25.4 mm) flexible (60-70 neumáticos duros) neumáticos de goma montados a una distancia horizontal de 24 "(60.96 cm) entre la unidad y los ejes giratorios.
- A.1.9 Contador ajustable de revoluciones.
- A.1.10 Perdigones de Plomo con peso de 5 a 25 lb. (11.34 kg) y dimensión de bolsas # 7 (2.8 mm) o # 8 (2.36 mm)
- A.1.11 Placas de montaje de muestras, 24 ga 0.024 (0.60 mm) de acero galvanizado x 3" (76.2 mm) x 16 "(406.4 mm), resalte.
- A.1.12 Moldes de los Especímenes.
- A.1.13 Arco de madera de 1 "(25.4 mm) de diámetro x 6" (152.4 mm) o pasador en forma de "U".
- A.1.14 Marco de acero, 0.188 "x 2.5" x 15 "(4.76 mm x 63.5 mm x 381 mm) exterior y 1.5 "x 14" (38.1 mm x 355.6 mm) dimensiones interiores, tangente por un lado con 1/2" x 1/2" (12.7 x 12.7mm) autoadhesiva de aislamiento de goma
- A.1.15 Báscula plana con capacidad de 250 libras (113.4 kg), con precisión de 1 libra. (0.45 kg).

B. PROCEDIMIENTO

B.1 Los especímenes de Prueba.

B.1.1 Los diseños seleccionados de mezclas se preparan para la prueba, los cuales originalmente son de Slurry Seal, pero para este ensayo se adaptará a cape seal.

B.1.2 El espesor del molde se seleccionará en una muestra de espesor deseado para la prueba, por ejemplo 25% más grueso que el grosor de las partículas más gruesas.

B.1.3 De 25 a 35% más de material que se requiere para llenar el molde es mixto. (Normalmente, 300 gramos de agregado llena el molde 1/4 "(6.4 mm).)

B.1.4 Las mezclas de prueba se hacen para determinar las características de consistencia del diseño seleccionado. (Ver ISSA TB # 106). La notación de la formulación del porcentaje exacto que se utilizará se enumerará la cantidad de agregados, relleno, agua, emulsión y la consistencia obtenida; ejemplo 100-2-10-18-3 cm.

B.1.5 Los materiales se pesarán cuidadosamente en el recipiente de mezcla. La mezcla debe proceder rápidamente y a fondo para que la muestra se lance 30 segundos después de la adición de la emulsión.

B.1.6 El molde seleccionado está centrado sobre una placa de montaje de muestras previamente pesado y uniformemente sobre llenado con la mezcla. Con un movimiento de sierra horizontal con el pasador de la barra se mantiene en una posición vertical. Cuando la muestra se ha fijado lo suficiente como para evitar el desplazamiento, se puede retirar del molde. La muestra se seca en el horno a

temperatura de 140 °F (60° C) durante un mínimo de 12 horas hasta obtener un peso constante. El espécimen se retira del horno y se enfría a temperatura ambiente.

B.2 Ajuste y Peso de la Rueda Cargada

B.2.1 Los rodamientos del brazos de conexión y de montaje de la rueda se ajustan y se fijan de manera que la distancia horizontal proyectada entre la manivela y los ejes de las ruedas sea de 24 pulgadas (609.6 mm). El conjunto de rueda debe estar alineado para que la rueda corra alienada y paralela con el marco.

B.2.2 El peso de la caja se centra y es fijado directamente sobre el eje de la rueda.

B.2.3 La rueda se coloca sobre una báscula de plataforma para que los brazos de conexión sean paralelos con el marco. Los pesos de plomo se añaden a la caja de peso hasta que se obtiene el peso deseado.

B.3 Montaje de la pieza

B.3.1 La muestra se coloca entonces en la placa de montaje firmemente contra los pasadores de localización y se sujeta en posición con la arandela de fijación y tuercas de mariposa proporcionadas.

B.4 Temperatura se debe de mantener a $77\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}$ ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.1\text{ }^{\circ}$) o como se especifique.

B.5 La rueda es inspeccionada y limpiada a fondo con solvente y agua, se coloca entonces sobre la muestra y el peso de la caja se carga con el peso deseado.

B.6 El contador es colocado a cero y la compactación se inicia. Los ciclos por minuto deben ser 44 en las relaciones de transmisión indicadas.

B.7 En algunos casos durante la compactación, se puede observar una adherencia y brillo visible, si se presenta la situación descrita se debe de utilizar el agua suficiente para evitar la adhesión de la muestra a la rueda y debe ser añadido desde el frasco de lavado.

En algunos agregados, puede ser necesario lavar con agua abundante la trayectoria de la rueda para evitar que las fuerzas de abrasión impacten la muestra.

B.8 Después de los ciclos a los que falle, o tal como se especifica de otro modo, la máquina se detiene, descargada, y luego la muestra se lava para limpiarla de partículas sueltas y se seca a 140 ° F (60 ° C) hasta obtener un peso constante.

B.9 El peso seco de la muestra se caracteriza y la muestra se monta en la placa de montaje en su posición original.

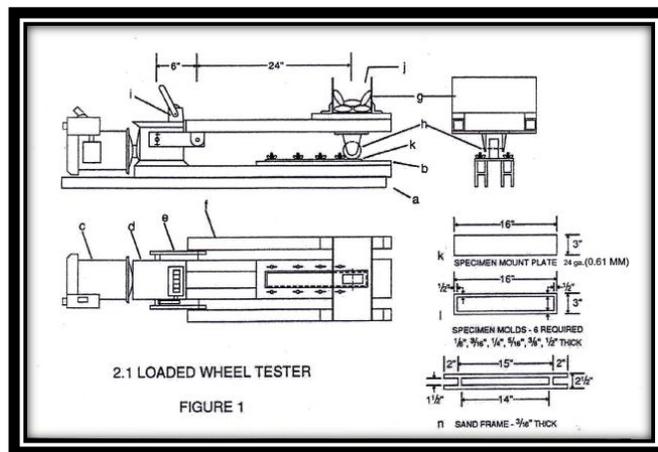


Figura # 5.10 Partes de rueda cargada.

C. INFORME

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL COMO TÉCNICA DE PRESERVACION EN PAVIMENTO FLEXIBLE

LABORATORIO: LABORATORIO DE ASFALCA, ARMENIA, SONSONATE



PRUEBA DE RUEDA CARGADA (LOADED WHELL TEST) ISSA TB N° 109									
PROCEDENCIA DEL AGREGADO: Cantera San Diego, La Libertad									
FECHA DE MUESTREO: 30-08-2013					MUESTREADO POR: Jasmin Cerón ,Sergio Martínez, Marjorie Cuéllar				
FECHA DE ENSAYO: 02-09-2013					ENSAYADO POR: Jasmin Cerón , Sergio Martínez, Marjorie Cuéllar				
LOADED WHELL TEST						Area del molde (m ²)		0,0193	
Mezcla N°	Relleno		% Agua	% Emulsión	Peso (gr)		Pérdida de Peso		
	Tipo	%			Antes	Después	Gramos	%	gr/pie ²
1	Cemento Portland	0,5	9	12,5	1189,3	1178,2	11,1	0,93%	2,31
2	Cemento Portland	0,5	9	12,5	1264,5	1254,8	9,7	0,77%	2,02

Temperatura Ambiente	27 °c	
Tipo de Emulsión	CQS-1H	
Residuo en la Emulsión	62,97%	
Espécimen	Tiempo (minutos)	Ciclos
1	1,19	48
2	1,47	67

Espécimen	Espesor antes del Ensayo	Espesor promedio después del Ensayo	Ahuellamiento
1	29,2	25,1	4,1
2	26,8	22,5	4,3

Ensayo # 5.1. ISSA TB-109 (LWT). Desempeño de cape seal.

5.3.2. Abrasión (ISSA TB-100).

Este ensayo cubre la medición de las características de desgaste de los sistemas de suspensión de la mezcla asfálticas bajo condiciones de abrasión húmeda. Adaptada para el sistema Cape seal.

A.EQUIPO

A.1 Agitador mecánico modelo N-50, equipado con un dispositivo para sujetar una manguera de caucho (cabezal de abrasión), con un movimiento libre hacia arriba y hacia abajo en la camisa del eje de 12.7 mm aproximadamente y con una masa total de 2.270 gr.

A.2 Balanza, de 2000 gr de capacidad y precisión de 0.1 gr.

A.3 Bandeja metálica de fondo plano y grueso, de aproximadamente 330 mm de diámetro, con paredes laterales verticales de 51 mm de alto, con cuatro tornillos equidistantes, capaces de sujetar una muestra de 285 mm de diámetro al fondo de la bandeja.

A.4 Recipiente para mezcla.

A.5 Cuchara o espátula.

A.6 Papel asfáltico liso de 286 mm de diámetro.

A.7 Molde, para la fabricación de las probetas se usará una plantilla circular de 6 mm de espesor y 279 mm de diámetro interior.

A.8 Horno, con temperatura constante de 60 ± 3 °C.

A.9 Bañera a temperatura constante de 25 ± 1 °C

A.10 Cabeza abrasiva de caucho, será una manguera de caucho reforzado, con revestimiento resistente al aceite, de 19 mm de diámetro interior y 31 mm de diámetro

exterior. La manguera debe cortarse en trozos de 127 mm y perforada con dos pares de agujeros de 9 mm alineados centro a centro cada 102 mm, los agujeros deben atravesar los lados cóncavo y convexo de la manguera.

A.11 Cronometro con precisión de 1 segundo.

B. PROCEDIMIENTO.

B.1 Las proporciones convenientes de llenante mineral cemento si es que hiciera falta, agua, aditivos si se requieren y contenido teórico de emulsión asfáltica, respecto del agregado seco, se deberán predeterminar en el laboratorio.

B.2. Se cuartea una cantidad suficiente de agregados secados al aire que pasen el tamiz N° 4, para obtener como mínimo 800 gr. en un cuarteo.

B.3. Se pesan 1000 gr. de agregado en el recipiente de mezclado. Usando la cuchara, se mezcla en seco el llenante mineral con los agregados por 1 minuto o hasta que la distribución sea uniforme. Se agrega la cantidad predeterminada de agua y se mezcla otra vez por 1 minuto o hasta que todas las partículas de los agregados estén uniformemente humedecidas. Finalmente, se agrega la cantidad predeterminada de emulsión y se mezcla por un período no menor de 1 minuto, ni mayor de 3.

B.4 Coloque el molde sobre el cartón asfáltico, inmediatamente vierta la mezcla de lechada asfáltica dentro del molde, nivele la mezcla con el mínimo de manipulación (excesiva manipulación puede segregar el materia) y deseche el material sobrante, dejar reposar la mezcla por lo menos 5 minutos.

B.5 Se retira el molde y colocar la pieza moldeada en el horno a una temperatura de 60 °C y secar hasta obtener peso constante (mínimo 15 horas de secado).

B.6 Sacar la muestra del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente y posteriormente pesar la muestra. Seguidamente se coloca en Baño María a 25°C durante un lapso de 60 a 75 minutos.

B.7 Se retira la probeta del Baño María, se coloca en la bandeja de fondo plano y se asegura al fondo ajustando las tuercas de mariposa de las mordazas.

B.8 Se cubre la probeta con una lámina de agua a 25°C, de por lo menos 6mm.

B.9 Se asegura la bandeja que contiene la probeta sobre la plataforma de la máquina Hobart N-50 y se fija la cabeza abrasiva del tubo de caucho al eje de la misma. Se eleva la plataforma hasta que el tubo se apoye en la superficie de la muestra.

B.10 Se enciende la máquina a una velocidad aproximada entre 144 revoluciones por minuto del eje con 61 vueltas y se mantiene en funcionamiento por 5 minutos.

B.11 Se retira la probeta de la bandeja luego del ciclo de abrasión y se lava cuidadosamente eliminando los residuos de materiales sueltos, se coloca en el horno a 60° C, y se mantiene allí hasta que se obtenga peso constante.

B.12 Se retira la probeta del horno, se enfría a la temperatura ambiente y se determina su masa. La diferencia entre los 2 pesos (Antes de ensayar y después de ensayar) es la pérdida por desgaste.

B.13 Se fabricarán por lo menos tres probetas para cada variación en proporción o calidad de los componentes de la mezcla.

C. INFORME

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE TIPO CAPE SEAL COMO
TÉCNICA DE PRESERVACION EN PAVIMENTO FLEXIBLE



LABORATORIO: LABORATORIO DE ASFALCA, ARMENIA, SONSONATE

PRUEBA DE ABRASIÓN EN HÚMEDO (WET TRACK ABRASIONB TEST) ISSA TB Nº 100									
PROCEDENCIA DEL AGREGADO: Cantera San Diego, La Libertad									
FECHA DE MUESTREO: 30-08-2013					MUESTREADO POR: Jasmin Cerón , Sergio Martínez, Marjorie Cuéllar				
FECHA DE ENSAYO: 02-09-2013					ENSAYADO POR: Jasmin Cerón , Sergio Martínez, Marjorie Cuéllar				
Wet Track Abrasion Test, 1 Hora Sumergido						Area del molde (m ²)		0,0624	
Mezcla Nº	Relleno		% Agua	% Emulsión	Peso (gr)		Pérdida de Peso		
	Tipo	%			Antes	Después	Gramos	%	gr/pie ²
1	Cemento Portland	0,5	9	12,5	3011,1	2978,1	33	1,10%	22,17
2	Cemento Portland	0,5	9	12,5	3356,8	3318,7	38,1	1,14%	25,59
Temperatura Ambiente			27 °C						
Tipo de Emulsión			CQS-1H						
Residuo en la Emulsión			62,97%						

Fórmula según TB 100

Perdida por Abrasión (gr/pie²) = $(P1-P2)*3,2556$

Perdida por Abrasión (gr/m²) = $(P1-P2)*34,983$

Donde :

P1= Peso inicial del Espécimen seco antes de la prueba de abrasión

P2= Peso inicial del Espécimen seco
después de la prueba de abrasión

Para Espécimen # 1	
Pérdida por Abrasión (gr/pie ²) =	107,43
Perdida por Abrasión (gr/m ²) =	1154,44

Promedio de Perdida	
(gr/pie ²)	115,74
(gr/m ²)	1243,65

Para Espécimen # 2	
Pérdida por Abrasión (gr/pie ²) =	124,04
Pérdida por Abrasión (gr/m ²) =	1332,85

Ensayo # 5.2. ISSA TB-100 (WTAT). Desempeño de cape seal.

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL CAPE SEAL.

El objetivo principal de la presente investigación, es el diseño de la técnica del Cape Seal, con los materiales disponibles en El Salvador obteniendo el desempeño bajo las condiciones climatológicas propias del país, como también tomando en cuenta las características del tráfico promedio vehicular y las condiciones actuales de los pavimentos flexibles salvadoreños.

Este estudio se basa esencialmente en evaluar el comportamiento y analizar el desempeño de un Tratamiento Superficial Simple tipo Cape Seal, siendo necesario describir los elementos teóricos, los procedimientos de elaboración de los diferentes ensayos, y finalmente ejecutando las pruebas de desempeño, a los especímenes elaborados, tales como Rueda Cargada y Abrasión.

En la sección anterior se presentan los resultados de estas pruebas de desempeño, las cuales fueron realizadas a especímenes elaborados en el laboratorio con los diferentes materiales y con los procedimientos normados por organizaciones internacionales, tales como American Society for Testing and Materials (ASTM), International Slurry Surfacing Association (ISSA).

5.4.1. Ensayos de agregados.

Según la ISSA y el Manual Básico de Emulsiones Asfálticas MS-19, establecen que se deben realizar previamente pruebas experimentales de laboratorio a los agregados a emplear en el diseño del Cape Seal, entre los cuales menciona: Granulometría, Prueba de

Desgaste (Prueba de los Ángeles), Densidad relativa de agregado grueso y agregado fino, Peso volumétrico suelto, Azul de metileno, Equivalente de arena y Sanidad.

Todos y cada uno de los resultados cumplieron con las especificaciones para un Chip Seal de granulometría máxima $\frac{3}{4}$ " y una lechada asfáltica tipo II, por lo tanto se puede afirmar que el agregado empleado presentó características y propiedades funcionales para el diseño en estudio, ya que de acuerdo a las especificaciones normadas por las organizaciones competentes todos los resultados de los ensayos se resultaron dentro de los límites de estas; garantizando así el buen desarrollo y cumplimiento de la presente investigación.

5.4.2. Ensayos de emulsiones.

Es de señalar que para la elaboración del Chip Seal se empleó una emulsión tipo CRS – 2h con las siguientes características, es catiónica, de rotura rápida, alta viscosidad y asfalto duro; mientras que para el diseño del Slurry Seal se utilizó una emulsión tipo CQS – 1h la cual es catiónica, de rotura controlada, baja viscosidad y asfalto duro.

De acuerdo a la American Society for Testing and Materials, específicamente las normas ASTM D 2397 y ASTM D 244, indican que las pruebas experimentales de laboratorio que se deben realizar previamente a la emulsión asfáltica para este diseño son: Viscosidad Saybolt Furol, estabilidad, demulsibilidad, prueba de carga, prueba de tamiz, destilación por volumen, porcentaje de residuos, ductilidad y solubilidad; cuyos resultados obtenidos cumplen con las especificaciones normadas por la I.S.S.A.; de esta manera se certifica el progreso de la presente investigación (Ver Ensayo #4.5) .

5.4.3. Análisis de diseño de chip seal. Método Kearby modificado.

Para el diseño de la primera capa de cape seal, se retomó el método de Kearby modificado, con el cual mediante fórmulas y características propias del proyecto detallado en sección 5.2.1. Diseño Del Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal) se conocieron las cantidades de los elementos que lo conforma que son agregados y emulsión, cumpliendo éstos con la calidad que las normas respectivas piden, esta capa obtuvo un buen desempeño a la hora de evaluar el sistema completo.

5.4.4. Ensayos de desempeño de slurry seal.

Posteriormente luego de realizar los ensayos preliminares a los diferentes componentes del Slurry Seal y de la verificación con el cumplimiento de las especificaciones descritas, se procedió a realizar el diseño en base a lo que dicta la International Slurry Surfacing Association, a través de su norma ISSA A105, y de las propiedades que posee cada componente, como también el tiempo que tardan las pruebas requeridas para tal diseño, las cuales son: Rueda Cargada y Adherencia de Arena (ISSA TB 109), Abrasión (ISSA TB 100), Tiempo de mezcla (ISSA TB 113), Consistencia (ISSA TB 106), Determinación de la compatibilidad de los sistemas de lechada asfáltica (TB 115), Cohesión (ISSA TB 139) y Separación (ISSA TB 114).

5.4.4.1. Análisis del ensayo de consistencia.

La determinación de la consistencia en el Slurry Seal, es una parte muy importante en la investigación realizada, ya que nos permite definir la cantidad óptima de agua para una correcta trabajabilidad de la mezcla. Este ensayo se realizó bajo la norma ISSA TB 106.

En relación a los resultados obtenidos, después de realizar los respectivos especímenes, se determinó que la cantidad de agua necesaria para obtener una óptima trabajabilidad fue del 9%, valor el cual proporcione al Slurry Seal una consistencia, homogeneidad y fluidez adecuada, logrando así cumplir con las normas establecidas por la ISSA la cual se localiza entre 2 cm y 3 cm de la escala.

5.4.4.2. Análisis del ensayo de abrasión en húmedo de superficies de lechada asfáltica, y método de prueba para la medición de exceso de asfalto en mezclas bituminosas por el uso del probador de rueda cargada y adhesión de arena.

Una vez realizados los ensayos y tabulados los datos presentados en la sección 4.2.3 se obtuvo que el porcentaje óptimo de emulsión es 12.5 %, es de señalar que este método de prueba para la abrasión determina el valor del porcentaje mínimo de emulsión cuyo resultado es 11 % y el método de prueba de rueda cargada al contrario permite determinar el valor del porcentaje máximo de emulsión el cual es 14 %.

5.4.4.3. Tiempo de mezcla.

Tras realizar el ensayo con 4 valores distintos de porcentaje de filler, comenzando por 0.25 % y aumentándolo en esa cantidad hasta llegar al 1% se determinó que, según los resultados obtenidos en el ensayo ISSA TB 113, cada sistema adecuado (describe como mínimo 180 seg), para evitar efectos indeseables como: drenajes de finos, flotación de asfalto, filler incompatible, o exceso de agua. Por el contrario todas las mezclas de prueba, evaluadas presentan un comportamiento deseado de mezclado manteniendo la consistencia.

5.4.4.4. Prueba de desnudamiento.

Según la estimación visual de la adherencia del ligante y del área inicial cubierta de agregado, se puede estimar un recubrimiento retenido del 95 % del total de área de agregado.

5.4.4.5. Determinación de la compatibilidad de los sistemas de lechada asfáltica.

Evaluando el porcentaje óptimo de emulsión y sus límites inferior y superior, se observa, mediante este ensayo, que el sistema de mezcla se mantiene uniforme y homogéneo, manteniendo así su consistencia y trabajabilidad por más de 120 segundos y mostrando un recubrimiento superior al 95 %.

5.4.5. Ensayos de desempeño al cape seal.

Una vez realizados los ensayos de desempeño al Slurry Seal y su posterior verificación con el cumplimiento de las especificaciones descritas, se procedió a realizar los diseños en base a las distintas características y propiedades que posee cada componente y al mismo tiempo las pruebas requeridas para tales diseños, las cuales son: Rueda Cargada (ISSA TB 109) y Abrasión (ISSA TB 100).

5.4.5.1. Ensayo de abrasión.

El ensayo de abrasión nos permitió cuantificar y comparar las pérdidas de peso (g/cm²) obtenidas en ambos especímenes, obteniendo valores muy cercanos de pérdida con apenas una diferencia del 0.77 % de la muestra más representativa, producto del desgaste generado por la acción abrasiva de la manguera sobre las probetas de Cape Seal ensayadas. De esta manera, se promedian las pérdidas de ambos especímenes obteniendo un valor

promedio de pérdida de 1243.65 gr/m² observándose que se pasa por 436.65 gr/m² de la norma originalmente para slurry seal en la que establece un valor de 807 gr/m² como máximo, pero aún así es un dato cercano.

5.4.5.2. Ensayo de rueda cargada.

Este ensayo se realizó bajo la norma ISSA TB 109. El ahuellamiento después de someter los especímenes de Cape Seal con carga de 125 libras a través de la rueda cargada con los respectivos ciclos de 48 y 67, puede determinarse por diferencias de espesores antes y después del ensayo, obteniendo como resultado un valor promedio de ahuellamiento de 4.2 cms.

Este valor nos indica que el diseño del Cape Seal elaborado puede ser mejorado, modificando como sugerencia, la elección de la lechada y así tener una granulometría más fina para que esta llene todos los espacios dejados por el chip seal y conformar una superficie más homogénea..

Como resultado de estos ensayos, la capa dos (Slurry Seal), se desplazó gradualmente hacia los costados del espécimen, en dirección perpendicular al paso de la rueda cargada.

Estas pruebas, demuestran la importancia de que exista adhesión entre el Chip Seal y el Slurry Seal que conforman la técnica del Cape Seal. La prueba indica claramente que incluso teniendo unas emulsiones perfectamente integradas, el desempeño puede variar si no se logra la respectiva fusión entre ambos tratamientos.

CONCLUSIONES

Después de realizar un exhaustivo estudio de los componentes y desempeño del cape seal se concluye lo siguiente:

- El presente diseño de cape seal, obedece a parámetros propios del tramo de estudio (Sección 5.1.3), por lo que es aplicable única y exclusivamente a éste.
- Para el diseño de cape seal, se realizaron todas las pruebas de calidad a los materiales como lo establecen las respectivas normas, en donde todas cumplieron a excepción de ASTM D5: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg, (dmm) para CRS-2HP que se obtuvo el resultado promedio de 66 dmm mostrado en Ensayo # 4.5 y que de acuerdo a la norma ASTM 2397 debe cumplir con los límites de 100 a 250, justificándose el por qué del resultado obtenido en el ensayo con la siguiente aclaración; por ser una emulsión diseñada, elaborada en el plantel y adaptada a las condiciones ambientales y de servicio de nuestro país y carreteras respectivamente.
- Referido a la dosificación obtenida para Chip Seal mediante el método de kearby modificado, se pudo observar un buen desempeño, ya que en las pruebas realizadas al sistema (cape seal) dicha capa no sufrió ninguna deformación mediante la prueba de rueda cargada, además tampoco hubo gran pérdida por problema de agregado suelto, pues slurry seal sello, teniendo un desempeño cercano al límite máximo establecido para slurry seal.
- Mediante la prueba de rueda cargada aplicada a cape seal, la capa superficial conformada por slurry seal obtuvo una deformación permanente considerable de 4.2

mm con 67 ciclos en 1.47 min, ensayo # 5.1. ISSA TB-109 (LWT). Desempeño de cape seal, esto pudo suceder por:

- Slurry seal descansa sobre una capa irregular y al aplicar carga en los puntos en donde chip seal dejó más espacios, lógicamente sufrirá mayor deformación.
 - La granulometría tipo 2, seleccionada para el diseño de slurry seal no logró cubrir todos los intersticios de chip seal.
-
- Con un promedio de 1243.65 gr/m² de pérdida obtenida en prueba de abrasión para Cape seal, ensayo # 5.2. ISSA TB-100 (WTAT). se observó que el resultado está fuera del límite superior que es de 807 gr/m², sobrepasándolo por 436.65 gr/m², esto debido a que estos límites son orientados a pruebas de slurry seal en donde al realizarse los especímenes son directamente a una placa de superficie uniforme y para este caso era slurry seal sobre chip seal, pero aún así slurry seal corrigió buen porcentaje de desprendimiento de partículas de la capa inferior, impermeabilizando, reduciendo el ruido y dejando una textura superficial confortable manteniendo la fricción.
 - Todos los componentes que involucra el diseño de la técnica del Cape Seal, se encuentran en nuestro medio, desde los insumos, equipo y herramientas, convirtiéndola técnicamente factible ejecutar el diseño de este tratamiento superficial.
 - La técnica del Cape Seal no ha sido empleada en el país, considerándola una propuesta innovadora para la preservación de pavimento flexible, estando

consientes que no existe una normativa nacional ni ensayos propios de desempeño de cape seal, que reglamenten los resultados obtenidos, convirtiendo a los mismos en referencia para próximas investigaciones que incluyen a esta técnica.

- Debido a la falta de tiempo y a la dimensión del presente estudio, no se aplicó el cape seal a un pavimento, sólo se limitó a conocer su desempeño en condiciones de laboratorio, desconociendo su comportamiento en el pavimento real bajo condiciones de tráfico y temperatura del sitio.

RECOMENDACIONES

Luego de haber realizado el estudio investigativo sobre el diseño de tratamiento superficial simple tipo cape seal, se propone lo siguiente:

- Mejorar el diseño de slurry seal, seleccionando una granulometría más fina, para que esta mezcla penetre y llene todos los intersticios de la capa subyacente. Se recomienda que en un futuro trabajo de graduación se realice un cape seal con un slurry tipo I, en lugar del tipo II, con el que se realizó el presente diseño.
- Promover la aplicación de nuevas técnicas de mantenimiento y rehabilitación de vías mediante el apoyo a estudios como el presente para implementarlos en nuestro país, pues la técnica cape seal, según la relación Beneficio-Costo, demuestra ser viable en nuestro país gracias a la durabilidad y poco mantenimiento que necesita en comparación con otros tratamientos superficiales.
- En relación a los ensayos de la investigación, se recomienda, tomar en cuenta la experiencia de los laboratoristas o de las personas con conocimiento en el tema correspondiente a asfalto, con lo cual se esperaría poder evaluar cualquier situación posible, tomando en cuenta que el asfalto y las emulsiones son un tema muy complejo y cuyo comportamiento es difícil de predecir y más aun cuando se tiene la combinación de dos tratamientos como lo son el tratamiento superficial simple y la lechada.
- Y finalmente, ya que el diseño de cape seal es posible mejorarlo, es recomendable que otro grupo tesista retome esta investigación, tomando en cuenta las respectivas conclusiones, recomendaciones de este trabajo de grado y colocar el cape seal en un

pavimento para verificar su funcionalidad y comportamiento real y así poder aplicarlo en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

TESIS, COMPENDIOS Y MANUALES.

- Arriagada Álvarez, Gustavo Felipe. (Julio 2008.) Seguimiento de Tramos de Pavimentos Asfálticos del Tipo Cape Seal en la III Región. Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- Manual de ensayos de suelos y materiales y asfaltos, Administradora Boliviana de Carreteras.
- Mercado Ronald, Bracho Carlos, Avendaño Jorge. (2008). Emulsiones asfálticas, usos – rompimiento. Laboratorio de Formulación, Interfaces, Reología y Procesos, Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes.
- Micro aglomerados, Compendio de normas y procedimientos, Insumos Viales S.A.
- Municipalidad Distrital de Zepita. Diseño de Pavimento. (Cap. 7) Proyecto: Mejoramiento de la carretera Zepita – Tanka, Tanka del distrito de la provincia de Chicuito – Puno.
- Solaimanian, Mansour y Kennedy, Thomas W. (1998). Evaluation of the Cape Seal process as a pavement rehabilitation alternative. Universidad de Texas.
- Valenzuela V., Mariana. (2003). El asfalto, en la conservación de pavimentos. Escuela de Construcción Civil, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile.

SITIOS WEB.

- Características técnicas de los tipos de pavimentos que se utilizan en las carreteras.
<http://www.angelfire.com/rings/transportes/pavimentos.pdf>
- <http://www.astm.org/>
- <http://www.slurry.org/>
- <http://www.tolcan.com/preservacion/preservacion.html>
- <http://www.wikipedia.com/>
- Ligantes bituminosos (Modulo 8).
http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%208.PDF.
Sánchez Sabogal, Fernando.
- Mantenimiento de pavimentos asfálticos
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/7301/Capitulo2.pdf>
- Riego de imprimación con emulsiones asfálticas.
<http://www.asfalca.com/joom02/images/pdfproductos/reigodeimprimacionemulsionesasfalticas.pdf>. Asfalca.
- Uso y manipulación de productos químicos en construcción.
<http://www.mcaugt.es/documentos/0/doc4448.Quimicos3.pdf>. Metal, Construcción y Afines Federación Estatal.

GLOSARIO.

A

Abrasión. Se denomina abrasión (del lat. *abradĕre*, "raer") a la acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.

Acería. Derivados de la producción de acero. Desechos de la misma.

Alambique. Es un aparato utilizado para la destilación de líquidos mediante un proceso de evaporación por calentamiento y posterior condensación por enfriamiento.

Alquitrán. El obtenido por destilación del petróleo. Se usa como impermeabilizante y como asfalto artificial.

Arrabio. Fundición de hierro que se obtiene en el alto horno y que constituye la materia prima de la industria del hierro y del acero.

Ascensión capilar. Es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Asfáltenos. Son una familia de compuestos químicos orgánicos del petróleo crudo y representan los compuestos más pesados y por tanto, los de mayor punto de ebullición.

Asfalto diluido. Son mezclas solubles entre cementos asfálticos y solventes que favorecen las aplicaciones de los mismos a temperatura ambiente. Al ser aplicados el solvente se evapora y el cemento asfáltico recupera sus propiedades.

Asfalto rebajado. También denominados asfaltos rebajados, son materiales asfálticos de consistencia blanda o fluida por lo que se salen del campo en el que normalmente se aplica el ensayo de penetración, cuyo límite máximo es 300.

ASTM. American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

B

Banquina. Es una franja longitudinal pavimentada o no, contigua a la calzada (no incluida en ésta), no destinada al uso de automóviles más que en circunstancias excepcionales.

Base granular imprimada. Base granular sobre la que se aplica un riego de asfalto de baja viscosidad, en preparación para la colocación de una mezcla asfáltica.

Bermas. Ver definición de “Banquina”.

Bionda. Es un elemento de protección de seguridad vial pasiva, colocado a los lados de la vía, para separar calzadas de sentido contrario, o en tramos peligrosos para impedir que los vehículos se salgan de la vía o puedan chocar con elementos más peligrosos que la misma barrera. Algunos poseen reflectores incorporados.

Bitumen. Es una mezcla de líquidos orgánicos altamente viscosa, negra, pegajosa, completamente soluble en disulfuro de carbono y compuesta principalmente por hidrocarburos aromáticos policíclicos. Es la fracción residual resultante de la destilación fraccionada del petróleo. Es la fracción más pesada y la que tiene el punto de ebullición más elevado.

C

Capacidad portante. Es la capacidad de una estructura para soportar las cargas aplicadas sobre la misma.

Crisol. Es una cavidad en los hornos que recibe el metal fundido. El crisol es un aparato que normalmente está hecho de grafito con cierto contenido de arcilla y que puede soportar elementos a altas temperaturas, ya sea el oro derretido o cualquier otro metal, normalmente a más de 500 °C. Algunos crisoles aguantan temperaturas que superan los 1500 °C. También se le denomina así a un recipiente de laboratorio resistente al fuego y utilizado para fundir sustancias. Es utilizado en los análisis gravimétricos.

Coalescencia. Es la posibilidad de dos o más materiales de unirse en un único cuerpo.

Craqueo. Es un proceso químico por el cual se quiebran moléculas de un compuesto produciendo así compuestos más simples.

D

Ductilidad.

Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse, permitiendo obtener alambres o hilos de dicho material.

I

ISSA. International Slurry Surfacing Association (Asociación Internacional de Lechadas Asfálticas).

L

Ligante. Material que contiene betún (bitumen), el cual es un hidrocarburo soluble en bisulfuro de carbono (CS_2). El asfalto y el alquitrán son materiales bituminosos.

Lixiviación. Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.

LWT. Tester Wheel Loaded (ensayo de rueda cargada)

M

Máltenos. Son la fracción soluble en hidrocarburos saturados de bajo punto de ebullición. Están constituidos por anillos aromáticos, nafténicos y con muy pocas cadenas parafínicas.

Mancha urbana. Es el tamaño de una población o centro urbano (vista aérea) y las tendencias de expansión según la geografía y topografía del lugar.

MBV. Valor de Azul de Metileno.

Modelo micelar. Se refiere al conjunto de moléculas que constituye una de las fases de los coloides. Es el mecanismo por el cual el jabón solubiliza las moléculas insolubles en agua, como las grasas.

P

Panacea. Proviene de la voz griega *panakos* y significa “remedio para todo”

PCI. Índice de condición del pavimento.

Performance. Se refiere la calidad del acabado de una superficie, lo que la hace altamente atractiva a la vista del usuario.

Polímero. Poly: muchos y mero: parte, segmento son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Polución atmosférica. Presencia de sustancias en la atmósfera, como consecuencia de procesos naturales o de actividades humanas, en concentraciones y tiempo suficientes como para alterar la comodidad, la salud o el bienestar de los seres vivos o perjudicar al medio.

Preservación del pavimento. Son las actividades encargadas de proveer y mantener los caminos en servicio, incluyendo investigación, los métodos para incrementar la vida y aumentar el rendimiento de los pavimentos revisando el beneficio costo para disminuir las

demoras a los usuarios. La preservación de los pavimentos incluye el mantenimiento preventivo así como rehabilitaciones menores. No incluye reconstrucción, obra nueva o rehabilitación mayor.

PSI. Índice de capacidad de servicio del pavimento.

S

Sistema coloidal. Es un sistema formado por dos o más fases, principalmente: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas. La fase dispersa es la que se halla en menor proporción. Normalmente la fase continua siendo líquido, pero pueden encontrarse coloides cuyos componentes se encuentran en otros estados de agregación.

Sólido visco – elástico. Es un sólido que presenta un tipo de comportamiento reológico anelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman.

Surfactante. Son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases (p.ej., dos líquidos insolubles uno en otro). Cuando se utilizan en la tecnología doméstica se denominan como emulgentes o emulsionantes; esto es, sustancias que permiten conseguir o mantener una emulsión.

T

Tara. Peso que corresponde al recipiente o envase que contiene o transporta un material, sin contar el peso de este.

Tensión superficial. Es la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. Esta definición implica que el líquido tiene una resistencia para aumentar su superficie.

Tixotrópico. Es un fluido no newtoniano y pseudoplástico que muestra un cambio de su viscosidad en el tiempo; cuando más se someta el fluido a esfuerzos de cizalla, más disminuye su viscosidad.

V

Vida útil del pavimento. La vida útil es un parámetro al momento de su diseño. Se puede considerar 5, 10 o 20 años, lo que influirá en las características del pavimento y, por lo tanto, su factibilidad económica. La vida útil de la carretera puede verse afectada por el incremento del tráfico, o por cambios en la normatividad vial, si se incrementa la carga permitida por eje.

W

WTAT. Wet Test Track Abrasion (prueba de abrasión en pista húmeda)

ANEXOS

ANEXO #1 CERTIFICADO DE CALIDAD DE EMULSION CRS-2Hp³²

		ASFALTOS DE CENTROAMERICA, S.A Laboratorio de Suelos, Materiales y Mezclas Asfálticas.				
HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (ASTM D-2397 Y AASHTO M-208)						
TIPO DE EMULSION		CRS-2H		CLASIFICACION (PRUEBA DE IDENTIFICACION)(SECCION 92-99, ASTM D-244) EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO DE ALTA VISCOSIDAD		
PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)						
RESIDUO POR EVAPORACION ASTM D 6934			RESIDUO POR DESTILACION ASTM D 6997		% ACEITE DESTILADO POR VOLUMEN DE EMULSION	
PESO DE RECIPIENTE (A)	275.1	268.4	PESO DE ALAMBIQUE (TR)	2331.20	ml aceite	
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION (B)	334.8	327.9	PESO ALAMBIQUE + EMULSION (ME)	2530.60	gr emulsion	
PESO DE RESICIPENTE + RESIDUO (C.)	314.4	307.3	PESO ALAMBIQUE + RESIDUO (MR)	2460.90	% ACETE DESTILADO	
% R.A.F. = 100 - % AGUA	65.83%	65.38%	% AGUA = (ME-MR)/(ME-TR) X100	34.95%		
Promedio	65.60%		% RA = 100 - % AGUA	65.05%	1.0	
CARGA DE PARTICULA ASTM D 7402			Positiva			
PRUEBAS DE CONSISTENCIA (ASTM D-244)						
ENSAYO DE VISCOSIDAD SAYBOL FUROL (SECCION 29-33)						
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):					50	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (SSF)			124.34	116.13	120	
PRUEBAS DE ESTABILIDAD (ASTM D-244)						
PRUEBA DEL TAMIZ ASTM D 6933			PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) ASTM D 6930			
PESO DE TAPADERA + TAMIZ (MT)	162.7000		PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	274.8	268.9	
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION (MR)	1291.30		PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	325.1	314.9	
PESO DE RECIPIENTE VACIO (MV)	291.30		PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	307.7	299.4	
PESO DE TAPADERA+ TAMIZ+ RESIDUO (MS)	162.9000		% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	65.41%	66.30%	
% T=(MS-MT) (MR-MV) X 100		0.0200%	% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))		0.90%	
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)						
ASTM D 2042: Solubilidad en Tricloroetileno, (%)						
		ASTM D 36: Punto de ablandamiento (No es requerido por ASTM D 2397)		MEDIDAS		
ASTM D 5: Penetración a 25°C, 100 grs., 5 seg. (dmm)				OBSERVACIONES		
1	65	48.5	49	A (Masa del crisol y filtro, grs)	18.0573	despues de 20 min a 110 °C
2	67			B (Masa de la muestra, grs)	2.047	temperatura ambiente
3	67	PROMEDIO		C (Masa del crisol, filtro y material insoluble)	18.062	despues de 20 min a 110 °C
PROMEDIO	66			48.8	% insoluble = 100 x ((C - A) / B)	0.2150
				% Solubilidad = 100 x (B - ((C - A) / B)		99.79
ASTM D 113: Ensayo de Ductilidad, 25°C, 5 cm/min						
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO		
	115	150	150	138		
OTROS ENSAYOS HECHOS A LA EMULSION						
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION A 15 C			DEMULSIBILIDAD ASTM D 6936			
PESO DE RECIPIENTE (A)	37.6184		PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA (a)	362.4	362.1	
PESO RECIPIENTE + AGUA (B)	61.4474		PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + EMULSION (b)	463.3	462.4	
PESO RECIPIENTE + EMULSION (C)	61.8879		PESO DE BEAKER + AGITADOR + MALLA + GRUMO DE ASFALTO LUEGO DE SECAR X 1h A 163 °C (c)	415.6	414.4	
DENSIDAD = (C-A)/(B-A) =	1.018		RESIDUO POR DEMULSIBILIDAD A = (c - a)	53.2	52.3	
PESO POR GALON = DENSIDAD*3.785 (Kg/Galon)	3.855		% DEMULSIBILIDAD = 100 x (A/B)	81.8	80.4	
			PROMEDIO		81.1	
OBSERVACIONES:						
Reviso: Ing. Karen de Vadillo/ Gerente de Control de Calidad						

³² Capítulo IV, Sección 4.1.2 Ensayos para caracterizas emulsión CRS-2H (XII. HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Hp)

ANEXO #2 CERTIFICADO DE CALIDAD DE EMULSION CQS-1H³³

		ASFALTOS DE CENTROAMERICA, S.A. Laboratorio de Suelos, Materiales y Mezclas Asfálticas.			
HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (ASTM D-2397 Y AASHTO M-208)					
TIPO DE EMULSION	CQS-1h	CLASIFICACION (PRUEBA IDENTIFICACION) SECCION 92-99, ASTM D 244	DE	EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO ACELERADO CONTROLADO	
FECHA DE PRODUCCION	09/12/2011	GALONES PRODUCIDOS	8450		
TEMPERATURA DE SOLUCION JABONOSA (°C)	37	TEMPERATURA DE ASFALTO (°C)	145		
TEMPERATURA DE EMULSION (°C)	80	PH DE EMULSION	2		
PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)					
RESIDUO POR EVAPORACION (SECCION 16-22)			RESIDUO POR DESTILACION (SECCION 11-15)		
PESO DE RECIPIENTE (A)	90.8	114.4	PESO DE ALAMBIQUE	(TR)	2311.50
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION (B)	141.5	168.6	PESO ALAMBIQUE + EMULSION	(ME)	2511.60
PESO DE RECIPIENTE + RESIDUO (C)	122.8	148.6	PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	(MR)	2437.50
% R.A.F. = 100 - % AGUA	63.12%	63.10%	% A = (ME-MR)/(ME-TR) X 100		37.03%
Promedio	63.11%		% RA = 100 - %A		62.97%
PRUEBAS DE CONSISTENCIA (ASTM D-244)					
ENSAYO DE VISCOSIDAD SAYBOL FUROL (SECCION 29-33)					
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):					25
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL (Seg)					30
PRUEBAS DE ESTABILIDAD (ASTM D-244)					
PRUEBA DE SEDIMENTACION (5 DIAS) (SECCION 40-45)			PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) (SECCION 77-83)		
	TOP	FONDO		TOP	FONDO
PESO BEAKER + AGITADOR DE VIDRIO (A)	217.00	201.60	PESO BEAKER + AGITADOR DE VIDRIO (A)	90.40	117.20
PESO BEAKER + AGITADOR + EMULSION (B)	270.00	246.10	PESO BEAKER + AGITADOR + EMULSION (B)	143.60	169.10
PESO BEAKER + AGITADOR + RESIDUO (C)	250.10	229.80	PESO BEAKER + AGITADOR + RESIDUO (C)	124.00	150.10
% R.A. = 1 - ((B-C)/(B-A))	62.45%	63.37%	% R.A. = 1 - ((B-C)/(B-A))	63.15%	63.39%
% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.92%		% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.24%	
EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)					
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL C.A. (ASTM D-70)(AASHTO T-228):			PRUEBAS COMPLEMENTARIAS AL RESIDUO:		
A: PICNOMETRO SECO Y LIMPIO	53.242		PENETRACION 25° C, 100 grs, 5 seg. (ASTM D-5)(AASHTO T-49):	58 dmm	
B: PICNOMETRO AFORADO CON AGUA (25°C) =	80.410		SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO (ASTM D-2042)(AASHTO T-44):	99.80%	
C: PICNOMETRO CON C.A. (25°C) =	67.000		PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):	61 °C	
D: PICNOMETRO CON AGUA Y C.A. AFORADO A 25°C =	80.750		DUCTILIDAD 25°C, 5 c.m./min (ASTM D-113)(AASHTO T-51):	90 c.m.	
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO ASFALTICO =	1.025				
PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION			PRUEBA DE MALLA (ASTM D-244)(SECCION 53-58)		
PESO DE RECIPIENTE (A)	(A)	47.52	PESO DE TAPADERA + TAMIZ	(MT)	673.40
PESO RECIPIENTE + AGUA (B)	(B)	79.32	PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	(MR)	1309.00
PESO RECIPIENTE + EMULSION (C)	(C)	79.90	PESO DE RECIPIENTE VACIO	(MV)	309.60
DENSIDAD = (C-A)/(B-A) =		1.018	PESO DE TAPADERA + TAMIZ + RESIDUO (MS)	(MS)	673.60
PESO POR GALON = DENSIDAD*3785/400 (Lbs/Galon)		8.38	%T=(MS-MT) (MR-MV) X 100		0.02%
OBSERVACIONES: Asfalto Base AC-30					
 					
LABORATORIO					

³³ Capítulo IV, Sección 4.1.3 Ensayos para caracterizar emulsión CQS-1H (XI. HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSION ASFALTICA CQS-1H)

**ANEXO #3 FOTOGRAFIAS DE LA CONSTRUCCION DE ESPECIMENES PARA
PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL: ISSA TB 109 ³⁴**

PRIMERA CAPA (Chip Seal)

- Lavado de agregado (3/4”).



- Secado del Agregado (3/4”).



³⁴Capitulo V, Sección 5.3

- Cuarteo del Agregado (3/4”).



- Colocación del papel especial con emulsión en la respectiva platina.



- Colocación de agregado 3/4 “ sobre emulsión asfáltica CRS-2H



- Desmolde y Compactación.



SEGUNDA CAPA (Slurry Seal)

- Secado y Cuarteado de Agregado (3/8")



- Elaboración de Slurry Seal.



- Colocación de Slurry Seal sobre Chip Seal.



**ANEXO #4 FOTOGRAFIAS DE LA CONSTRUCCION DE ESPECIMENES PARA
PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL: ISSA TB 100 ³⁵**

PRIMERA CAPA (Chip Seal)

- Lavado de agregado (3/4”).



- Secado del Agregado (3/4”).



- Cuarteo del Agregado (3/4”).



- Colocación de agregado 3/4 “ sobre emulsión asfáltica CRS-2H



SEGUNDA CAPA (Slurry Seal).

- Secado y Cuarteado de Agregado (3/8”)



- Elaboración de Slurry Seal.



- Colocación de Slurry Seal sobre Chip Seal.



**ANEXO #5 FOTOGRAFIAS DE PRUEBA DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL:
ISSA TB 109 RUEDA CARGADA.³⁶**

- Especímenes en el horno a 60 °C (12 horas) para posteriormente ensayarlos.



- Especímenes secados a temperatura ambiente.



³⁶Capítulo V, Sección 5.3.1 Rueda Cargada (ISSA TB 109)

- Peso de los especímenes.



- Ensayo en la Maquina Rueda Cargada.



- Especímenes después de la prueba.



**ANEXO #6 FOTOGRAFÍAS DE PRUEBA DE DESEMPEÑO DE CAPE SEAL:
ISSA TB 100 ABRASIÓN.³⁷**

- Especímenes en el horno a 60 °C (15 horas) para posteriormente ensayarlos.



- Especímenes secados a temperatura ambiente.



³⁷Capítulo V, Sección 5.3.2 Abrasión (ISSA TB 100)

- Peso de los especímenes.



- Especímenes en un baño de agua a 25°C



- Ensayo en Maquina de Abrasión.



- Eliminación de los residuos de material suelto.



- Especímenes secos a temperatura 60 °C después de la Prueba.



- Peso de especímenes secos.



ANEXO #7 ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA LA CARGA MINERAL PARA MEZCLAS BITUMINOSAS DE PAVIMENTACIÓN. ASTM D242.

Esta especificación cubre el relleno mineral añadido como un ingrediente separado para su uso en mezclas bituminosas de pavimentación.

El relleno mineral estará compuesto de materia mineral finamente dividida, como el polvo de roca, polvo de escoria, cal hidratada, cemento hidráulico, cenizas volantes, u otra materia mineral adecuada. En el momento de su uso, deberá ser lo suficientemente seco para fluir libremente y estar esencialmente libre de aglomeraciones.

La gradación del relleno mineral está dada por la siguiente tabla:

TAMAÑO	PORCENTAJE PASANTE
No. 16	100
No. 30	97 a 100
No. 50	95 a 100
No. 200	70 a 100

El relleno mineral preparado a partir de polvo de roca y de escorias polvo, y materiales similares deberán ser esencialmente libre de orgánicos impurezas y tener un índice de plasticidad no mayor de 4.

ANEXO #8 PRÁCTICAS ESTÁNDAR PARA DISEÑO, PRUEBA Y CONSTRUCCIÓN DE SLURRY SEAL. ASTM D3910.

Método para determinar la consistencia de lechadas asfálticas.

Objeto

Este método se utiliza para determinar la cantidad óptima de agua requerida para formar una mezcla estable y trabajable.

Equipos y materiales

1. Molde.

Metálico, con forma tronco cónica, de 40 ± 3 mm de diámetro interno en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 ± 3 mm de altura. Estará correlacionado con una plancha metálica de espesor mínimo de 0.8 mm.

2. Placa de escurrimiento.

Placa metálica cuadrada de 250 ± 5 mm de espesor mínimo, alrededor de cuyo centro lleva trazado una serie de seis círculos concéntricos, el menor de 89 mm de diámetro y los cinco restantes con radios crecientes en 10 mm.

3. Horno.

De convección forzada y capaz de controlar y mantener la temperatura requerida dentro de ± 3 °C.

4. Balanzas.

De capacidad mínima de 2000 gramos y una precisión de 0.1 gr.

5. Otros.

Bol y espátulas.

Extracción y preparación de la muestra.

1. Reduzca por cuarteo la muestra de agregado a una cantidad de material suficiente para obtener la masa de muestra requerida para el ensayo.
2. Seque en horno la muestra obtenida a una temperatura de 110 °C hasta masa constante. Enfríe la muestra a temperatura ambiente. obtenga por cuarteo muestras de aproximadamente 600 gramos de material seco.
3. Agite la emulsión en su envase con una varilla hasta conseguir homogeneidad total. La emulsión no debe presentar signos de quiebre o sedimentación.

Procedimiento.

1. Antes de confeccionar las mezclas todos los materiales deben mantenerse a 25 °C durante, al menos, 60 minutos.
2. Tome una muestra de 600 gramos e incorpórole una determinada cantidad de agua (porcentaje referido al agregado seco).
3. Mezcle hasta obtener un color uniforme.
4. Incorpore la cantidad correspondiente de emulsión y revuelva hasta homogenizar completamente la mezcla. El tiempo de mezclado no debe ser menor que 1 min ni superior por 3 min.
5. Coloque el molde sujeto firmemente sobre la placa de escurrimiento, con su diámetro mayor hacia abajo y céntralo.
6. Llene el molde con la mezcla.
7. Levante con cuidado el molde verticalmente y deje que la mezcla fluya sobre la base graduada, hasta que se detenga.

8. Registre el desplazamiento en centímetros alcanzado por la mezcla en cuatro puntos de la escala de círculos de la base graduada, separados entre si en 90° y con aproximación de 0.5 cm.

Cálculos.

El resultado del ensayo será el valor medio de las cuatro lecturas realizadas con aproximación a 1 decimal.

Informe.

- a) Tipo de emulsión empleada.
- b) Porcentaje de emulsión utilizado.
- c) Porcentaje de agua en la mezcla, referido al agregado seco.
- d) Valor promedio de desplazamiento en centímetros registrado por la mezcla.

ANEXO #9 ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIÓNICA. DESIGNACION D 2397 – 02

Esta norma ha sido publicada bajo la designación fija D 2397, el número inmediatamente siguiente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. La epsilon en superíndice (e) indica un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso por agencias del Departamento de Defensa.

1. ALCANCE

1.1. Esta especificación cubre los siete grados de emulsión catiónica – asfalto clasificada para su uso en la construcción del pavimento de la manera designada.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

2.1. Normas ASTM:

D 140 Practica para el muestreo de materiales bituminosos

D 244 Métodos de prueba para asfaltos emulsionados

D 3910 Prácticas para el diseño, prueba y construcción de Slurry Seal²

3. REQUISITOS

3.1. La emulsión asfáltica se analizara en los 14 días siguientes a entrega. El asfalto emulsionado deberá de ser homogénea después de una minuciosa separación de mezclas, siempre que no haya sido causado por congelación. Emulsiones separadas por congelamiento no se someterán a ensayo.

3.2. Asfalto emulsionado deberá ajustarse a los requisitos prescritos en la Tabla I

4. MUESTREO

4.1. Las muestras de emulsión asfáltica se adoptaran de conformidad con la norma ASTM D 140

4.2. Las muestras se almacenaran en lugares limpios, sellados herméticamente, a una temperatura no menor a 4 ° C (39.2 F) hasta la prueba.

5. METODOS DE PRUEBA

5.1. Las propiedades de los asfaltos emulsionados se dan en la Tabla I se determinara de acuerdo con la norma ASTM D 244, con la siguiente excepción:

5.1.1. Tamiz de Prueba de uso de agua destilada en todo mojado y operación de lavado en lugar de la solución de oleato de sodio (2%).

RECUBRIMIEN_														
TO														
CAPACIDAD Y														
RESISTENCIA														
AL AGUA														
Recubrimiento, agregado seco					B		B							
Recubrimiento, después de la pulverización					Fair		Fair							
Recubrimiento, agregado húmedo					Fair		Fair							
Recubrimiento, después de la pulverización					Fair		Fair							
Prueba de carga de la partícula	+		+		+		+		+		+		+	
Prueba de tamiz %		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1		0.1
Prueba de la mezcla de cemento %										2.0		2.0		N/A

