

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



ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LIGA
EN LA COLOCACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN
CALIENTE

PRESENTADO POR:

JOSE MAURICIO ANTONIO CORNEJO PÉREZ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

Ph.D. ING. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

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

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

TEMA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DE LA OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO DE LIGA
EN LA COLOCACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN
CALIENTE**

Presentado por :

JOSE MAURICIO ANTONIO CORNEJO PÉREZ

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. DILBER ANTONIO SÁNCHEZ VIDES

ING. LUIS ANTONIO LÓPEZ LEMUS

San Salvador, mayo de 2014

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. DILBER ANTONIO SÁNCHEZ VIDES

ING. LUIS ANTONIO LÓPEZ LEMUS

AGRADECIMIENTOS.

La conclusión satisfactoria de esta investigación fue posible gracias al apoyo invaluable de personas e instituciones, a las cuales les dedicamos las siguientes líneas para expresarles mis más sinceros agradecimientos.

A nuestros docentes directores:

Ing. Dilber Antonio Sánchez Vides. Por su esmero en este trabajo, ya que ha sido el facilitador y editor; sus consejos han sido una guía clara en este largo camino.

Ing. Luís Antonio López Lemus. Por compartir sus conocimientos y dedicarnos su valioso tiempo; trabajar con usted ha sido una experiencia muy enriquecedora para mi vida.

A la empresa cooperante y su personal:

DISA Constructora S.A. de C.V. Por su valiosa e indispensable colaboración al proporcionar sus instalaciones y proporcionar el material necesario para llevar a cabo la investigación, así como proporcionando información referente a las mezclas asfálticas que utilizan y de todo el personal que labora en las instalaciones del laboratorio de DISA Constructora S.A. de C.V. en el plantel de Quezaltepeque.

Escuela de Ingeniería Civil, UES. Muy importante ha sido la colaboración de nuestra escuela para el desarrollo de la investigación. Especialmente agradecemos a PhD. Edgar Peña, que nos colaboró con gestiones de recursos tanto dentro como fuera de la universidad; al **Ing. Oswaldo Rivera Flores**, que siempre tuvo a disposición el equipo de la escuela para nuestra utilización.

A mi familia:

Por su esfuerzo y apoyo brindado siempre en mi camino a culminar ya que han representado para mí una guía muy importante; la paciencia, comprensión y las palabras de aliento recibidas por parte de mi familia, me ha permitido salir adelante.

¡MUCHAS GRACIAS!

DEDICATORIA.

En primer lugar, a DIOS TODOPODEROSO, por brindarme la sabiduría y guía en el camino correcto.

Dedico este trabajo el cual permite la culminación de una carrera profesional, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a mi formación, en especial a:

Mi madre Carmen Pérez de Cornejo, por inculcarme el espíritu de lucha para alcanzar mis metas propuestas y por la bondad y sencillez que de ella aprendí, has sido una fuente de inspiración. Gracias mamá por siempre estar conmigo.

Mi padre Jose Salvador Cornejo, quien ha brindado su apoyo durante toda mi vida su apoyo ha sido y sigue siendo fundamental en todas las etapas.

Mi hermana Marina Del Carme Cornejo Pérez, quien me ha apoyado incondicionalmente con sus atenciones, ayuda, cariño y comprensiones.

Mi hermano Edwin Alonso Cornejo Pérez, porque siempre apoyo y me impulso a no rendirme.

A mi Novia Eneida Yamileth Salazar Posada, por estar en los momentos que más la necesite y brindarme su ayuda incondicional.

A Mis amigos y compañeros de la ues por ser ejemplo, y fuente de sabiduría en este camino de estudios.

A todos ustedes ¡ Gracias Totales

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
1.5.1 ALCANCES.....	7
1.5.2 LIMITACIONES.....	7
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	8
CAPÍTULO II.....	10
2.1 ANTECEDENTES GENERALES.....	11
2.1.1 IMPORTANCIA DEL RIEGO DE LIGA.....	11
2.1.2 CONDICIÓN QUE DEBE TENER LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO PARA RECIBIR EL RIEGO DE LIGA.....	15
2.1.3 CONSIDERACIONES DE TIPO BÁSICOS EN LA APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA.....	16
2.2 LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	20
2.2.1 HISTORIA DE LA EMULSIÓN DE ASFALTO.....	20
2.2.2 COMPONENTES DE UNA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	21
2.2.3 ORIGEN DEL ASFALTO.....	21
2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	24
2.3 DEFINICIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ENSAYO A UTILIZAR.....	28
2.3.1 FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS.....	28
2.3.2 ENSAYO DE CORTE LCB.....	30
2.3.3 REALIZACIÓN DEL ENSAYO.....	32
2.3.4 RESULTADOS DEL ENSAYO.....	32

2.4 VARIABLES SIGNIFICATIVAS A CONTROLAR	33
CAPÍTULO III	34
ETAPA EXPERIMENTAL	35
3.1 PROGRAMA DE TRABAJO	35
3.2 ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	35
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	36
3.3.1 AGREGADO MINERAL.....	36
3.3.2 CEMENTO ASFÁLTICO A UTILIZAR	37
3.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO ASFÁLTICO.....	38
3.4 DISEÑO DE LA MEZCLA	39
3.4.1 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE ½ PULGADA	39
3.4.2 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE ¾ DE PULGADA.....	44
3.5 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS EMULSIONES Y ASFALTOS REBAJADOS A UTILIZAR.	48
3.5.1 EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h.....	48
3.5.2 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS.....	49
3.5.3 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe.....	50
3.5.4 ASFALTICO VIRGEN AC-30.....	52
3.5.5 ASFALTO REBAJADO RC-250.....	53
3.6 APLICACIÓN DE RIEGO LIGA.....	54
3.6.1 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE RIEGO LIGA	55
3.6.2 VERIFICACIÓN DE LA TASA DE RIEGO DE LIGA	60
3.7 CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS	62
3.7.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	62
3.7.2. DISEÑOS DE MEZCLA A UTILIZAR.....	63
3.7.3 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS	64
3.7.4 TEMPERATURA DE CONFECCIÓN Y COMPACTADO	66
3.7.5 METODOLOGÍA DE ENSAYO DE CORTE LCB	67

3.8 CANTIDAD DE PROBETAS A CONSTRUIR.....	70
CAPITULO IV.....	72
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	73
4.1 PROBETAS CONSTRUIDAS.....	73
4.2 ENSAYOS DE CORTE POR CIZALLAMIENTO	74
4.3 EMULSIÓN CSS-1h	75
4.3.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	75
4.3.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.....	77
4.3.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	79
4.4 EMULSIÓN CRS.....	81
4.4.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	81
4.4.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA	83
4.4.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	85
4.5 EMULSIÓN CRS -2Pe	87
4.5.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	87
4.5.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.....	89
4.5.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	91
4.6 ASFALTO VIRGEN AC-30.....	93
4.6.1 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	93
4.6.2 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.....	95
4.6.3 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	97

4.7 ASFALTO REBAJADO RC-250	99
4.7.1 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	99
4.7.2 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.....	101
4.7.3 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.....	103
CAPITULO V.....	105
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	106
5.1 CRITERIO DE ACEPTACIÓN	106
5.2 ANÁLISIS DE VARIABLES.....	107
5.2.1 PROBETAS MONOLÍTICAS Y SIN LIGANTE.....	107
5.3 EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h.....	113
5.3.1 MEZCLAS GRUESA FINA.....	113
5.3.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA	115
5.3.3 MEZCLAS FINA FINA.....	117
5.4 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS.....	119
5.4.1 MEZCLAS GRUESA FINA.....	119
5.4.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA	121
5.4.3 MEZCLAS FINA FINA.....	123
5.5 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS – 2Pe	125
5.5.1 MEZCLAS GRUESA FINA.....	125
5.5.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA	127
5.5.3 MEZCLAS FINA FINA.....	129
5.6 ASFALTO VIRGEN AC-30.....	131
5.6.1 MEZCLAS GRUESA FINA.....	131
5.6.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA	133
5.6.3 MEZCLAS FINA FINA.....	135
5.7 ASFALTO REBAJADO RC-250	137
5.7.1 MEZCLAS GRUESA FINA.....	137

5.7.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA	139
5.7.3 MEZCLAS FINA FINA	141
5.8 CUADRO RESUMEN	143
5.9 ENSAYOS EXTRAS.....	144
CAPITULO VI.....	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
6.1 CONCLUSIONES	147
6.2 RECOMENDACIONES	153
BIBLIOGRAFÍA.....	155

ANEXO I: CERTIFICACIONES DE LAS EMULSIONES

ANEXO II: HOJAS DE ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El concreto asfáltico en nuestro país y en todo el mundo se ha convertido en el principal material para la construcción de carreteras, principalmente elegido por su rapidez de construcción y sus buenas propiedades de funcionalidad y durabilidad. Por lo tanto por ser un material muy utilizado en la construcción de obras viales, se ha tenido la necesidad de hacer muchas investigaciones cuya finalidad es obtener un material más durable pero que mantenga sus propiedades de funcionalidad. En nuestro país el concreto asfáltico utilizado es el concreto hecho con mezclas asfálticas en caliente cuyos materiales constituyentes son agregados pétreos y cemento asfáltico, y para poder realizar esta mezcla ambos materiales son calentados a una temperatura adecuada para mezclarse y posteriormente colocarse.

Durante su vida útil los pavimentos asfálticos están sometidos a distintos tipos de esfuerzos. El cálculo estructural de los distintos componentes se realiza suponiendo que existe una perfecta adherencia entre las distintas capas. Se asume que estas se comportan de manera monolítica, sin embargo esto no ocurre en la realidad. Problemas como “fisuras o grietas parabólicas” así como un “arrollamiento transversal”, son patologías que pueden ser atribuidas a una deficiencia en la adherencia de las capas de Mezclas Asfálticas. La calidad de los materiales, así como una correcta fase constructiva deberán asegurar el mejor comportamiento del pavimento terminado. La importancia de la adherencia de los Asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas utilizadas como “riego de liga” en pavimentos construidos con mezclas asfálticas en caliente ha sido

predominantemente ignorado, es así que una mala adherencia del riego de liga puede influir en una falla prematura de una carpeta asfáltica.

En este documento se presentan los diferentes comportamientos, de una serie de ligantes asfálticos con diferentes tasas de aplicación, unidos a una carpeta asfáltica densa fina con una densa fina, una carpeta densa gruesa con una densa gruesa, y la unión de una carpeta asfáltica densa fina con una densa gruesa. Determinando con ello la óptima tasa de aplicación, y el ligante más adecuado para las diferentes uniones de carpetas que se combinan.

El procedimiento de ensayo de cada una de las pruebas será realizado siguiendo la metodología propuesta por la Universidad de Cataluña, España, del Laboratorio de Caminos de Barcelona. (LCB).

1.2 ANTECEDENTES

La importancia estructural de una carpeta asfáltica es muy importante para su funcionamiento, es por ello que al colocar diferentes carpetas asfálticas o unirla con la base, es necesario colocar una capa ligante que puede ser una emulsión asfáltica o asfalto rebajado, para que la carpeta asfáltica funcione monolíticamente. Esta capa ligante se le conoce como: “riego de liga”.

El riego de liga en pavimentos construidos con mezclas asfálticas en caliente ha sido predominantemente ignorado, no considerando que una mala adherencia del riego de liga puede influir en una falla prematura de una carpeta asfáltica.

Para el riego de liga se pueden utilizar asfaltos rebajado como el RC- 250, que fue muy utilizado en nuestro país, cuando no se usaban las emulsiones asfálticas; Pero hoy con los nuevos convenios de medio ambiente se prohíbe su uso, por tener un elevado grado de contaminación ambiental y su alto costo para colocarlo ha provocado que ya no se utilice.

También el riego de liga puede hacerse con emulsión asfáltica como la CSS-1h, con una composición de 60 % de asfalto, 40 % de agua y emulgente, este tipo de emulsión se empezó a utilizar en nuestro país a partir del año 1993 y cuya práctica se mantiene hasta la fecha. El objetivo de esta capa es llenar los vacíos y ligar sobre la totalidad de la superficie, como resultado de la experiencia práctica la dosificación de emulsión asfáltica varía de 0.15 a 0.70 l/m²

En caso de utilizar emulsiones asfálticas como ligante, la elección de la cantidad es importante a fin de asegurar una liga en toda la superficie, pero no debe ser excesiva para evitar el afloramiento del asfalto a través de la mezcla o muy pobre de liga que no sea lo suficiente para realizar un buen amarre entre las diferentes capas. La aplicación de la liga se hace con un tanque distribuidor equipado específicamente para hacer este trabajo, y se debe lograr una buena dosificación, por lo que se requiere verificar y medir al principio o al final del riego. En El Salvador el uso de riego de liga ha sido ejecutado bajo los parámetros establecidos en la SIECA (Secretaria de Integración Económica Centro Americana), considerando los tipos de liga que la SIECA recomienda, siendo estos: emulsión asfáltica CSS-1h y asfalto rebajado RC-250.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que en El Salvador las tasas de riego de liga para la adherencia de carpetas asfálticas y el tipo de ligante asfáltico a utilizar son propuestos por la SIECA (Secretaría de Integración Económica Centro Americana), que propone un rango de tasas de aplicación de 0.15 a 0.70 lts/m², es por ello que queda a criterio del constructor y supervisor que tasa considerar, siendo éstos cercanos o lejanos a los límites superiores o inferiores propuestos por la SIECA. Además no considerando para estos rangos las condiciones granulométricas de la carpeta asfáltica a ligar.

Es debido a esto, que es importante realizar una investigación de la evaluación del contenido óptimo de riego de liga que garantice la mayor adherencia entre capas asfálticas en caliente, para la cuál se utilizará el método de resistencia al corte por cizallamiento que propone La Universidad de Cataluña España, Universidad NCAT de AUBURD en Estados Unidos, Universidades de Colombia y La Universidad de Chile, donde, siguiendo el procedimiento metodológico de ensayo, se ha logrado evaluar diferentes tipos de ligantes asfálticos, así como sus diferentes tasas de aplicación que garantice la mejor adherencia entre carpetas asfálticas.

Esta propuesta de evaluación se realiza con la prensa hidráulica Marshall, con un molde que se coloca en posición horizontal y que posteriormente a ello se somete a una carga de corte por cizallamiento.

Con el trabajo de graduación se pretende evaluar diferentes tasas de aplicación, así como diferentes ligantes y diferentes granulometrías de mezclas asfálticas a adherir, y con ello proponer contenidos óptimos y ligantes para una determinada combinación de granulometrías, donde se avalúe la adherencia entre carpetas densas fina, densa gruesa y la unión de ambas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar por medio de ensayo de laboratorio de resistencia al corte por cizallamiento la optimización del riego de liga, en la colocación de carpetas asfálticas en caliente y reparadas.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar el comportamiento de diferentes ligantes asfálticos para adherir dos capas asfálticas, evaluando para ello, la combinación de adherencia en dos mezclas asfálticas de granulometría densas fina, dos mezclas de granulometría densa gruesa y la adherencia entre una granulometría densa fina con una granulometría densa gruesa.
- ✓ Evaluar la metodología de resistencia al corte por cizallamiento en las mezclas asfálticas, para determinar el tipo y contenido de ligante asfáltico a utilizar, que mejore la adherencia de las carpetas asfálticas.

- ✓ Evaluar la eficiencia para adherir carpetas asfálticas de los ligantes asfálticos siguientes: Emulsión asfáltica CSS-1h, Emulsión asfáltica CRS, Emulsión asfáltica CRS-2P, asfalto virgen AC-30 y asfalto rebajado RC-250.
- ✓ Evaluar si los rangos de tasa de riego propuestas por SIECA garantizan la mejor adherencia entre carpetas asfálticas.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 ALCANCES

- Se evaluará, el contenido óptimo y tipo de ligante asfáltico que garantice la mejor adherencia entre carpetas asfálticas nuevas mediante el ensayo de resistencia al corte por cizallamiento
- Se evaluará la influencia de los ligantes asfálticos para adherir diferentes granulometrías de las mezclas asfálticas, cuyos diseños de mezcla serán proporcionados por Constructora DISA. S.A. de C. V.
- Se conocerá el tipo y tasa de ligante asfáltico que garantice la mejor adherencia entre carpetas asfálticas, que será aquella que nos dé el valor más alto de esfuerzo de resistencia al corte.

1.5.2 LIMITACIONES

- ✓ El riego de liga es un tema que no tiene mucha investigación, por lo tanto la bibliografía acerca del tema en nuestro país es un poco escasa.

- ✓ El método de aplicación para la investigación está, limitada a la cooperación de la empresa DISA. S.A. de C.V., que proporcione sus instalaciones y equipo de laboratorio para la ejecución de los ensayos.
- ✓ El riego de liga es una práctica utilizada para adherir carpetas asfálticas cuya finalidad es garantizar que las capas asfálticas funcionarían monolíticamente, éste es un tema que no ha sido evaluado en nuestro país y por lo tanto no se cuenta con ninguna bibliografía a la cuál se puede hacer referencia en nuestro país ni en Centro América.
- ✓ No se tratara el riego de liga entre Capeta Asfáltica y base granular o estabilizada.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En nuestro país el de riego de liga para adherir carpetas asfálticas es un método que se realiza siguiendo las recomendaciones de tasas de riego recomendadas por la SIECA 2004, estas especificaciones no hacen referencia a ningún ensayo que nos garantice una tasa de riego óptima según el tipo de granulometría de carpeta asfáltica a colocar.

Según investigaciones realizadas sobre fallas de capas de rodadura en la estructura del pavimento, se ha determinado y concluido que una de las causas de esta falla es debido a una deficiente adherencia entre las capas, quedando en evidencia la inexistencia de antecedentes sobre los factores que influyen en la obtención del monolitismo de la carpeta.

Una serie de pruebas de laboratorio han sido desarrolladas a nivel mundial, con el objetivo de proporcionar criterios unificados que nos permitan seleccionar contenidos óptimos y tipos de ligantes según requerimientos de los proyectos.

Sin embargo en nuestro país no existe una normativa general que nos permita la selección del ligante asfáltico a utilizar según las condiciones de nuestros proyectos, por lo tanto es necesario ejecutar este trabajo de investigación que nos permitirá medir la resistencia de adherencia entre dos capas de asfalto, mediante un ensayo de corte directo realizado a probetas cilíndricas unidas con diferentes ligantes asfálticos, confeccionadas en dos capas simulando el proceso constructivo de una carpeta asfáltica.

CAPÍTULO II

2.1 ANTECEDENTES GENERALES

2.1.1 IMPORTANCIA DEL RIEGO DE LIGA

En la construcción de una carretera en donde la capa de rodamiento está constituida por dos capas asfálticas que se suponen que van a estar totalmente unidas, trabajando de forma solidaria. Para ello, durante su construcción, se procede a la aplicación de un riego de adherencia o “riego de liga”, la cual es una aplicación ligera de emulsión asfáltica o asfalto rebajado sobre un pavimento existente, para asegurar la adherencia entre la superficie de las capas asfálticas que se superpone.

Dos características esenciales del riego de liga son: (a) debe ser muy delgado y (b) debe cubrir uniformemente el área a ser pavimentada de forma que el comportamiento de todas ellas sea lo más parecido a un elemento monolítico, Figura N° 2.1 Sin embargo, la experiencia ha puesto de manifiesto que esta unión no siempre se consigue, ocasionando deterioros prematuros en el pavimento y una reducción de su vida de servicio.

Mencionado así algunos artículos al respecto de problemas con el mal riego de liga:

Van Dam¹. En un informe de la Administración Federal de Aviación y Shahin¹ en dos artículos de revistas independientes, informaron sobre los efectos del deslizamiento de las capas de un pavimento de Mezclas Asfálticas en Caliente (HMA), y sobre el comportamiento del pavimento utilizando diversos modelos mecanicistas. Los autores informaron que incluso un ligero deslizamiento de una superposición, provoca una

¹ Van Dam y Shahin. 2005. exponen sus investigaciones en Informes técnicos. consultado en mayo de 2013. Página 33. Disponible en
(http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/pavement/primetack/documents/05_chapter3_review_tech_reports.pdf)

redistribución de las tensiones dentro de un pavimento. El deslizamiento entre capas en la superposición llega a causar grandes deformaciones por tracción que se producen en la parte inferior de la superposición. Si se ha producido el deslizamiento, cargas horizontales sólo puede recibir ayuda de la capa que resbaló y la resistencia a la fatiga del pavimento podría convertirse en una función de la vida de fatiga de sólo la superposición, reduciendo en gran medida la vida de fatiga de todo el pavimento.

Uzan². Utilizaron el análisis matemático para demostrar que las distribuciones de esfuerzos en las interfaces de capa son afectadas por condiciones de interfaz y que un débil enlace de interfaz entre las capas del pavimento podría dar lugar a grietas en forma de medialuna en la superficie. Hachiya² y Sato² demostraron a través de análisis mecanicista que pueden ocurrir deslizamiento de capas o separación, si las tensiones de cizallamiento en la interface logran superar su resistencia al corte. Y por lo anteriormente expuesto concluyeron que las Consecuencias del Deslizamiento de las Capas Asfálticas son las siguientes:

- Van Dam.¹ Informo de que la falta de unión entre las capas de un pavimento de asfalto acorta la vida útil del pavimento tan drásticamente que las medidas adecuadas se deben tomar durante la construcción para asegurar la unión.

² Uzan, Dunston, Hachiya y Soto. 2005. exponen sus investigaciones en Informes técnicos. consultado en mayo de 2013. Páginas 34 y 36 Disponible en (http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/pavement/primetack/documents/05_chapter3_review_tech_reports.pdf)

- Shahin¹. Ha informado de que un pavimento con una capa deslizada requeriría la eliminación o la sustitución en lugar de un segundo recubrimiento debido al grosor excesivo de recubrimiento adicional requerido para mantener los esfuerzos de tracción por debajo de los niveles aceptables.
- Dunston². Informó que el riego de liga inadecuado, quizás a través de la circulación del tráfico, después de la construcción, contribuyó a la rotura de un HMA durante la compactación.

La adherencia final conseguida entre capas depende no sólo de cómo se haya realizado el riego, de que la dosis sea la apropiada, de que se haya adherido bien a la capa inferior, o de que el tráfico de obra no lo haya levantado, sino también de cómo se ha ejecutado la nueva capa. Sin embargo, durante la fase de construcción, esta propiedad apenas se controla. El control se reduce a una mera inspección visual del riego efectuado y al control de la dotación del mismo, pero no se verifica la calidad final conseguida en la adherencia de las capas, que es lo que en realidad se debería medir

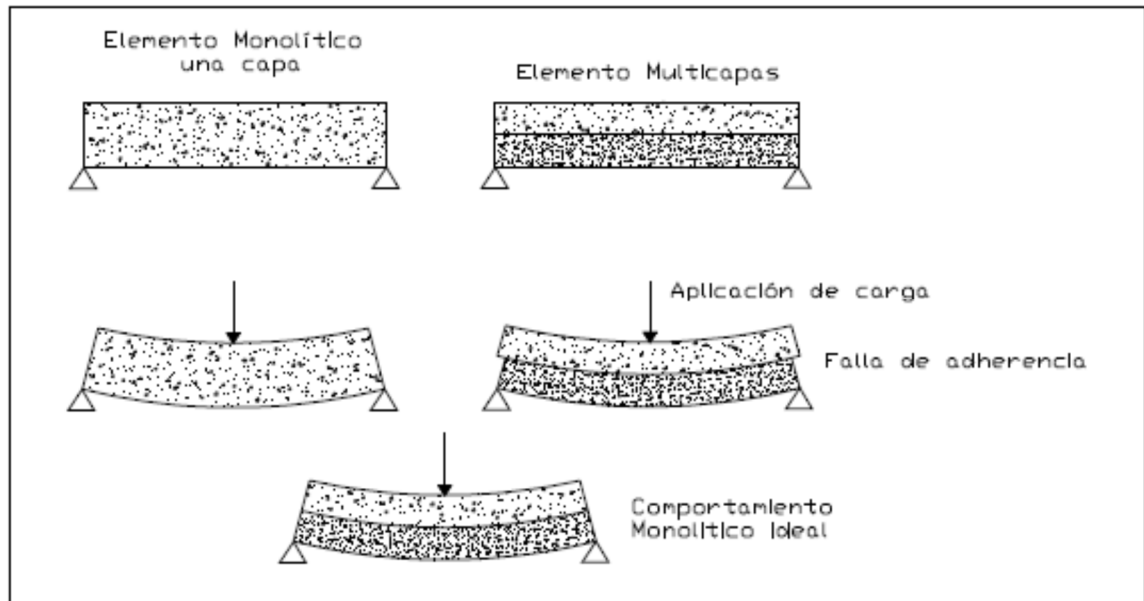


FIGURA N° 2.1

Comparación de Viga Monolítica y Viga Multicapa

Fuente: Tesis de universidad de Chile de nombre, "Estudio Experimental de la Resistencia de la Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas asfálticas en caliente"



FIGURA N° 2.2
Riego de liga Uniforme



FIGURA N° 2.3
Superficie no uniforme

Fuente: página web³

³ Directrices riego de liga del estado de California, Departamento de Transporte, División de Construcción, Abril 2009. Consultado Mayo de 2013. Disponible en (<http://www.dot.ca.gov/hq/construc/publications/tackcoatguidelines.pdf>)



FIGURA N°2.4
Comparación de riego de liga no uniforme
Fuente: de página web4

2.1.2 CONDICIÓN QUE DEBE TENER LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO PARA RECIBIR EL RIEGO DE LIGA

La superficie del pavimento de la recepción de la capa ligante, debe estar limpia y seca para promover la máxima unión. Los Materiales para capa ligante se pueden aplicar a pavimento fresco y / o húmedo.

La Aplicación de riego de liga debe resultar en una capa fina y uniforme de material ligante ya se emulsión asfáltica o asfalto rebajado, que cubre aproximadamente el 90% de la superficie del pavimento. Para lograr este resultado, la tasa de aplicación variará sobre la base de la condición del pavimento de la recepción de la capa ligante; Demasiado o poco riego de liga puede dar lugar a la unión inadecuada entre capas; El exceso de riego de liga puede crear un plano de deslizamiento lubricado entre capas, o puede hacer que el material de riego de liga que se introduce en una superposición, lo que afecta negativamente a las propiedades de la mezcla e incluso la

⁴ Directrices riego de liga del estado de California, Departamento de Traspote, División de Construcción, Abril 2009. Consultado Mayo de 2013. Disponible en (<http://www.dot.ca.gov/hq/construc/publications/tackcoatguidelines.pdf>)

creación de un potencial sangrado en las capas delgadas, tabla 1.1 muestra las tasas de aplicación recomendadas de pavimentos flexibles de Ohio (2001)⁵.

Pavement Condition existente	Tasa de aplicación en litros / m ² (gal / yd ²)		
	Residual	Sin diluir	Se diluyó 1:1 con agua
Nueva HMA	0,14 a 0,18 (0,03-0,04)	0,23 a 0,32 (0,05 a ,07)	0,45 a 0,59 (0,10 hasta 0,13)
HMA oxidado	0,18 a 0,27 (0,04 a 0,06)	0,32-0,45 (desde 0,07 hasta 0,10)	Desde 0,59 hasta 0,91 (0,13 a 0,20)
Superficie fresada HMA	0,27 hasta 0,36 (0,06 a 0,08)	0,45 a 0,59 (0,10 hasta 0,13)	0,91-1,22 (0,20-0,27)
Superficie fresada PCC	0,27 hasta 0,36 (0,06 a 0,08)	0,45 a 0,59 (0,10 hasta 0,13)	0,91-1,22 (0,20-0,27)
Concreto de Cemento Portland PCC	0,18 a 0,27 (0,04 a 0,06)	0,32-0,45 (desde 0,07 hasta 0,10)	Desde 0,59 hasta 0,91 (0,13 a 0,20)
Residuos: La tasa de aplicación de sólo el contenido de aglutinante de asfalto de la emulsión sin diluir: La tasa de aplicación de la emulsión sin diluir diluido 1:1 con agua: La tasa de aplicación de una emulsión se diluyó 1:1 con agua			

TABLA N° 2.1

Tasas de aplicación de riego de liga Recomendados de emulsión en pavimentos flexibles de Ohio (2001) Boletín Técnico: correcta Aplicación del riego de liga (19Sept2012)

2.1.3 CONSIDERACIONES DE TIPO BÁSICOS EN LA APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA

1. La rugosidad de la superficie del pavimento al recibir el riego de liga: Las superficies rugosas requieren más riego de liga que las superficies lisas. Por ejemplo, el fresado produce una, superficie ranurada áspera, lo que aumentará el área de superficie de pavimentos existentes en comparación con una superficie lisa. (figura 2.3)

⁵ Departamento de Transporte de Texas, Estados Unidos de América. Boletín Técnico. Correcta Aplicación del riego de liga. 2011. Capítulo 6 Sección 3. Consultado mayo de 2013. Disponible en (http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/pdm/pavement_surface_preparation.htm)

2. Vehículo Distribuidor: Varios ajustes relacionados con vehículos son fundamentales para lograr la colocación de riego de adherencia uniforme. (figuras 2.3 y 2.4) Esencialmente, los patrones de rociado, altura de la barra de spray y de la presión de distribución deben trabajar juntos para producir la aplicación uniforme de riego de liga. En general, las mejores aplicaciones de los resultados de un "doble vuelta" o la cobertura de "triple vuelta". "Doble / triple de vuelta" significa que los patrones de rociado de la boquilla se solapan entre sí de tal manera que cada porción de la zona recibe aerosol de exactamente dos / tres boquillas, figura 2.5

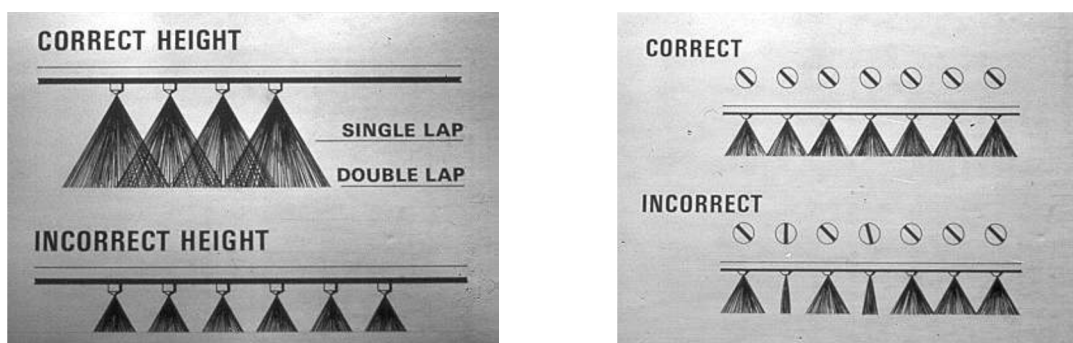


FIGURA N° 2.5

Fuente: Departamento de Transporte de Texas, Estados Unidos de América. Boletín Técnico, correcta Aplicación del riego de liga (2011)

3. Patrones de aerosol de la boquilla deben ser idénticos el uno al otro a lo largo de una barra de spray del distribuidor. Las diferentes coberturas se traducirán en vetas y brechas en el riego de liga.
4. La altura de la barra de spray debe permanecer constante cuando se aplica una capa ligante. La barra de spray excesivamente baja da lugar a rayas, mientras que

las barras de spray excesivamente altas causan solapamiento que se produce en una tasa de aplicación excesiva.

5. La presión dentro del distribuidor debe ser capaz de forzar el material de riego de liga a cabo las boquillas de spray a una velocidad constante. Presión inconsistente dará lugar a tasas de aplicación no uniforme.
6. Temperatura dentro del distribuidor debe mantenerse entre aproximadamente 24° C (75° F) y 54° C (130° F). El exceso de calor puede causar que la emulsión se rompa cuando aún estaba en el distribuidor. (CONSIDERACIÓN PARA EL CASO DE UTILIZAR EMULSIÓN ASFÁLTICA), Véase la Figuras (2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11).



FIGURA N° 2.6
Camión Distribuidor del riego de liga



FIGURA N° 2.7
Distribuidor del aerosol del carro Bar



FIGURA N° 2.8
Panel de control de Distribuidor riego de liga



FIGURA N° 2.9
Secadora Jet utiliza Antes del Distribuidor riego de liga



FIGURA N° 2.10
Aplicación del riego de liga



FIGURA N° 2.11
Aplicación del riego de liga Mostrando área de cobertura con Boquilla

Fuente de pagina web⁶

⁶ Departamento de Transporte de Texas, Estados Unidos de América. Boletín Técnico. Correcta Aplicación del riego de liga. 2011. Capítulo 6 Sección 3. Consultado mayo de 2013. Disponible en (http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/pdm/pavement_surface_preparation.htm)

2.2 LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

2.2.1 HISTORIA DE LA EMULSIÓN DE ASFALTO

Las emulsiones se desarrollaron por primera vez en el año 1900. Su uso inicial fue en aplicaciones de pulverización y como paliativos de polvo. El crecimiento en el uso de emulsiones de asfalto fue relativamente lento, limitados por el tipo de emulsiones disponibles y la falta de conocimiento en cuanto a la forma en que deben ser utilizadas. Continuando con el desarrollo de nuevos tipos y grados, junto con la mejora de equipos y prácticas de construcción, ahora ofrece una amplia gama de opciones. Prácticamente cualquier requerimiento en carretera se puede cumplir con las emulsiones. Una Selección juiciosa en su uso puede producir beneficios económicos y ambientales.

Los asfaltos provenientes de la refinación del crudo de petróleo, son producidos en una variedad de tipos y grados que van desde sólidos duros y frágiles a líquidos poco viscosos. EL asfalto empleado en pavimentación para poder utilizarlo es necesario fluidificarlo, bien sea calentándolo, diluyéndolo o emulsionándolo. El tercer método gasta menos energía que el calentamiento directo y no produce contaminación ambiental, ya que se evapora agua en lugar del solvente que se utiliza en la dilución

Una emulsión asfáltica consiste en una fina dispersión de partículas de asfalto en agua, las pequeñas gotas de asfalto se mantiene uniformemente dispersadas en la fase acuosa

gracias a la ayuda de un agente emulsificante que al rodear la gota proporciona la repulsión necesaria para conservar la estabilidad del sistema hasta su uso⁷.

2.2.2 COMPONENTES DE UNA EMULSIÓN ASFÁLTICA

Una emulsión asfáltica consiste de tres ingredientes básicos: Asfalto, agua y un emulsificante. En algunas ocasiones, la emulsión puede contener otros aditivos, como estabilizantes, mejoradores de recubrimiento, mejoradores de adherencia, o un agente de control de rotura. Los aspectos más importantes, así como las características y/o especificaciones que debe cumplir.

Los principales usos de la emulsión asfáltica.

Los Usos Principales de las Emulsiones Asfálticas		
Tratamientos de Superficie	Reciclado de Asfalto	Otras Aplicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Riego pulverizado • Sellado con arena • Lechadas • Micro aglomerado • "Cape seal" 	<ul style="list-style-type: none"> • Frío in-situ • Full depth • Caliente in-situ • En planta central 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilización (suelo y base) • Riegos de liga • Bacheo de mantenimiento • Paliativos de polvo • Riegos de imprimación • Sellado de fisuras • Recubrimientos de protección

TABLA N° 2.2

Tomada de manual básico de emulsiones asfálticas, manual serie número 19 (MS-19)

2.2.3 ORIGEN DEL ASFALTO

El asfalto es el elemento básico en la preparación de la emulsión, representado por el cemento asfáltico, el cual constituye entre un 50 y un 75% de la emulsión. Algunas de

⁷ Emulsión Asfáltica. Marzo de 2013. Consultado mayo de 2013 disponible en (<http://www.buenastareas.com/ensayos/Emulcion-Asfaltica/23774712.html>)

sus propiedades afectan significativamente la emulsión final, sin embargo, no existe una correlación exacta entre las propiedades del asfalto y la facilidad con que el asfalto pueda ser emulsionado. En efecto, el asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos, en el cual es difícil establecer una distinción clara entre la fase continua y la dispersa. Las primeras experiencias para describir su estructura, fueron desarrolladas por Nellensteyn en 1924, cuyo modelo fue mejorado más tarde por Pfeiffer y Saal en 1940, en base a limitados procedimientos analíticos disponibles en aquellos años. 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 los asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfáltenos, denominada máltenos. Las resinas contenidas en los máltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera insolubles asfáltenos. Los máltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites.

En este mismo sentido, 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, a veces casi en su totalidad. Sin embargo, existen algunos 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 kerosene de la base asfáltica mediante la vaporización, fraccionamiento y condensación de las mismas. En consecuencia, el asfalto es obtenido como un producto residual del proceso anterior. 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 alquitrán tiene bajo contenido de betún, mientras que el asfalto está compuesto casi enteramente por betún, entre otros compuestos. El asfalto de petróleo 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. El crudo de petróleo es una mezcla de distintos hidrocarburos que incluyen desde gases muy livianos como el metano hasta compuestos semisólidos muy complejos. Para obtener éste, deben separarse las distintas fracciones del crudo mediante destilación.

2.2.4 CLASIFICACIÓN DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

Las emulsiones asfálticas se clasifican en tres categorías: Aniónicas, Catiónicas, y no Iónicas. En la práctica, los dos primeros tipos son los más utilizados en la construcción y mantenimiento de carreteras.

Las clases Aniónicas y Catiónicas se refieren a las cargas eléctricas que rodean las partículas de asfalto. Este sistema de identificación se debe a una ley básica de la electricidad: como cargas iguales se repelen entre sí y cargas contrarias se atraen entre sí.

Cuando dos polos (ánodo y cátodo) se sumergen en un líquido y una corriente eléctrica pasa a través de ellos, se convierte en el ánodo cargado positivamente y un cátodo cargado negativamente. Si se pasa una corriente a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, que migrarán al ánodo. Por lo tanto, la emulsión se conoce como Aniónica. Por el contrario, las partículas de asfalto cargados positivamente se mueven hacia el cátodo y la emulsión se conoce como Catiónica. Con emulsiones no Iónicas, las partículas de asfalto son neutrales y no migran a los polos.

Las emulsiones se clasifican sobre la base de la rapidez con que las gotitas de asfalto tardan en fusionarse, (es decir, volver a cemento asfáltico). Los términos RS, MS, SS y QS han sido aprobados para simplificar y estandarizar la clasificación, son términos relativos y sólo significa curado rápido, curado mediano, curado lento y de endurecimiento rápido respectivamente. La tendencia a fusionarse está estrechamente

relacionada con la velocidad con que una emulsión se volverá inestable y romper después de contactar la superficie de un agregado. Una emulsión RS tiene poco o ninguna capacidad para mezclarse con un agregado, emulsiones SS y QS están diseñados para mezclarse con agregado fino, con el QS espera romper más rápidamente que el SS. Las emulsiones se identifican además por una serie de números y letras relacionadas con la viscosidad de las emulsiones y la dureza de los cementos de asfalto base. La letra "C" frente al tipo de emulsión denota Catiónica. La ausencia de la "C" denota Aniónica.

American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en sus especificaciones las clasifican. Por ejemplo, RS-1 es Aniónica y el SRC-I es Catiónica.

Los números en la clasificación indican la viscosidad relativa de la emulsión. Por ejemplo, un MS-2 es más viscoso que un MS-1. La letra "h" que sigue ciertos grados simplemente significa que se utiliza base de asfalto grado duro. La "s" significa que asfalto base blanda.

El "HF" que precede a algunos de los grados Aniónicas indica alta flotador (High Float)⁸, tal como se mide por la prueba de flotador bajo la norma ASTM D-139. Emulsiones High Float tienen una calidad de gel, impartida por la adición de ciertos productos químicos, que permite una película de asfalto más gruesa en las partículas de agregado y evita que escurra el asfalto del agregado. Estos grados se utilizan

⁸ Emulsiones asfálticas, usos-rompimiento.2008, Laboratorio de Formulación, Interfaces Reología y Procesos. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Química. Mérida Venezuela versión número 1, página número 9 del documento en mención.

principalmente para el frío y la planta de mezcla en caliente, capas de sellado y mezclas para carreteras.

Notaciones emulsión asfálticas

Las siguientes notaciones se utilizan típicamente para la identificación de los diferentes grados de emulsión:

SÍMBOLO O NOMENCLATURA	SIGNIFICADO
SS	rompimiento lento
RS	rompimiento rápido
QS	rompimiento instantánea
LM	modificado con Latex
HF	nivel alto para flotar
PM	modificado con polímeros
1	baja viscosidad
2	alta viscosidad
h	Asfalto de grado duro (baja penetración)

TABLA N° 2.3

Fuente: Tack Coat Guidelines Issued by Division of Construction California Department of Transportation State of California April 2009 (Directrices para un riego de liga emitido por División de Construcción Departamento de Transporte de California Estado de California abril 2009)

Los siguientes son ejemplos de cómo se utilizan estas notaciones:

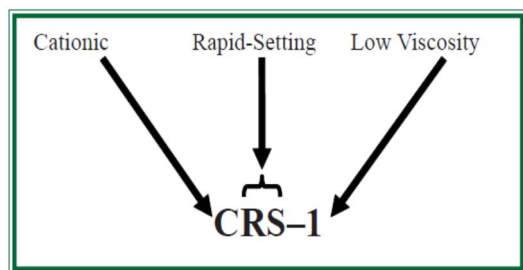


FIGURA N° 2.12
ejemplo de una clasificación de emulsión asfáltica

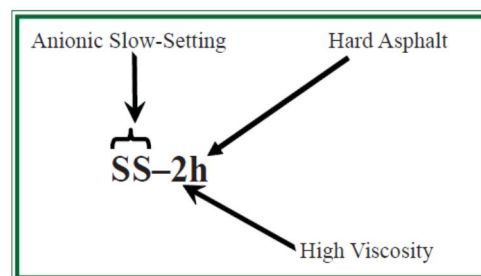


FIGURA N° 2.13
ejemplo de una clasificación de emulsión asfáltica

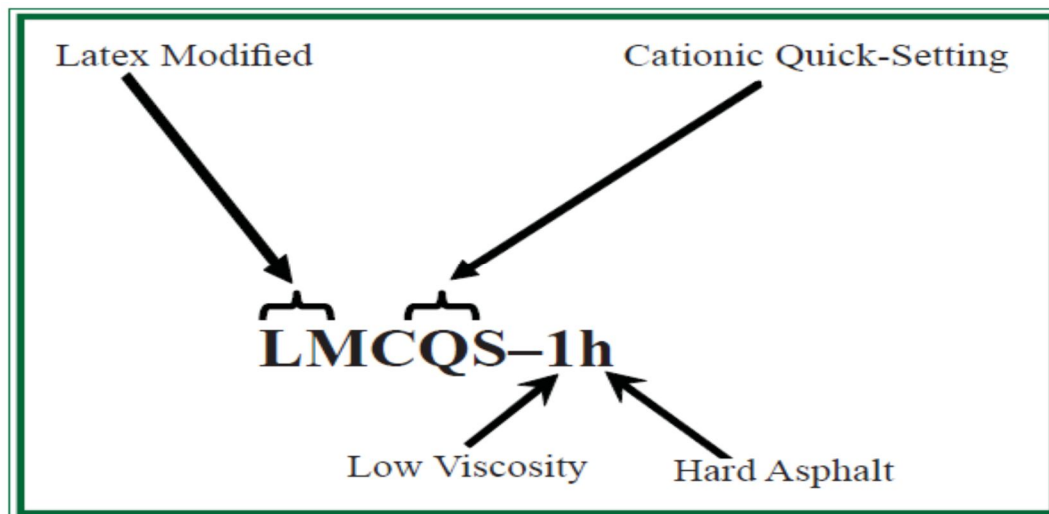


FIGURA N° 2.14 Ejemplo de clasificación de una emulsión asfáltica. Fuente⁹

Las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) y AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes) han desarrollado especificaciones estándar para estos grados de emulsión:

Asphalt Emulsion	Cationic Asphalt Emulsion
(ASTM D977, AASHTO M140)	(ASTM D2397, AASHTO M208)
RS-1	CRS-1
RS-2	CRS-2
HFRS-2	—
MS-1	—
MS-2	CMS-2
MS-2h	CMS-2h
HFMS-1	—
HFMS-2	—
HFMS-2h	—
HFMS-2s	—
SS-1	CSS-1
SS-1h	CSS-1h

TABLA N° 2.4

Fuente: manual básico de emulsiones asfálticas, manual serie número 19 (MS-19)

⁹ Tack Coat Guidelines Issued by Division of Construction California Department of Transportation State of California April 2009 (Directrices para un riego de liga emitido por División de Construcción Departamento de Transporte de California Estado de California abril 2009). Consultado Marzo de 2013

2.3 DEFINICIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ENSAYO A UTILIZAR

2.3.1 FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS

Las probetas fabricadas en laboratorio están formadas por dos capas asfálticas, entre las que se extiende el riego de liga a estudiar. Las capas asfálticas se compactan por impacto, mediante el martillo Marshall, aplicando 100 golpes en la cara superior. Una vez realizada la primera capa, ésta se debe dejar enfriar. Para realizar el ensayo siempre en las mismas condiciones, de forma que no afecte el betún de la mezcla.

Cuando la superficie está seca, se extiende la dotación escogida de la emulsión a analizar mediante una pistola para pintar y se deja el tiempo suficiente para que la emulsión rompa. Luego, se vierte la mezcla bituminosa en caliente y se compacta por impacto, mediante el martillo Marshall, aplicando 50 golpes en la cara superior la que será la capa superior. Finalmente, se extruye la capa superior de forma que la junta quede en el exterior del molde, a 5 mm de separación, Figura N° 2.15.

El mismo procedimiento de ensayo se puede aplicar sobre testigos obtenidos de obra. Los testigos, que como mínimo estarán formados por dos capas, se introducen en una mordaza cilíndrica, Figura N° 2.16 y Figura 2.17, la cual, mediante una serie de tuercas, permite confinarlos en la posición requerida, de forma análoga a las probetas en los moldes.

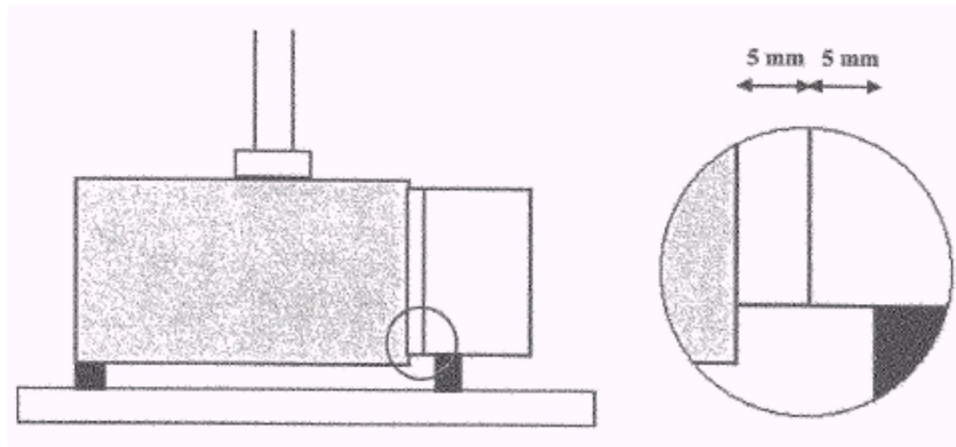


FIGURA N° 2.15

Disposición de la probeta en la prensa durante la realización del ensayo.

Fuente de Tesis de Universidad de Chile de nombre: "Estudio Experimental de la Resistencia de la a Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas Asfálticas en Caliente"

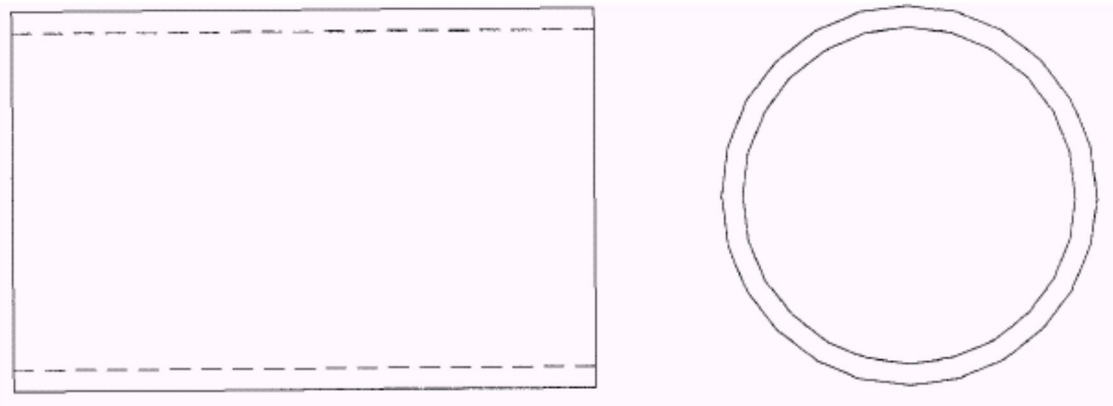


FIGURA N° 2.16

Moldes para la fabricación y el ensayo de probetas

Fuente de Tesis de Universidad de Chile de nombre: "Estudio Experimental de la Resistencia de la a Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas Asfálticas en Caliente"

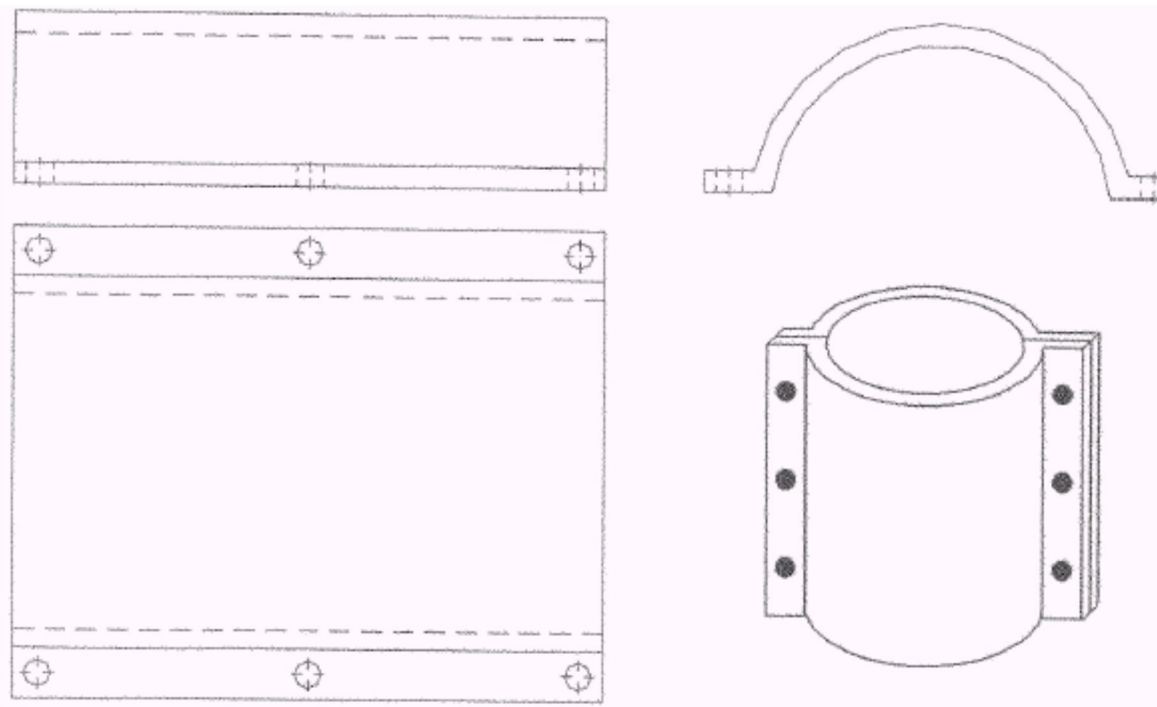


FIGURA N° 2.17

Mordazas para el ensayo de testigos.

Fuente de Tesis de Universidad de Chile de nombre: "Estudio Experimental de la Resistencia de la Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas Asfálticas en Caliente"

2.3.2 ENSAYO DE CORTE LCB

Para este estudio se utilizará un nuevo ensayo de corte desarrollado en la Universidad de Cataluña, España, el LCB (Laboratorio de Caminos de Barcelona), de ejecución muy sencilla, capaz de medir la resistencia a las tensiones tangenciales provocadas por la aplicación de una fuerza de corte que se producen en la unión de dos capas asfálticas, adheridas o no por un riego de liga. También se mide la deformación de una de las capas respecto la otra. Este ensayo permite tanto el control de la calidad alcanzada en obra mediante la rotura de testigos, como la evaluación del efecto de diferentes riegos de liga mediante la rotura de probetas fabricadas en el laboratorio.

El análisis de fuerzas se basa en un modelo, indicado en la Figura N° 2.18. La parte A se considera totalmente rígida, indeformable, mientras que la parte B representa la capa asfáltica superior. Se supone que se produce un esfuerzo de corte puro y que no existen esfuerzos de flexión.

Si aplicamos una carga P en la mitad de la luz de la viga, la ecuación que da el valor de las tensiones tangenciales sobre la junta es:

$$\tau = \frac{P/2}{S}$$

τ : Tensión tangencial sobre la junta.

P : Carga aplicada.

S : superficie de la sección transversal de la probeta.

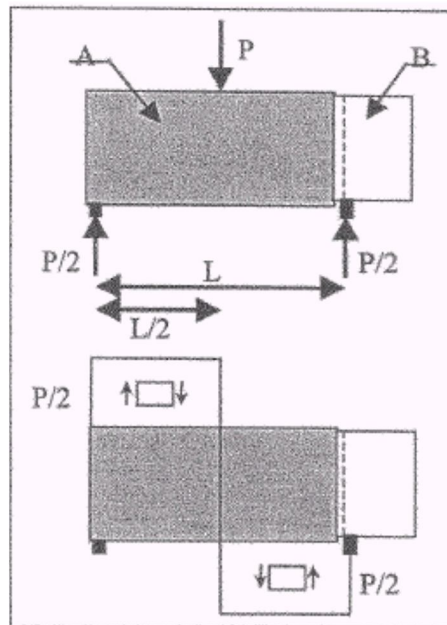


FIGURA N° 2.18

Esquema de fuerzas y tensiones actuantes sobre la disposición de la probeta. Fuente de Tesis de Universidad de Chile de nombre: "Estudio Experimental de la Resistencia de la Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas Asfálticas en Caliente"

2.3.3 REALIZACIÓN DEL ENSAYO

La ejecución del ensayo se lleva a cabo colocando las probetas o testigos sobre una base con dos puntos de apoyo separados 20 cm, Figura N° 2.19, que se coloca sobre el pistón de la prensa, aplicando una carga a velocidad de deformación constante de 1.27 mm/min.

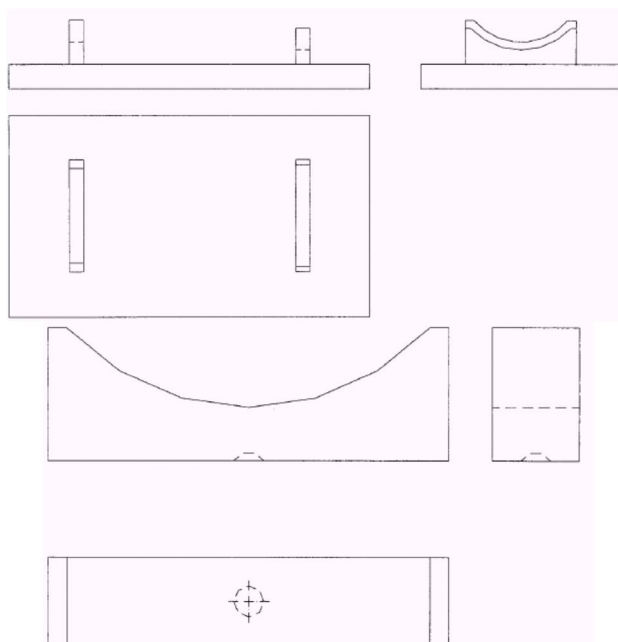


FIGURA N° 2.19

Bases para el ensayo de probetas y testigos.

Fuente de Tesis de Universidad de Chile de nombre: "Estudio Experimental de la Resistencia de la Adherencia entre Capas en la Construcción de Carpetas Asfálticas en Caliente"

2.3.4 RESULTADOS DEL ENSAYO

Durante el ensayo se registra la variación de carga con el desplazamiento del pistón de la prensa mediante un equipo informático adecuado, determinándose:

- Resistencia máxima a cortante

- Deformación correspondiente a la resistencia máxima
- Deformación en rotura
- Energía de rotura

2.4 VARIABLES SIGNIFICATIVAS A CONTROLAR

Se elegirán como variables de estudio aquellas que son controlables durante el proceso constructivo o que representan algún tipo de condición o posible problema durante esta etapa, entre los factores que podrían controlar la resistencia al corte se eligieron los siguientes:

- Mezcla Asfáltica.
- Tipo de Emulsión.
- Grado de Dilución.
- Dosis de Riego.
- Tiempos de rotura.
- Propiedades físicas y químicas de las emulsiones.
- Contaminación del Riego con Polvo.
- Contaminación del Riego con Agua.
- Temperatura de Compactación de la segunda capa.

CAPÍTULO

III

ETAPA EXPERIMENTAL

3.1 PROGRAMA DE TRABAJO

El desarrollo del trabajo de investigación contempla la comparación a la resistencia al corte por cizallamiento de tres emulsiones diferentes, un asfalto virgen y un asfalto rebajado de uso común. Se busca obtener el contenido óptimo de dosis de riego del ligante para obtener la mayor adherencia por metro cuadrado y se definirá cual ligante se comporta más satisfactoriamente al unir dos Carpetas Asfálticas en caliente.

Se investigara cual es la tasa de riego de liga que genere la máxima resistencia al corte por cizallamiento, buscando obtener con esto las máximas resistencias al corte por cizallamiento de cada ligante en estudio, para así construir una tabla donde dichos valores contemplaran la máxima resistencia de cada ligante en estudio.

El procedimiento de ensayo de cada una de las pruebas será realizado siguiendo la metodología propuesta por la Universidad de Cataluña, España, del Laboratorio de Caminos de Barcelona. (LCB).

3.2 ELABORACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Las mezclas asfálticas que se estudiarán serán las mezclas asfálticas en caliente, una densa fina y una densa gruesa.

Las mezclas asfálticas serán proporcionadas por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V., con el diseño que ellos trabajan las mezclas de granulometría densa fina y granulometría densa gruesa

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

3.3.1 AGREGADO MINERAL

Los agregados minerales que componen la mezcla asfáltica son los siguientes:

- a) Grava de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada, mal graduada, de color gris oscuro, procedente de hacienda Las Palmeras,
- b) Grava de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada, mal graduada, de color gris oscuro, procedente de hacienda Las Palmeras
- c) Arena triturada mal graduada, gris claro, procedente de la Cantera S.A. de C.V.

A continuación con la tabla siguiente se dan a conocer las propiedades de los agregados pétreos, cuyos ensayos se han realizado en fechas recientes.

ENSAYO	Norma ASTM	Norma AASHTO	Grava de 3/4"	Grava de 1/2"	Arena triturada	especificación
Gravedad Especifica Seca	C-127	T-85	2.601	2.59	-	N/A
Absorción de Agua	C-127	T-85	1.97%	2.30%	-	N/A
Grumos de Arcillas y partículas desmenuzables	C-142	-	0.02%	0.37%	-	N/A
Resistencia a la Abrasión en la Maquina de Los Ángeles	C-131	T-96	20.00%	25.40%	-	35.00%
Índice de Durabilidad	D-3744	T-210	96.00%	95.00%	-	35.0% min.
Disgregabilidad (Sanidad) en Sulfato de sodio	C-88	T-104	0.35%	0.32%	-	12% max.
Ensayo de partículas de Caras Fracturadas	D-5821	-	100%	100%	-	-
Ensayo de partículas planas y alargadas	D-4791	-	5.80%	4.70%	-	10% max.
Gravedad Especifica Seca agregado Fino	C-128	T-84	-	-	2.575	N/A
Absorción de Agua agregado Fino	C-128	T-84	-	-	1.46%	N/A
Equivalente de Arena agregado Fino	D-2419	T176	-	-	59.14%	45.0% min.
Índice de Durabilidad agregado Fino	D-3744	T-210	-	-	62.40%	40.0% min.

TABLA N° 3.1

Resultados de ensayos de laboratorio a los agregado pétreos de tamaño máximo nominal de ¾, ½ y Arena triturada proporcionados por la empresa DISA Constructora

3.3.2 CEMENTO ASFÁLTICO A UTILIZAR

El cemento asfáltico utilizado para la producción de Mezcla Asfáltica, es producido por la refinería Petrolera PERENCO GUATEMALA, corresponde a un asfalto AC-30 ASTM D 3381.

Los Cementos asfálticos AC – 30 son aquellos fabricados a partir de la base asfáltica que proviene de los fondos de la destilación al vacío de crudos seleccionados y cuya característica de viscosidad está comprendida entre 2400 – 3600 poises a 60°C.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO ASFÁLTICO.

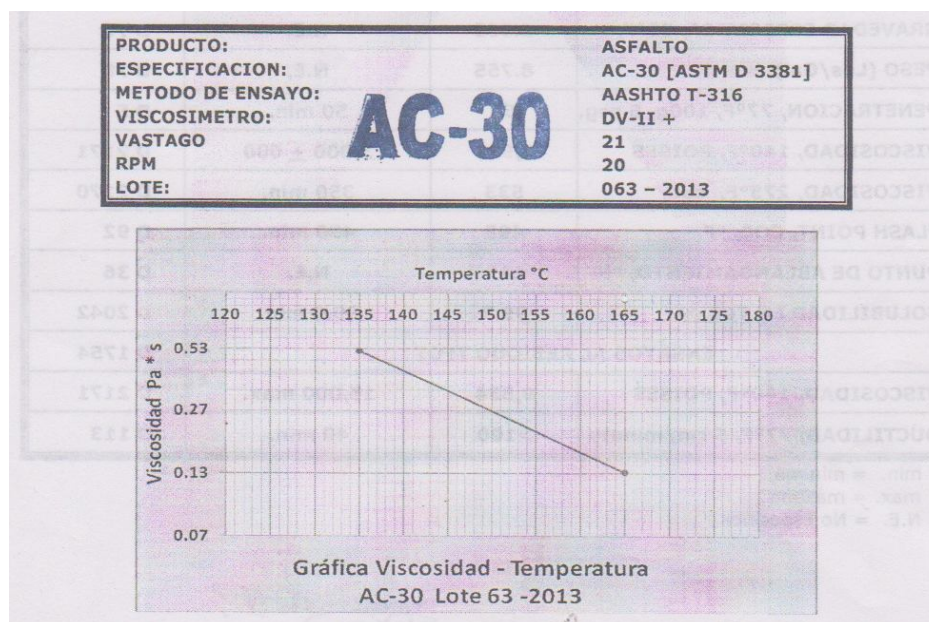
Carta de Viscosidad -Temperatura

Certificado No. 495670900F8			
PRODUCTO:	ASFALTO		
ESPECIFICACIÓN:	AC-30 [ASTM D 3381]		
FECHA:	19 Julio 2,013		
HORA:	07:00		
TANQUE:	02		
LOTE:	063- 2,013		
AC-30			
ANALISIS	RESULTADO	ESPECIFICACION ASTM D 3381 TABLA 2	METODO ASTM
GRAVEDAD ESPECIFICA, 60°F,	1.063	N.E.	D 70
PESO (Lbs/Gal)	8.755	N.E.	D 70
PENETRACION, 77°F, 100g, 5 seg.	65	50 min.	D 5
VISCOSIDAD, 140°F, POISES	2,940	3,000 ± 600	D 2171
VISCOSIDAD, 275°F, cSt.	533	350 min.	D 2170
FLASH POINT, COC, °F	495	450 min.	D 92
PUNTO DE ABLANDAMIENTO, °F	119	N.E.	D 36
SOLUBILIDAD EN TCE, %	99.9	99.0 min.	D 2042
ENSAYOS AL RESIDUO TFOT			D 1754
VISCOSIDAD, 140°F, POISES	9,534	15,000 max.	D 2171
DUCTILIDAD, 77°F, 5 cm/minuto	>100	40 min.	D 113

* min. = mínimo
max. = máximo
N.E. = No Especifica

TABLA N° 3.2

Resultados de las características del cemento asfáltico AC-30 ASTM D 3381 utilizado en la mezcla asfáltica proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V.



GRAFICA N° 3.1

Gráfica viscosidad vs temperatura de Cemento Asfáltico AC-30 ASTM D 3381 proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V.

3.4 DISEÑO DE LA MEZCLA

Los diseños de mezcla utilizados serán dos, una densa fina de tamaño máximo nominal de ½ pulgada y otra densa gruesa de tamaño máximo nominal de ¾ pulgada.

3.4.1 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE ½ PULGADA.

% de Asfalto	Golpes por capa	% de Vacíos	V.M.A.	V.F.A.	G.E. Bulk (kg/m ³)	G.E. Teórica Máxima (kg/m ³)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)
5.0	75	6.8%	16.7%	59.3%	2.263	2.428	1,818	3.56
5.5	75	5.7%	16.9%	66.3%	2.271	2.408	1730	3.22
6.0	75	4.2%	16.4%	74.7%	2.295	2.395	1798	3.47
6.5	75	2.6%	16.0%	83.9%	2.318	2.380	1922	3.73
7.0	75	1.0%	15.9%	93.6%	2.333	2.357	1554	3.81

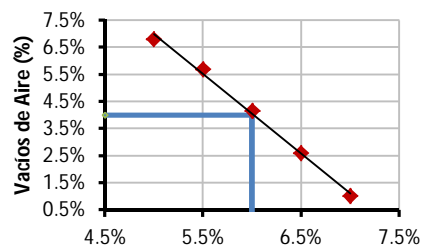
TABLA N° 3.3

Resultados de ensayos a las probetas de mezcla asfáltico con distintos contenidos de asfalto proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V.

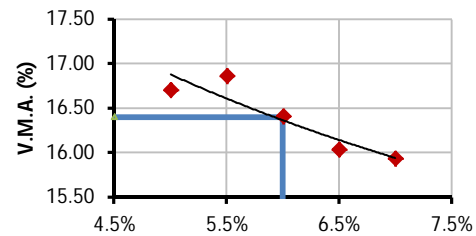
Parámetro	Criterio de Diseño	Resultado
Contenido de Asfalto Óptimo (%)		6.00%
Estabilidad Marshall KN (Kgf)	(815.8 - 2039.4 Kgf)	1840.0 Kgf
Flujo (mm)	2.00 - 4.00	3.55
Gravedad Específica Bulk		2.295
Gravedad Especifica Teórica Máxima		2.395
Vacios de Aire (%)	3.0% - 5.0%	4.0%
Vacios en el Agregado Mineral (V.M.A.) (%)	15.0% min.	16.4%
Vacios llenados por Asfalto (V.F.A.) (%)	65.0% - 75.0%	74.0%

TABLA N° 3.4

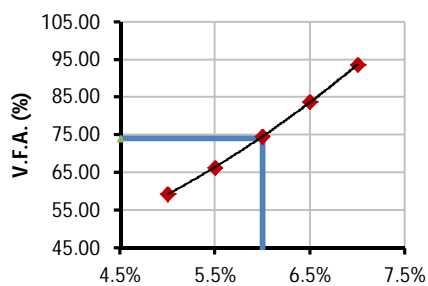
Parámetros de diseño Resultados óptimos según gráficos proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V



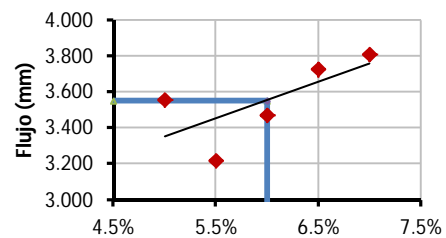
Contenido de Asfalto (%)



Contenido de Asfalto (%)



Contenido de Asfalto (%)



Contenido de Asfalto (%)

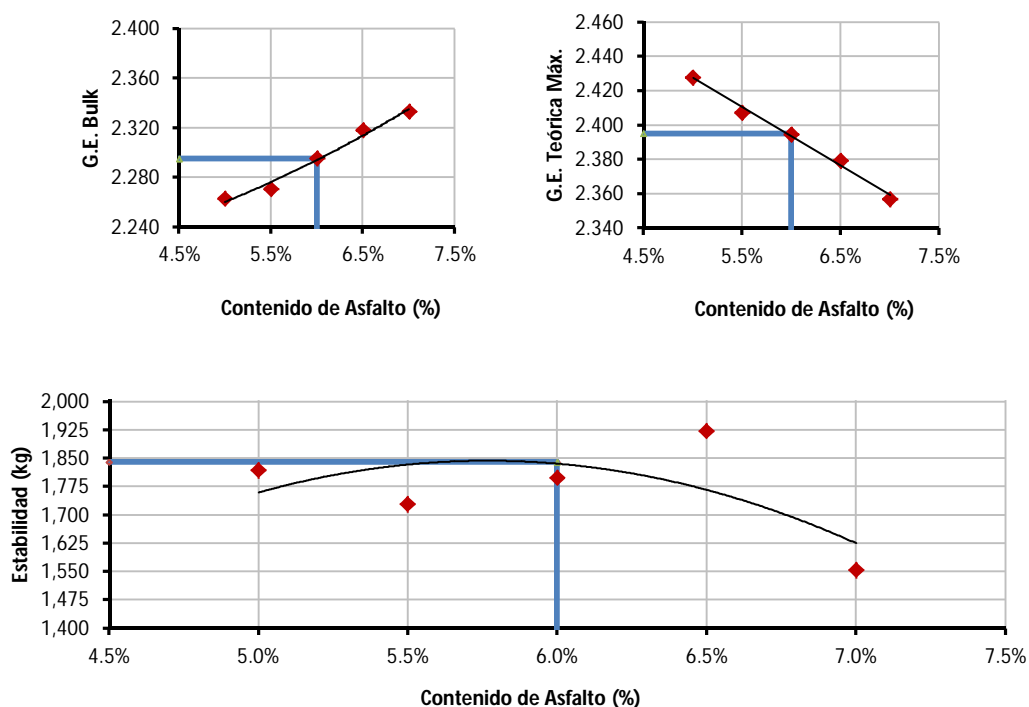


GRAFICO N° 3.2

Graficas del diseño de mezcla de tamaño máximo nominal de ½ proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

A fin de verificar la fórmula de trabajo propuesta, se realizó un aprueba de laboratorio, utilizando el Pb óptimo de asfalto y con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Parámetro	Criterio de Diseño	Resultado
Contenido de Asfalto Óptimo (%)		6.00%
Estabilidad Mashall KN (Kgf)	(815.8 - 2039.4 Kgf)	1630.00 Kgf
Flujo (mm)	2.00 - 4.00	3.30 mm
Gravedad Especifica Bulk		2.288
Gravedad Especifica Teórica Maxima		2.388
Vacios de Aire (%)	3.0% - 5.0%	4.2%
Vacios en el Agregado Mineral (V.M.A.) (%)	15.0% min.	16.7%
Vacios llenados por Asfalto (V.F.A.) (%)	65.0% - 75.0%	74.9%

TABLA N° 3.5

Resultados obtenidos en ensayos de comprobación proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

Para este diseño de mezcla clasificada como densa fina de tamaño máximo nominal de ½ pulgadas, La empresa DISA Constructora S.A. de C.V. recomienda la siguiente Composición granulométrica:

La composición granulométrica de la mezcla es:

Agregado medio	grava ½ pulgada	proporción 45%
----------------	-----------------	----------------

Agregado Fino	Arena triturada	proporción 55%
---------------	-----------------	----------------

El porcentaje óptimo de cemento asfáltico AC-30 es de 6% (+/-0.3%)

El diseño cumple con todos los parámetros establecidos por SIECA 2004

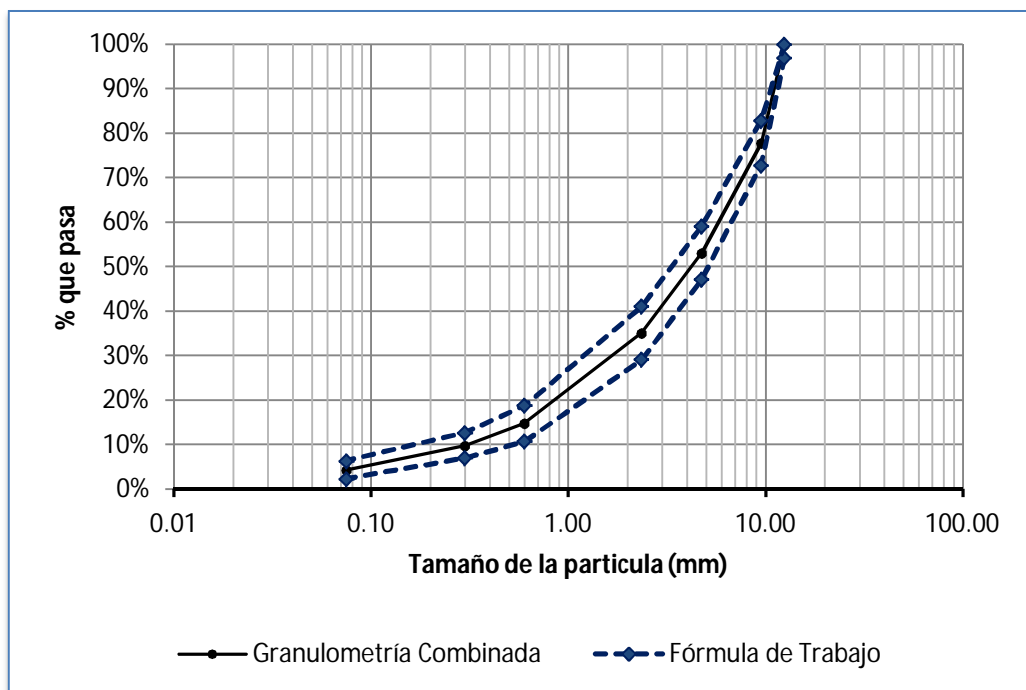
La temperatura mínima de mezcla es de 154° C y la máxima 159° C. y la temperatura de compactación fue de 145° C a 149° C

Granulometría de la Mezcla de Agregados.

Malla		Grava 1/2"	Arena Triturada	Mezcla de Agregados	SIECA 703-8 Graduación E		Tol.	Formula de Trabajo	
NOMBRE	MM	45 %	55 %	100 %	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
1"	25.00	100.0	100.0	100.0					
3/4"	19.00	100.0	100.0	100.0	100	100		100	100
1/2"	12.50	99.6	100.0	99.8	97	100		97	100
3/8"	9.50	50.8	100.0	77.8	60	95	±5	73	83
No. 4	4.75	0.9	95.8	53.1	44	75	±6	47	59
No. 8	2.36	0.7	63.3	35.1	25	50	±6	29	41
No. 30	0.60	0.5	26.4	14.8	8	25	±4	11	19
No. 50	0.30	0.4	17.3	9.7	5	21	±3	7	13
No. 200	0.075	0.2	7.7	4.3	3	8	±2	2	6

TABLA N° 3.6

Granulometría de la composición granulométrica proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V



GRAFICA N° 3.3

Granulometría de la composición granulométrica proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

3.4.2 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DE ¾ DE PULGADA

% de Asfalto	Golpes por capa	% de Vacíos	V.M.A.	V.F.A.	G.E. Bulk (kg/m ³)	G.E. Teórica Máxima (kg/m ³)	Estabilizada (kg)	Flujo (mm)
4.0	75	7.58%	15.9%	52.3%	2.272	2.458	1557	1.86
4.5	75	6.0%	15.5%	61.0%	2.295	2.442	1635	2.16
5.0	75	4.8%	15.4%	68.8%	2.31	2.426	1822	2.24
5.5	75	3.5%	15.3%	77.3%	2.325	2.409	1779	2.37
6.0	75	2.4%	15.5%	84.3%	2.332	2.390	1422	2.12

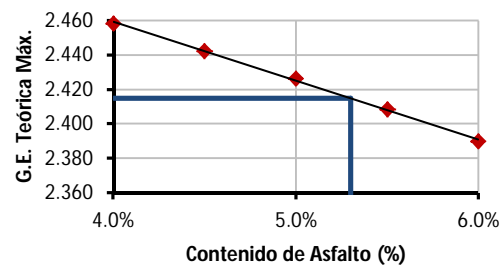
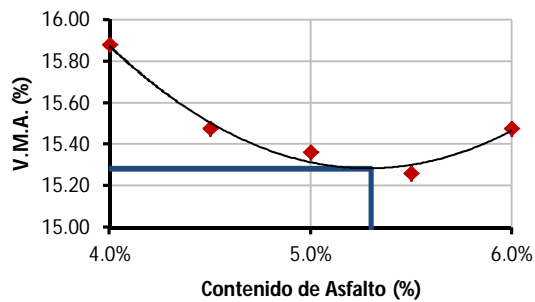
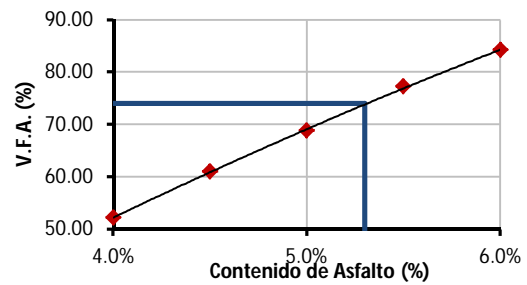
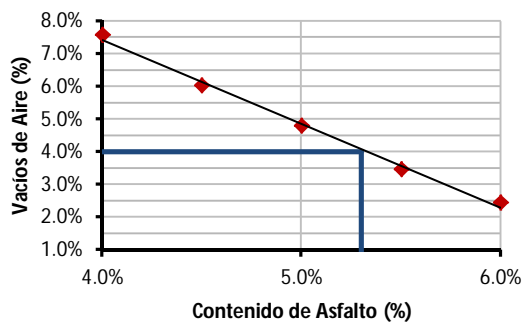
TABLA N° 3.7

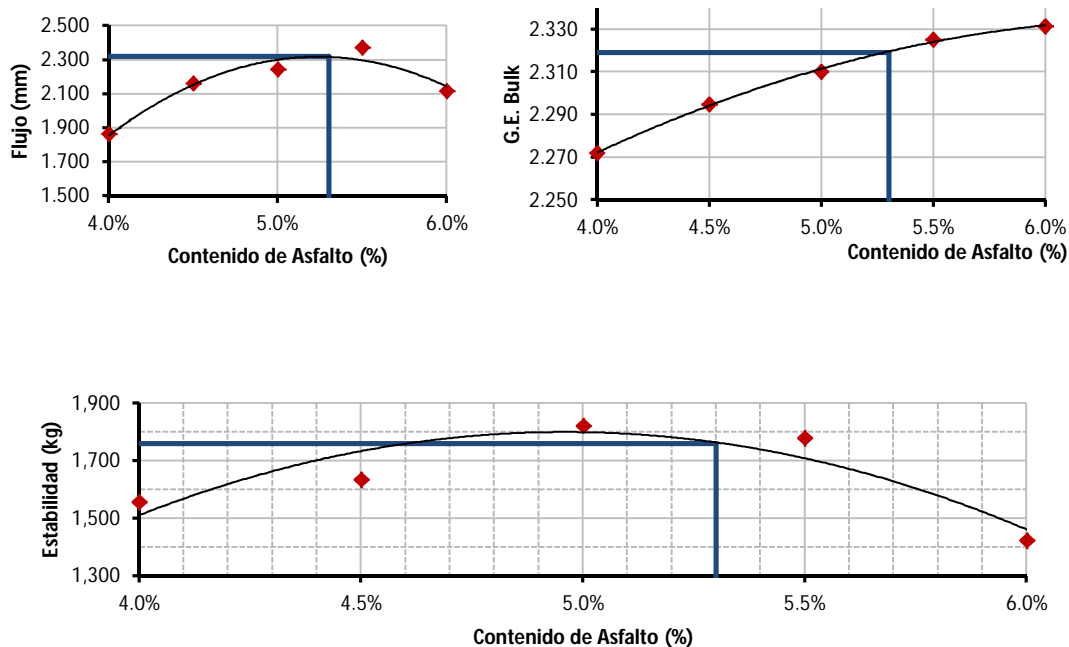
Resultados de ensayos a las probetas de mezcla asfáltica con distintos contenidos de asfalto proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

Parámetro	Criterio de Diseño	Resultado
Contenido de Asfalto Óptimo (%)		5.30%
Estabilidad Marshall KN (Kgf)	(815.8 - 2039.4 Kgf)	1760.0 Kgf
Flujo (mm)	2.00 - 4.00	2.30
Gravedad Específica Bulk		2.315
Gravedad Específica Teórica Máxima		2.415
Vacios de Aire (%)	3.0% - 5.0%	4.0%
Vacios en el Agregado Mineral (V.M.A.) (%)	15.0% min.	15.3%
Vacios llenados por Asfalto (V.F.A.) (%)	65.0% - 75.0%	74.0%

TABLA N° 3.8

Resultados óptimos según gráficos (parámetros SIECA) proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V





GRAFICA N° 3.4

Vacios de aire vrs Contenido de asfalto proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

Parámetro	Criterio de Diseño	Resultado
Contenido de Asfalto Óptimo (%)		5.30%
Estabilidad Marshall KN (Kgf)	(815.8 - 2039.4 Kgf)	1864.00 Kgf
Flujo (mm)	2.00 - 4.00	2.29 mm
Gravedad Específica Bulk		2.31
Gravedad Específica Teórica Máxima		2.41
Vacios de Aire (%)	3.0% - 5.0%	4.2%
Vacios en el Agregado Mineral (V.M.A.) (%)	15.0% min.	15.3%
Vacios llenados por Asfalto (V.F.A.) (%)	65.0% - 75.0%	72.7%

TABLA N° 3.9

Resultados obtenidos en Ensayo de Comprobación proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

Para este diseño de mezcla clasificada como Densa Gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ pulgadas, La empresa DISA Constructora S.A. de C.V. recomienda la siguiente Composición granulométrica:

Agregado grueso	grava $\frac{3}{4}$ sin $\frac{3}{8}$	proporción 30 %
Agregado medio	grava $\frac{1}{2}$	proporción 20 %
Agregado fino	arena triturada	proporción 50%

El porcentaje óptimo de cemento asfáltico AC-30 es de 5.3 (+0.3%)

El diseño cumple con todos los parámetros establecidos por SIECA 2004

La temperatura mínima de mezclado es de 154° C y la máxima de 159° C

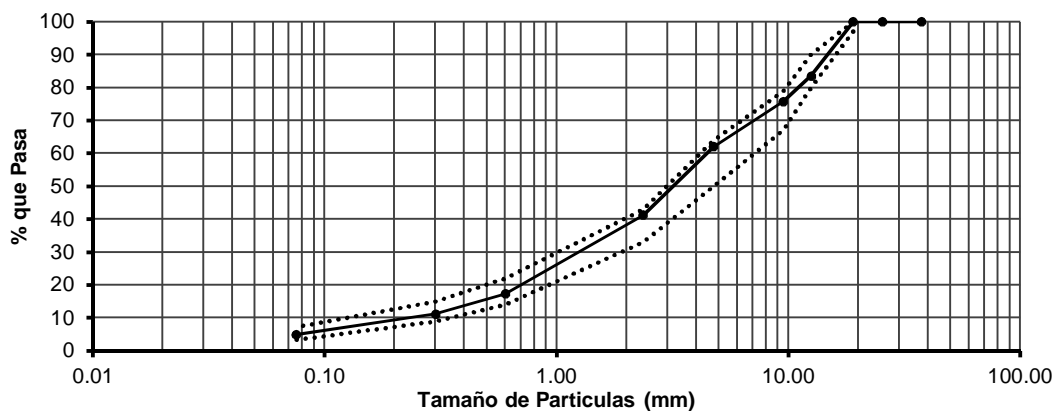
La temperatura óptima de compactación es entre 145° C y 149° C.

Granulometría de la Mezcla de Agregados

MALLA		Retenido Parcial	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Franja de Control	
NOMBRE	mm						
1 1/2"	37.50		0.0 %	0.0 %	100.0 %		
1"	25.40		0.0 %	0.0 %	100.0 %		
3/4"	19.00	0.00	0.0 %	0.0 %	100.0 %	97	100
1/2"	12.50	289.10	16.4 %	16.4 %	83.6 %	80	90
3/8"	9.50	137.70	7.8 %	24.2 %	75.8 %	67	79
No.4	4.75	240.60	13.7 %	37.9 %	62.1 %	50	64
No.8	2.36	366.80	20.8 %	58.8 %	41.2 %	33	43
No.30	0.60	420.40	23.9 %	82.6 %	17.4 %	14	22
No.50	0.30	108.80	6.2 %	88.8 %	11.2 %	9	15
No.200	0.075	111.60	6.3 %	95.2 %	4.8 %	3	7

TABLA N° 3.10

Granulometría de la composición granulométrica proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V



GRAFICA N° 3.5
Granulometría de la composición granulométrica proporcionados por la empresa DISA Constructora S.A. de C.V

3.5 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS EMULSIONES Y ASFALTOS REBAJADOS A UTILIZAR.

3.5.1 EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h

Es una emulsión asfáltica de rompimiento lento, una mezcla de cemento asfáltico y agua mediante la acción de un emulgente Catiónico, que se usa en la industria de la pavimentación de carreteras en frío. La viscosidad de este tipo de emulsiones puede ser aún más reducida con la incorporación de agua.

Características:

Se fabrica de acuerdo a la especificación AASHTO M 208. Se recomienda para la fabricación de mezclas asfálticas con granulometrías cerradas y alto porcentaje de finos, también es usada en riegos de liga (tack coat) y riego pulverizado (fog seal), sellado de fisuras (crack filler).

La emulsión asfáltica CSS-1h no es tóxica, pero es necesario seguir las normas de higiene y seguridad industrial para este tipo de productos.

Análisis	Especificación	Resultado
Residuo Asfáltico %	ASTM D-244	60
Contenido de agua en volumen %		40
Sedimentación en 24 horas		1.5
Viscosidad Saybolt Furol, a 122°F (50°C)		31
Carga eléctrica		Positiva
Estabilidad en almacenamiento a 24 hrs, %	ASTM D-244	1
% retenido en malla 20		0.0030
Pruebas Sobre el Residuo por Destilación:		
Penetración del residuo a 25° C, 5 seg. 100gr.	ASTM D-5	69
Punto de ablandamiento		58
Solubilidad al tricloroetileno	ASTM D-244	99.20
Ductilidad a 25° C, 5cm/min, en cm.	ASTM D-113	+150

TABLA N° 3.11

Fuente: <http://www.asfalca.com/joom02/images/pdfproductos/emulsionSS1H.pdf>

3.5.2 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS

DESCRIPCIÓN

Emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsificante de rotura rápida. Las pequeñas gotas de asfalto emulsificado son Catiónicas (carga positiva).

VENTAJAS

Los grados de rotura rápida se han diseñado para reaccionar rápidamente con el agregado y revertir de la condición de emulsión a la de asfalto.

APLICACIÓN

Recomendada para la ejecución de tratamientos superficiales, riego de liga, sellos de arenas y riegos negros (fog seal).

ALMACENAMIENTO

Almacene la emulsión entre 10°C (50°F) y 85°C. (185°F). No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura la emulsión, separando el asfalto del agua. No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85°C. Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica. No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100°C, de suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella. No use aire a presión para agitar la emulsión. Puede causar la rotura de la emulsión. El exceso de mezclado y de bombeo debe evitarse.

3.5.3 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe

DESCRIPCIÓN

Emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene látex de polímero estireno butadieno¹⁰ (SBR). Los polímeros elastomericos pueden estar dispersos en la fase líquida de la emulsión, en forma de partículas de látex o pueden estar disueltos en el ligante asfáltico emulsificado, que es el caso del polímero SBS.

¹⁰ frecuentemente abreviado SBR (del inglés *Styrene-Butadiene Rubber*) es un elastómero sintético obtenido mediante la polimerización de una mezcla de estireno y de butadieno. Es el caucho sintético con mayor volumen de producción mundial. Su principal aplicación es en la fabricación de neumáticos.



FIGURA N° 3.1

Caucho Estireno Butadienos SBR por sus siglas en ingles

Estireno Butadieno Estireno SBS por sus siglas en ingles

Este tipo de polímero es el más utilizado en la modificación del asfalto, el efecto de la adición de estos al asfalto es aumentar su intervalo de plasticidad y disminuir la susceptibilidad térmica. El punto de ablandamiento puede aumentar hasta 20° C, a temperaturas inferiores a 70° C los asfaltos tienen menor penetración, esto es interesante ya que a estas temperaturas se dan deformaciones en las superficies de rodamiento.

Está compuesta la emulsión de una pequeña cantidad de agente emulsificante de rotura rápida. Las pequeñas gotas de asfalto emulsificado son Catiónicas (carga positiva).

VENTAJAS

Los grados de rotura rápida modificada con polímero, se han diseñado cuando se requiere una rápida adhesión, como el caso de áreas de intenso tráfico, cuando el control de tráfico es mínimo ó cuando hay cargas pesadas.

APLICACIÓN

Recomendada para la ejecución de tratamientos superficiales, riego de liga, sellos de arenas y riegos negros (fog seal).

ALMACENAMIENTO

Almacene la emulsión entre 10° C (50° F) y 85° C. (185° F). No permita que la emulsión asfáltica se congele. Esto produce la rotura la emulsión, separando el asfalto del agua. No permita que la emulsión asfáltica sea calentada por encima de los 85° C. Las temperaturas elevadas evaporan el agua, modificando las características de la emulsión asfáltica. No permita que la temperatura de la superficie de calentamiento exceda los 100° C, de suceder esto, se producirá la rotura prematura de la emulsión sobre aquella. No use aire a presión para agitar la emulsión. Puede causar la rotura de la emulsión. El exceso de mezclado y de bombeo debe evitarse.

3.5.4 ASFALTICO VIRGEN AC-30

Los Cementos asfálticos AC – 30, son aquellos fabricados a partir de la base asfáltica que proviene de los fondos de la destilación al vacío de crudos seleccionados y cuya característica de viscosidad está comprendida entre 2400 – 3600 poises a 60°C.

Sus características ya fueron mencionadas en el apartado 3.3.2.1 de este documento.

USOS

El uso principal de los CEMENTOS ASFALTICOS AC – 30, es en la construcción y conservación de carreteras. El asfalto debe ser seleccionado en función de las características climáticas de la zona y las condiciones de operación de la vía a pavimentar.

PRECAUCIONES DE MANEJO

El CEMENTO ASFALTICO AC – 30, es un producto estable, sin embargo, debe tenerse cuidado al calentarse a temperaturas cercanas a 450° F (232° C) ya que los vapores emitidos pueden entrar en combustión en presencia de llama. Se debe manejar con las medidas de seguridad necesarias para la manipulación de materiales a altas temperaturas. Es importante manejar el producto a las temperaturas de mezclado y compactación recomendadas en el reporte de calidad. El producto se degrada y pierde sus propiedades fisicoquímicas cuando es calentado a temperaturas por encima de la máxima temperatura de mezclado recomendada. Por esta razón, es importante realizar un control estricto de las temperaturas durante el proceso y mantener los instrumentos de medición calibrados y/o verificados.

3.5.5 ASFALTO REBAJADO RC-250.

Asfalto de curado rápido:

Es aquel cuyo disolvente o fluidificante es de tipo de la nafta o gasolina, se obtienen de los asfaltos rebajados, es de curado rápido y se designan con las letras RC (Rapid Curing), seguidos por un número que indica el grado de viscosidad cinemática en centistokes.

Características:

El ASFALTO RC-250, es una mezcla de ASFALTO DE PENETRACIÓN con un destilado de petróleo muy volátil, del tipo de la gasolina, por lo cual el producto se clasifica como Asfalto de Curado Rápido. El número 250 asociado con el nombre indica la viscosidad cinemática permisible en cSt a 60°C (144° F). La viscosidad del producto depende del tipo

de ASFALTO DE PENETRACIÓN, de la volatilidad del solvente y de la proporción de los componentes.

Usos:

Riego de imprimación (sellado para la construcción de carreteras), riego de adherencia, preparación de mezclas asfálticas para pavimentación y estabilización de suelos para bases y sub bases.

3.6 APLICACIÓN DE RIEGO LIGA

Para simular el proceso de aplicación mediante un camión distribuidor con una barra de spray, se utilizará una pistola para pintar y un equipo compresor. Se realizaron pruebas de aerosol sobre distintas superficies con el fin de calibrar y ajustar el “abanico” de la pistola.

En función de los resultados obtenidos se confecciono una bandejas metálicas de 0.41 cm x0.73 cm. de lado con 3 perforaciones cada una, para poder colocar las probetas con sus moldes y aplicar las dosis de emulsión de manera controlada. Ver figura 3.2



FIGURA N° 3.2

Bandeja donde se colocan abajo las briquetas en el molde para aplicar el riego de liga
Imagen tomada en el laboratorio de DISA Constructora.

3.6.1 METODOLOGÍA DE APLICACIÓN DE RIEGO LIGA

- 1) Para poder determinar la dosis que se colocará, es necesario conocer el flujo que el equipo (pistola y compresor) es capaz de generar, así como el porcentaje de residuo de la emulsión utilizada y si es necesario diluirla o no.
- 2) Por ejemplo, si utilizamos la emulsión de quiebre lento CSS-1h cuyo porcentaje de residuo es de un 61.2% y la cual es necesario diluir, realizaremos los siguientes pasos:
- 3) Aforar la pistola para comprobar el flujo real del momento como se indica en tabla 3.12.

Ejemplo de Aforo Flujo de salida Pistola.

Tiempo en (s)	Peso de agua en (g)	Densidad de agua en (g/l)	Volumen de agua en (l)	Caudal en (l/s)
10	28.2	1000	0.0282	0.00282
10	25.9	1000	0.0259	0.00259
10	29	1000	0.0290	0.00290
10	28.3	1000	0.0283	0.00283
10	27.2	1000	0.0272	0.00272
			PROMEDIO	0.00272

TABLA N° 3.12
Aforo de equipo

Densidad del agua 1000gr/lt.

$$V = \frac{m}{d}$$

Dónde: V= Volumen

m = masa

d = densidad

$$V = \frac{28.2 \text{ g}}{1000 \frac{\text{g}}{\text{l}}} = 0.0282 \text{ l} \quad (\text{Ecuacion 1})$$

$$Q = \frac{V}{T}$$

Dónde: Q= caudal

V= volumen

T= tiempo

$$Q = \frac{0.0282 \text{ l}}{10 \text{ s}} = 0.00282 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (\text{Ecuacion 2})$$

4) En función del tiempo y del área de la bandeja, calcular la cantidad de solución por m^2 y luego, aplicando el porcentaje de residuo, calcular la dosis aplicada, como se indica en tabla 3.13.

CSS-1h				
Caudal (l/s)	Area (m ²)	Tiempo (s)	% de residuo de asfalto en decimales	Tasa (l/m ²)
0.00272	0.29977	10	0.612	0.058
0.00272	0.29977	11	0.612	0.063
0.00272	0.29977	12	0.612	0.069
0.00272	0.29977	13	0.612	0.075
0.00272	0.29977	14	0.612	0.081
0.00272	0.29977	15	0.612	0.086
0.00272	0.29977	16	0.612	0.092
0.00272	0.29977	17	0.612	0.098
0.00272	0.29977	18	0.612	0.104
0.00272	0.29977	19	0.612	0.109
0.00272	0.29977	20	0.612	0.115
0.00272	0.29977	21	0.612	0.121

TABLA N° 3.13

Tazas de riego con equipo de ensayo en diferentes tiempos

Ejemplo de Dosis de Riego.

$$V = Q * T$$

Dónde: V= Volumen

Q= caudal

T= tiempo

$$V = 0.00282 \frac{l}{s} * 15 s = 0.0423 l \quad (\text{Ecuacion 3})$$

$$tasa = \frac{V}{A}$$

Dónde: V= Volumen

A= área

$$tasa = \frac{0.0423 l}{0.29977 m^2} = 0.1411 \frac{l}{m^2} \quad (\text{Ecuacion 4})$$

tasa de asfalto = % de residuos * tasa

$$tasa de asfalto = 0.612 * 0.1411 \frac{l}{m^2} = 0.086 \frac{l}{m^2} \quad (\text{Ecuacion 5})$$

5) Dado que el abanico de la pistola es de dimensiones mucho menores que la bandeja, es necesario “distribuir el tiempo elegido en distintas manos”. Se divide imaginariamente la bandeja en zonas de igual dimensión y se “reparte el tiempo elegido en cada zona”, Figura N° 3.6

6) Ejemplo: Si elegimos aplicar 0.058 lt/m² de riego, tenemos que dividir los 10 seg en las 5 zonas, lo que nos deja 2 seg por zona para distribuir el riego de manera homogénea. Se debe ir moviendo la pistola de izquierda a derecha a velocidad constante hasta completar el tiempo como se muestra en la figura N° 3.7



FIGURA N° 3.5

La figura muestra cómo queda acoplado el molde con la briqueta bajo la bandeja
Fuente: Imagen tomada en laboratorio de DISA Constructora



FIGURA N° 3.6

Bandeja donde se coloca riego el riego de liga, se puede observar que en una zona ya se aplicó el riego y en la otra zona aún no se a aplicado

Fuente: Imagen tomada en laboratorio de DISA Constructora

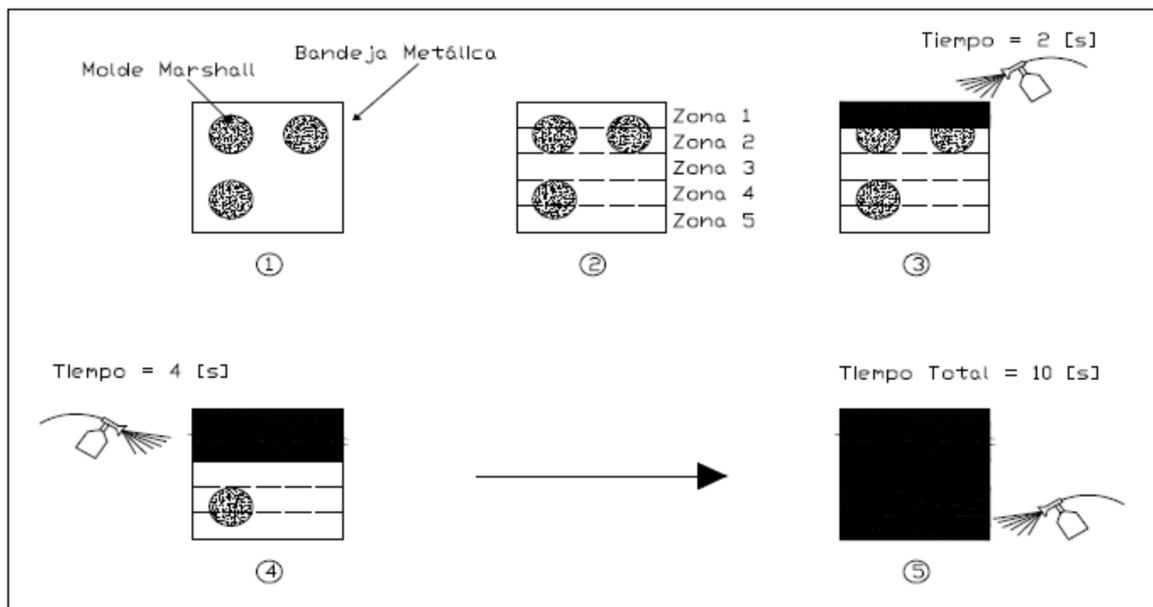


FIGURA N° 3.7

Ejemplo de aplicación de riego de liga sobre la bandeja

Fuente: Tesis de Universidad de Chile de nombre " estudio experimental de la resistencia de la adherencia entre capas en la construcción de carpetas asfálticas en caliente"

- 7) Además se deben disponer sobre una superficie nivelada y firme
- 8) Una vez aplicado el riego, este se deja reposar por 20 horas para que la emulsión rompa (la cantidad de horas dependerá del tipo de Emulsión Asfáltica a utilizar).
- 9) Pasado el tiempo de curado se compacta la segunda capa de mezcla y se deja reposar por lo menos 48 horas para poder ser ensayada.

Para comprobar que la tasa de riego es aplicada correctamente se verifica por medio de diferencia de pesos siguiendo los pasos siguientes:

- 1) Se pesa la briqueta construida dentro del molde Marshall sin ligar aun.
- 2) Se liga la briqueta y se espera el tiempo necesario para que la emulsión rompa.
- 3) Se pesa la briqueta ya ligada y con la emulsión que ya a roto, se restan el peso inicial menos el peso final y se obtiene el peso en gramos de residuo de asfalto.
- 4) Obteniendo el peso de residuos de asfalto, este se multiplica por su densidad, obtenido así el volumen en litros de asfalto residual.
- 6) Se divide el volumen de asfalto residual entre el área de la briqueta dándonos así la tasa de aplicación en l/m^2

3.6.2 VERIFICACIÓN DE LA TASA DE RIEGO DE LIGA

Con la metodología antes expuesta, era necesario asegurar que la tasa de riego estaba correctamente aplicada, para ello se utilizó la metodología siguiente:

- 1) Se pesa la briqueta construida dentro del molde Marshall sin ligar aun.
- 2) Una vez aplicado el riego de liga, se pesa la briqueta construida dentro del molde Marshall.

- 3) Teniendo el peso de la briqueta construida dentro del molde Marshall ligada y el peso de la briqueta construida dentro del molde Marshall sin ligar, se hace la resta de pesos, dando como resultado el peso de ligante colocado en el riego de liga.
- 4) Una vez conocido el peso del ligante se divide este, entre el peso volumétrico de ligante, dando como resultado el volumen de ligante colocado en el riego de liga.
- 5) Se determina el área de la briqueta.
- 6) Conocido el volumen del ligante colocado, se divide este entre el área de la briqueta dando como resultado la tasa de riego de liga.

Ejemplo:

El peso inicial de una briqueta construida dentro del molde Marshall sin ligante (PI) es 2559.0 g

El peso final de una briqueta construida dentro del molde Marshall después de ligar (PF) es 2561.1 g

El diámetro de la briqueta (D) es 0.1016 m

El ligante es una emulsión CSS-1h con un peso unitario (PU) de 1013 g/l, con un porcentaje de residuo asfáltico (PRA) de 61.2%

$$A = \text{area} = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{0.1016 \text{ m}^2 * \pi}{4} = 0.00810732 \text{ m}^2 \text{ (Ecuacion 6)}$$

$$\text{Peso de ligante} = P = PI - PF = 2561.1g - 2559.0g = 2.1 g \text{ (Ecuacion 7)}$$

$$\text{Volumen de ligante} = V = \frac{P}{PU} = \frac{2.1 \text{ g}}{1013 \frac{\text{g}}{\text{l}}} = 0.00207305 \text{ l (Ecuacion 8)}$$

$$\begin{aligned} \text{Tasa de riego de emulsion} = TE &= \frac{V}{A} = \frac{0.00207305 \text{ l}}{0.00810732 \text{ m}^2} \\ &= 0.256 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \text{ (Ecuacion 9)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tasa de riego de Residuo Asfaltico} = TR &= TE * PRA = 0.256 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} * 0.612 \\ &= 0.157 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} \text{ (Ecuacion 10)} \end{aligned}$$

3.7 CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS

3.7.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Para reproducir el proceso que se utiliza en la construcción de carpetas asfálticas durante la aplicación del riego de liga, se confeccionarán probetas usando la metodología y los implementos Marshall para obtener dos capas de mezcla asfáltica adheridas por algún tipo de emulsión conocida.



FIGURA N° 3.3
Fabricación de briquetas
molde con segunda capa de mezcla asfáltica lista para compactar
Imagen tomada en laboratorio de DISA Constructora.

3.7.2. DISEÑOS DE MEZCLA A UTILIZAR

Diseño de mezcla numero 1

Para este diseño de mezcla densa fina de tamaño máximo nominal de ½ pulgada

Agregado medio grava ½ pulgada proporción 45%

Agregado Fino Arena triturada proporción 55%

El porcentaje óptimo de cemento asfáltico AC-30 es de 6% (+/-0.3%)

La temperatura mínima de mezcla es de 154 ° C y la máxima 159 ° C.

La temperatura optima de compactación entre 145°C y 149°C

Diseño de mezcla numero 2

Mezcla asfáltica de tamaño máximo nominal de ¾ densa gruesa

Agregado grueso	grava ¾ sin 3/8	proporción 30 %
Agregado medio	grava ½	proporción 20 %
Agregado fino	arena triturada	proporción 50%

El porcentaje óptimo de cemento asfaltico AC-30 es de 5.3% (+/-0.3%)

La temperatura mínima de mezcla es de 154°C y la máxima de 159°C

La temperatura óptima de compactación es entre 145°C y 149°C.

3.7.3 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS

Las probetas se construirán siguiendo principalmente el método indicado por el ensayo de corte LCB con algunas modificaciones en función de los requerimientos del estudio; Utilizando los moldes y equipos de compactación Marshall se seguirán los siguientes pasos:

- 1) Pesar y acondicionar los elementos según el diseño Marshall elegido.
- 2) Mezclar 1100 gr. de árido con un 5.3% o 6.0% de asfalto según las mezcla asfáltica a utilizar, a la temperatura de 154°C a 159°C como indica el diseño. Compactar la primera

capa a una temperatura entre 145°C a 149°C como indica el diseño de mezcla, por una sola cara, con 150 golpes. Dejar enfriar la probeta al menos 24 horas después de construida.

3) Extruir parcialmente la briqueta hasta que la parte superior de la briqueta se encuentre a ras del borde del molde.

4) Colocar la bandeja metálica sobre los moldes que contiene la briqueta. Aplicar la dosis de riego elegida y esperar a que quiebre.

5) Colocar el collarín sobre el primer molde. Mezclar 550 gr. de árido con un 5.3% o 6.0% de asfalto según sea el caso, a la temperatura que indique el diseño y compactar la segunda capa con 75 golpes por la cara superior. Dejar enfriar la probeta.

6) Extruir completamente la probeta e identificarla.

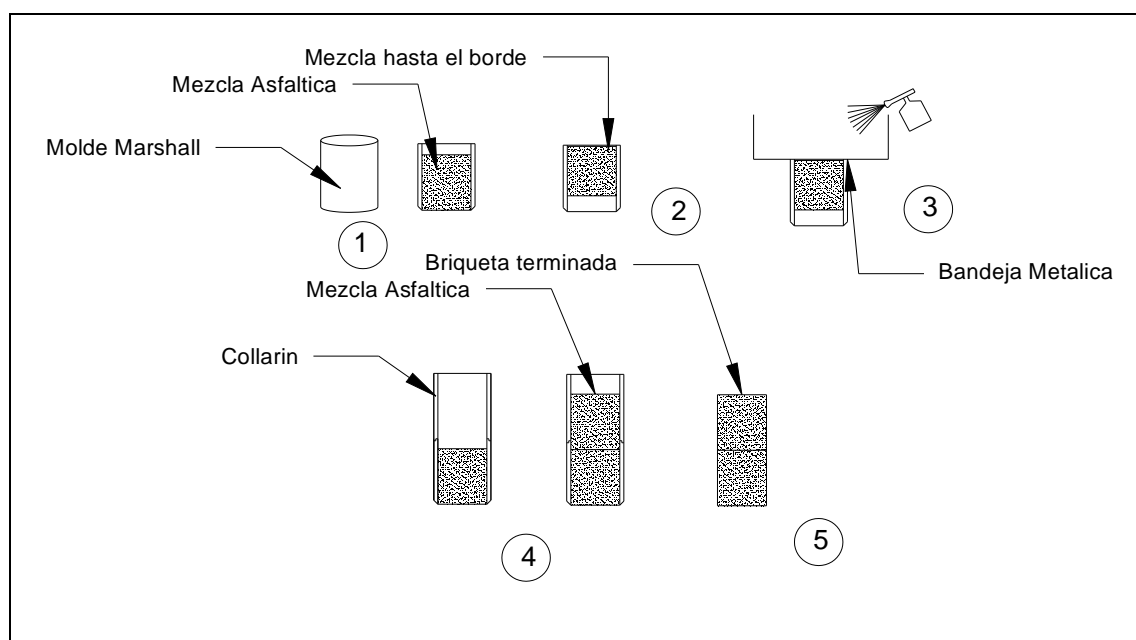
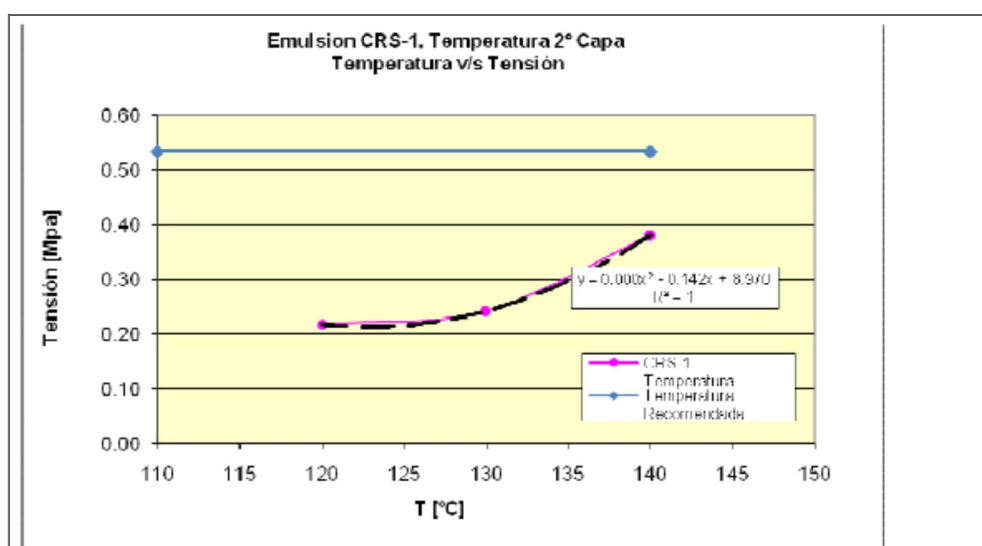


FIGURA N° 3.4

Construcción de Probeta Asfáltica de doble capa.
Fuente: Tesis de Universidad de Chile de nombre " estudio experimental de la resistencia de la adherencia entre capas en la construcción de carpetas Asfálticas en caliente"

3.7.4 TEMPERATURA DE CONFECCIÓN Y COMPACTADO

Con respecto a este punto existen estudios que demuestran que tanto una elevada temperatura de la capa inferior, capa superior y temperatura ambiente, resultan beneficiosos para la obtención de una buena adherencia, esto podría deberse a que a mayores temperaturas el cemento asfáltico de la capa superior logra fusionarse mejor con el asfalto de la capa inferior o residuo del ligante empleado como riego de liga, para conformar una unión continua y homogénea en la interfaz. En el estudio reciente realizado en IDIEM¹¹ se demostró como la resistencia al corte mejora conforme aumenta la temperatura de compactación de la capa superior.



GRAFICA N° 3.6

Influencia de la temperatura de compactación de la capa superior en la resistencia al corte
Fuente: tesis de la Universidad de Chile de nombre "Estudio experimental de soluciones de construcción para asegurar la adherencia entre capas asfálticas"

¹¹ El IDIEM, es una institución dependiente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Fue fundado en 1898 como Taller de Resistencia de Materiales, dependiente de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, teniendo como objetivo principal ensayar y verificar la calidad de los materiales a emplearse en la construcción de obras públicas, constituyéndose de esta manera como el primer Laboratorio de Control Técnico de Materiales que existió en el país.

3.7.5 METODOLOGÍA DE ENSAYO DE CORTE LCB

El ensayo de corte LCB, fue desarrollado por el Laboratorio de Caminos de Barcelona, y es aplicable a testigos (figura 3.9) o probetas construidas en laboratorio de doble capa de 4 pulgadas de diámetro (figura 3.8). Los detalles del ensayo de resumen a continuación

- La velocidad de carga del ensayo es de 1.27 mm/min. (0.05 pulg/min)
- Se registra la carga y deformación cada 10 segundos, hasta la falla.
- El punto de carga debe ser a la mitad de la separación entre los puntos de apoyo.
- El ensayo se puede realizar a una temperatura de 25° C.
- El plano de unión entre capas debe quedar a 5 mm del borde del apoyo y a 5 mm del borde de la mordaza metálica, figura 3.9

Dentro de las ventajas que posee esta metodología de ensayo destaca su fácil implementación, y que debido a la baja velocidad de ensayo permite registrar la carga vs deformación sin necesidad de un equipo de adquisición de datos. Por otro lado la principal desventaja es que con esta metodología la deformación relativa entre las capas de la unión del testigo o probeta no se puede determinar directamente, pues durante el ensayo se registra la deformación del pistón de la prensa, que en este caso difiere de la deformación relativa entre capas pues ocurre un efecto de pivote durante el ensayo (figura 3.10)

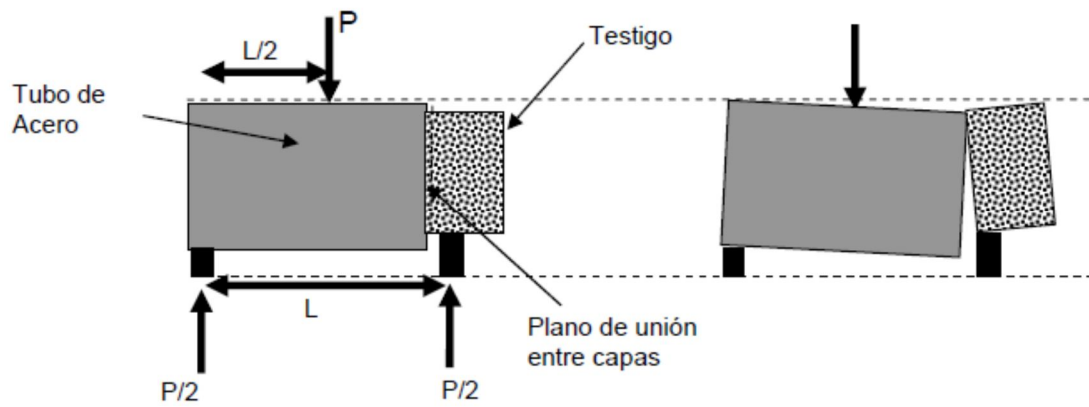


FIGURA N° 3.8
 Ensayo de corte LCB Fuente: Tesis de Universidad de Chile de nombre "Estudio Experimental de la resistencia de la Adherencia entre capas en la construcción de carpetas Asfálticas en Caliente"

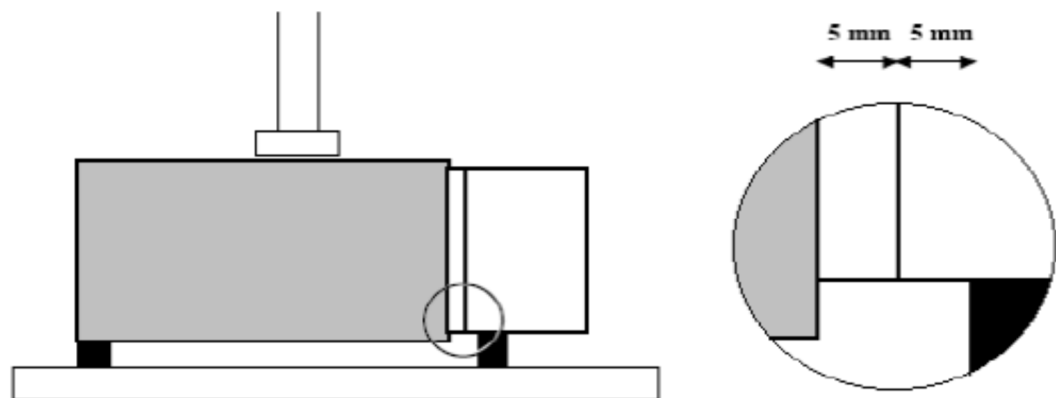


FIGURA N° 3.9
 Detalle de la ubicación del plano de unión entre capas
 Fuente: Tesis de Universidad de Chile de nombre "Estudio Experimental de la resistencia de la Adherencia entre capas en la construcción de carpetas Asfálticas en Caliente"

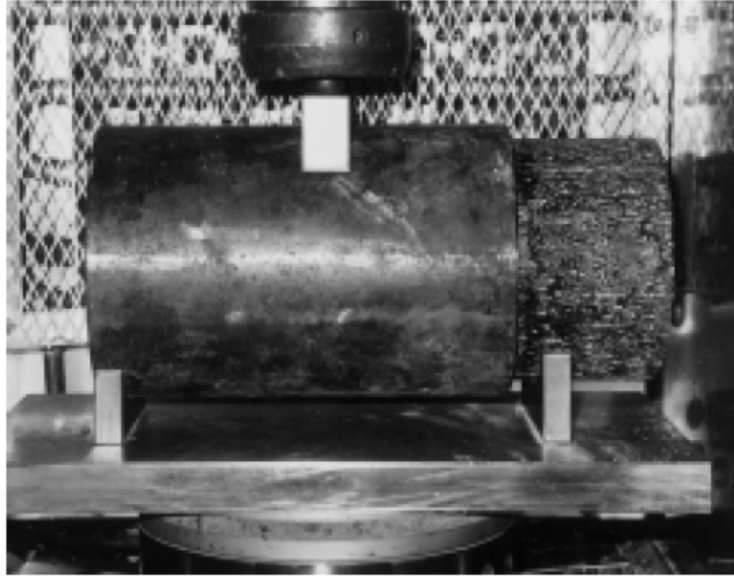


FIGURA N° 3.10

Ensayo LCB para probetas construidas en laboratorio

Fuente: Tesis de Universidad de Chile de nombre " Estudio Experimental de la resistencia de la Adherencia entre capas en la construcción de carpetas Asfálticas en Caliente"

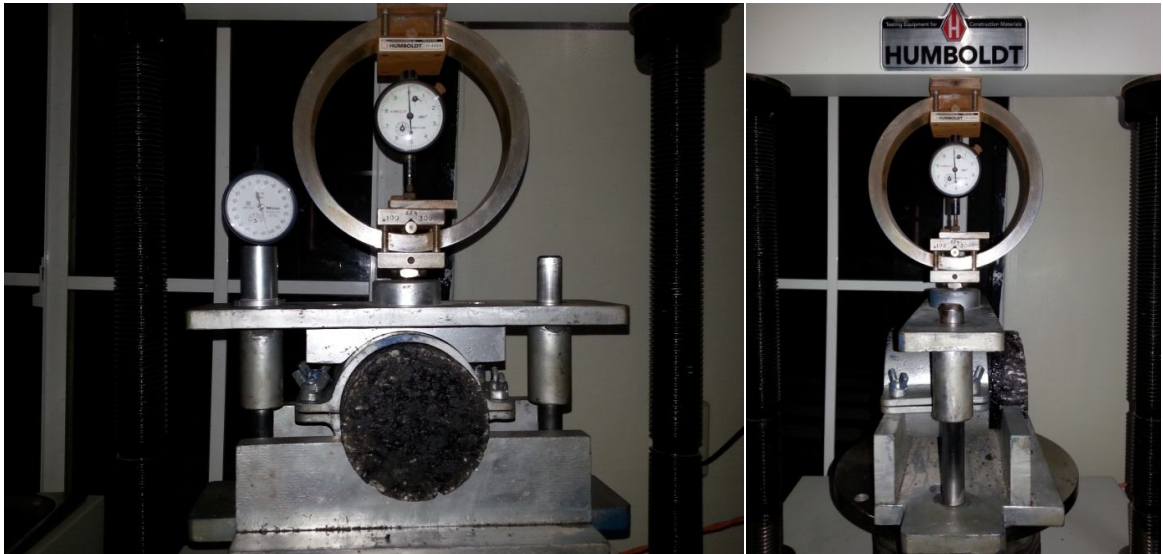


FIGURA N° 3.11

Ensayo LCB para probetas construidas en laboratorio

Tomada en laboratorio de DISA. Constructora

3.8 CANTIDAD DE PROBETAS A CONSTRUIR

Rangos de tasas de 0.15 lts/m² a 0.75 lts/m²

Iniciando con 0.15 lts/m² con incrementos de 0.10 lts/m² hasta llegar a 0.75 lts/m² por tanto se tendrían 7 tazas de aplicación por ligante.

Se realizará la liga entre dos carpetas asfálticas en caliente de:

1° una capa de mezcla asfáltica de granulometría densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada, con una capa de mezcla asfáltica de granulometría densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada,

2° una capa de mezcla asfáltica de granulometría densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada con una capa de mezcla asfáltica de granulometría densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada

3° una capa de mezcla asfáltica de granulometría densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada con capa de mezcla asfáltica de granulometría densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Teniendo un total de combinaciones de 3

Ligantes que se utilizaran:

1° Emulsión asfáltica CSS-1h,

2° Emulsión asfáltica CRS,

3° Emulsión asfáltica CRS-2P, Asfalto

4° Virgen AC-30

5° Asfalto rebajado RC-250.

Un total de 5 ligantes.

Cantidad de probetas a construir por cada ligante y tasas de aplicación 3.

Numero de probetas

$$A = B \times C \times D \times E = 315 \text{ Probetas a construir y ensayar}$$

$$A = 7 \times 3 \times 5 \times 3 = \mathbf{315 \text{ Probetas a construir}}$$

Dónde:

A = Total de probetas a construir

B = Numero de tasas de aplicación

C = Numero de combinación de capas asfálticas en caliente

D = Numero de ligantes a utilizar

E = Numero de probetas por ligante

CAPITULO

IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 PROBETAS CONSTRUIDAS

La nomenclatura que se utilizó para identificar las briquetas construidas en la investigación fue la siguiente: Las mezclas asfálticas utilizadas para construir las briquetas de la investigación corresponden a una mezcla asfáltica densa gruesa y una mezcla asfáltica densa fina, que se utilizaron de la manera siguiente. Para unir dos mezclas asfálticas densas gruesas se les asignó las letras GG.

Para unir dos mezclas asfálticas densas finas se les asignó las letras FF.

Para unir una mezcla asfáltica densa gruesa y una mezcla asfáltica densa fina se les asignó las letras GF.

Se construyeron 3 briquetas con las mismas características, igual tasa de riego, el mismo ligante y la misma mezcla asfáltica, y para diferenciarlas una de otra se le asignó el número 1, 2 o 3 según el orden en que se construyó.

Los ligantes utilizados para unir las briquetas son: emulsión asfáltica CSS-1h, emulsión asfáltica CRS, emulsión asfáltica CRS 2Pe, asfalto virgen A-30 y asfalto rebajado RC-250. Asignándoles los números 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Las tasas de riego de liga utilizadas en la investigación corresponde a litros de residuo asfáltico por metro cuadrado (l/m^2), en las tasas siguientes: $0.15 l/m^2$, $0.25 l/m^2$, $0.35 l/m^2$, $0.45 l/m^2$, $0.55 l/m^2$, $0.65 l/m^2$ y $0.75 l/m^2$, denominándoles los números, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 respectivamente.

EJEMPLO:

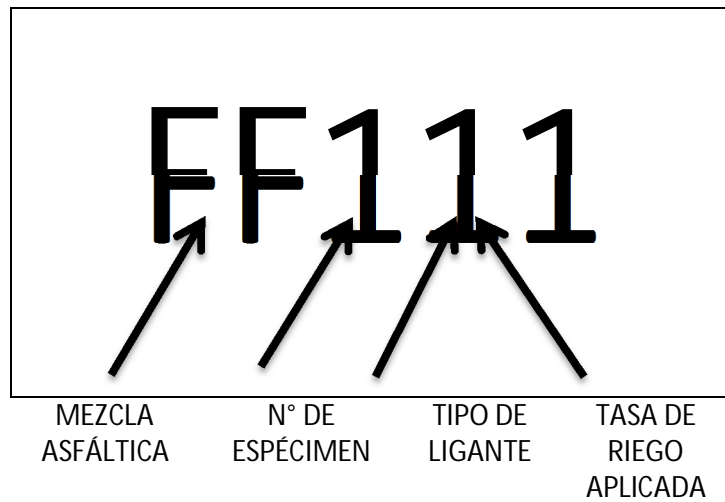


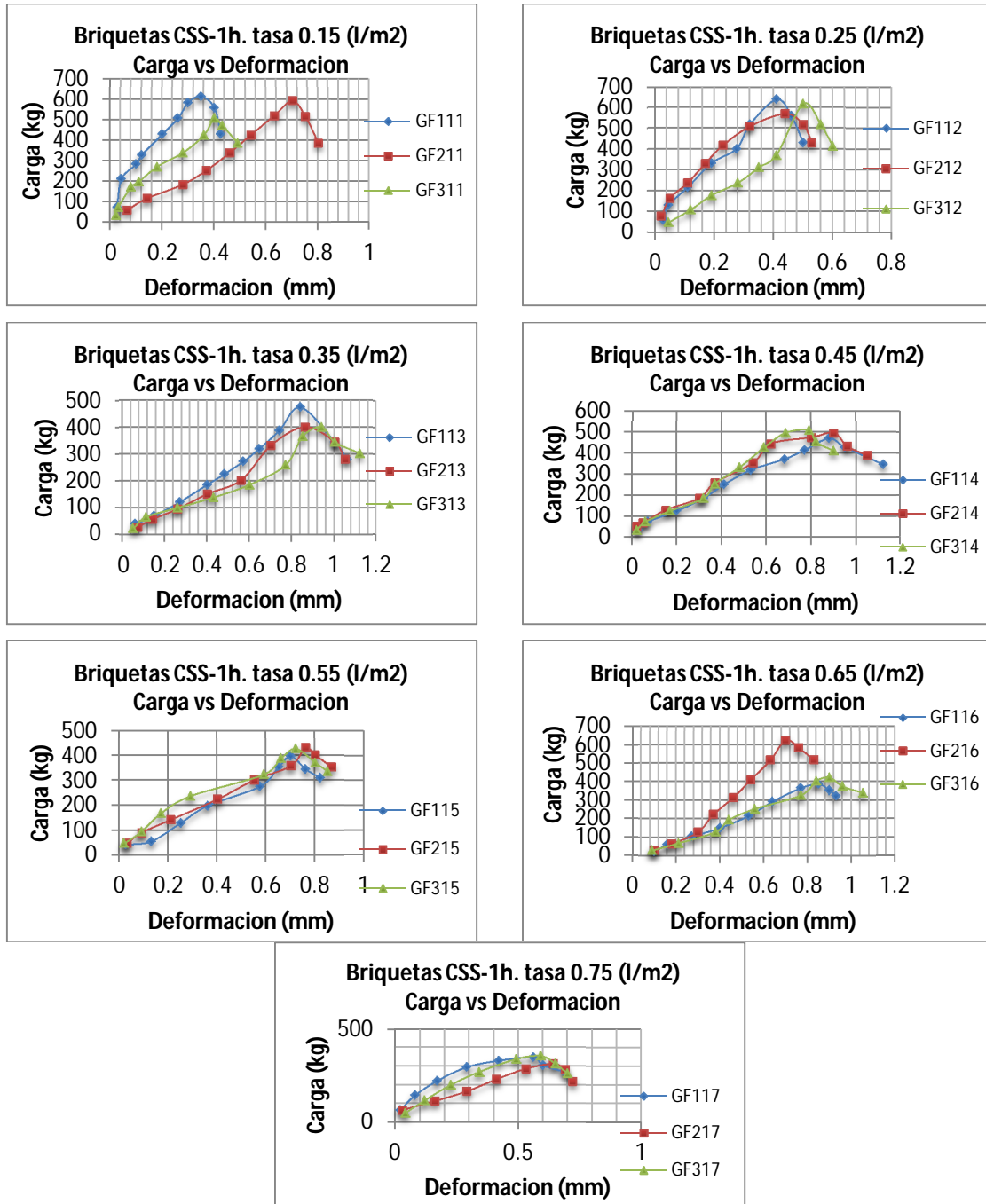
FIGURA N° 4.1
Nomenclatura para las identificación de los especímenes contruidos

4.2 ENSAYOS DE CORTE POR CIZALLAMIENTO

Los ensayos de corte, utilizando el método del Laboratorio de Caminos de Barcelona (LCB) se presenta a continuación por medio de gráficos de carga vs deformación para diferentes tasas y cinco ligantes.

4.3 EMULSIÓN CSS-1h

4.3.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA



GRAFICAS N° 4.1

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CSS-1h.ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa fina

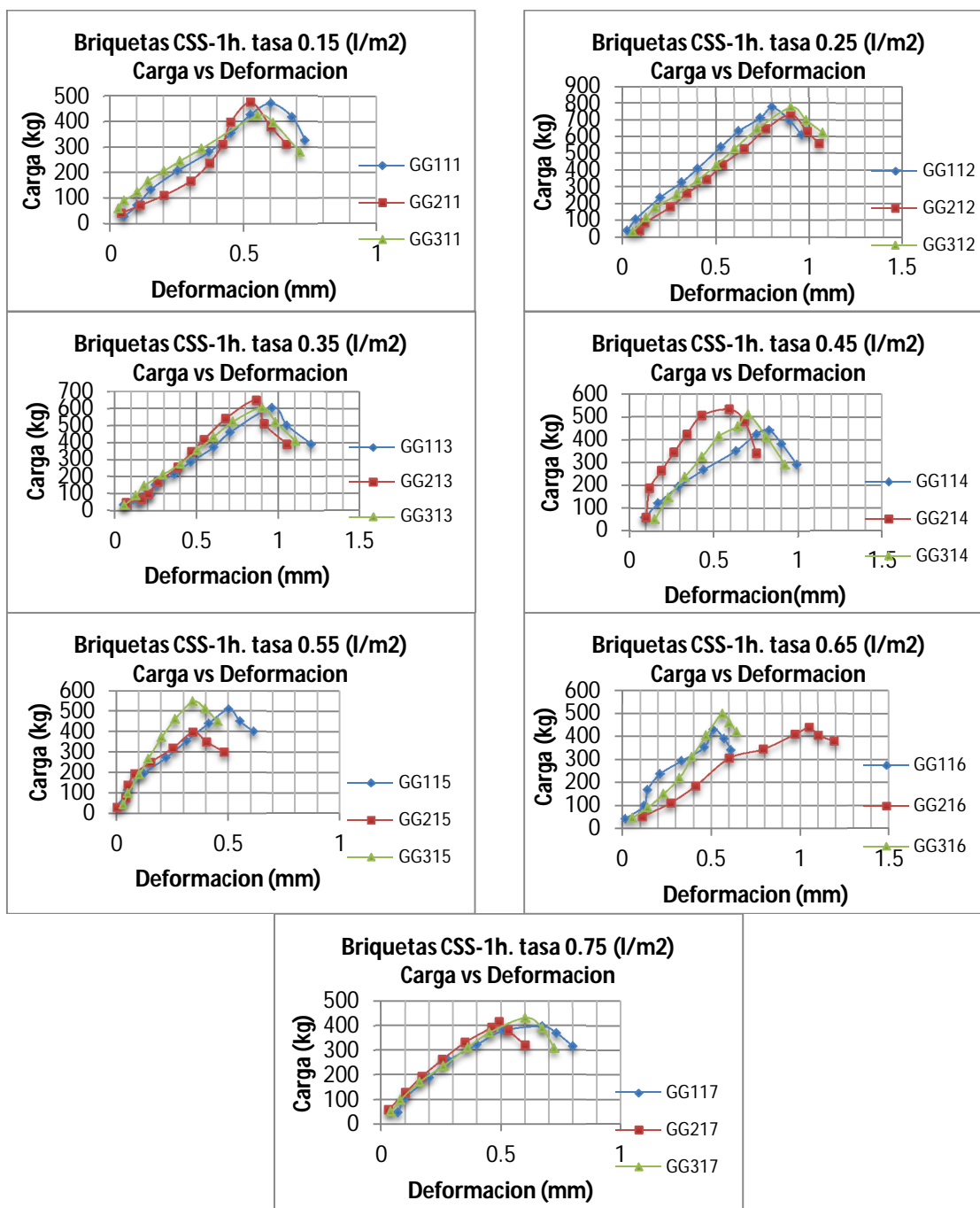
Cargas y esfuerzo máximas de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CSS-1h. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GF111	616	1772.12 gr	3.799	0.37
	GF211	594	1761.50 gr	3.666	0.36
	GF311	509	1765.80 gr	3.136	0.31
0.25	GF112	637	1768.20 gr	2.845	0.39
	GF212	569	1771.20 gr	3.507	0.34
	GF312	616	1775.00 gr	3.799	0.38
0.35	GF113	474	1781.20 gr	2.924	0.29
	GF213	529	1778.30 gr	2.632	0.26
	GF313	571	1778.10 gr	2.473	0.24
0.45	GF114	470	1776.90 gr	2.898	0.28
	GF214	496	1774.70 gr	3.057	0.30
	GF314	509	1777.20 gr	3.136	0.31
0.55	GF115	397	1769.80 gr	2.447	0.24
	GF215	431	1772.10 gr	2.659	0.26
	GF315	427	1776.80 gr	2.632	0.26
0.65	GF116	388	1777.00 gr	2.394	0.23
	GF216	625	1778.00 gr	3.852	0.38
	GF316	423	1780.10 gr	2.606	0.26
0.75	GF117	345	1777.50 gr	2.128	0.21
	GF217	311	1785.20 gr	1.916	0.19
	GF317	354	1781.30 gr	2.181	0.21

TABLA N° 4.1

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CSS-1h

4.3.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA



GRAFICAS N° 4.2

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CSS-1h. ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa gruesa

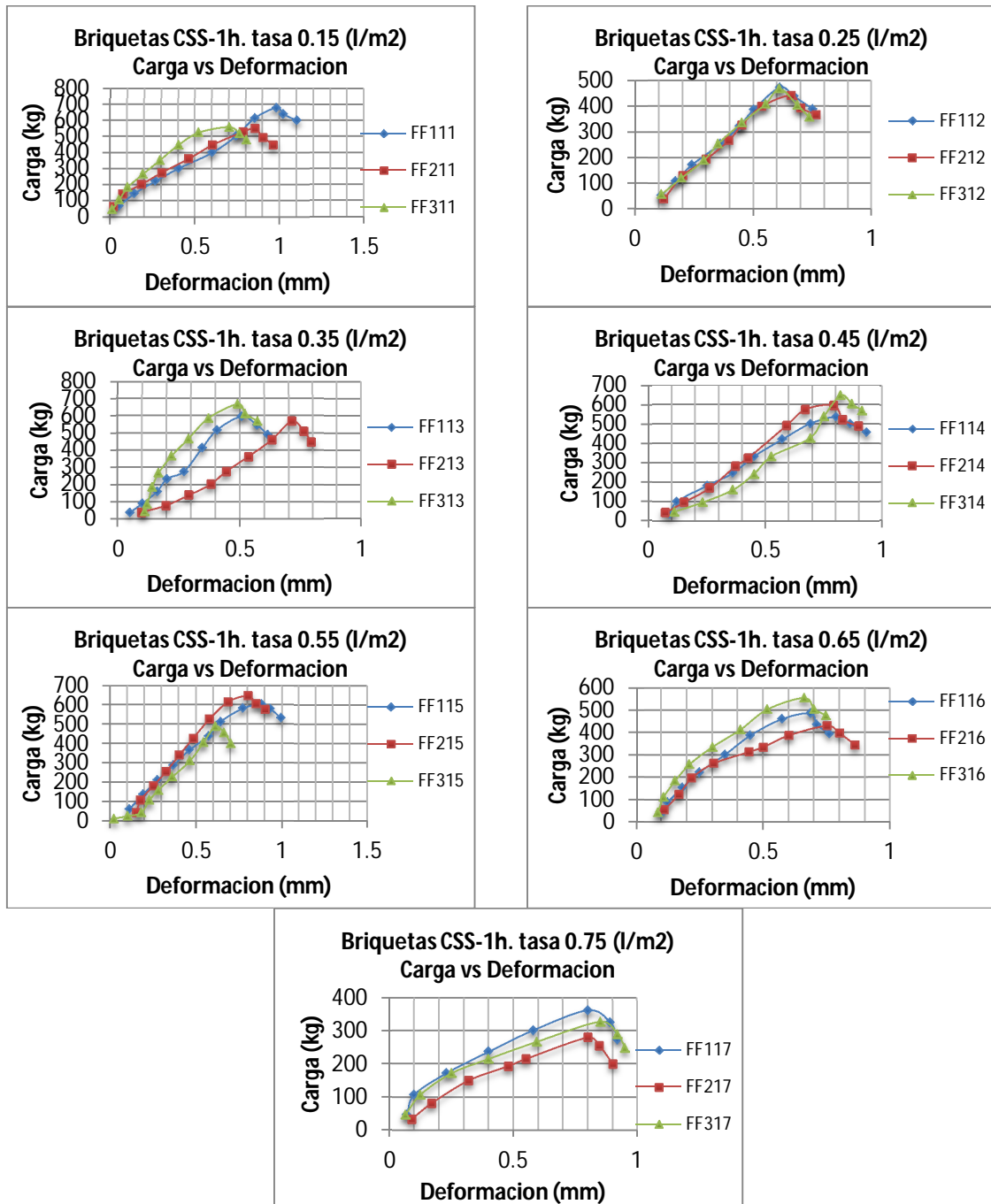
Cargas y esfuerzos máximas de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CSS-1h.
Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa Gruesa.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GG111	470	1778.60 gr	2.898	0.28
	GG211	474	1782.20 gr	2.924	0.29
	GG311	423	1764.00 gr	2.606	0.26
0.25	GG112	775	1758.70 gr	4.778	0.47
	GG212	732	1783.70 gr	4.513	0.44
	GG312	775	1767.30 gr	4.778	0.47
0.35	GG113	603	1773.70 gr	3.719	0.36
	GG213	646	1761.10 gr	3.984	0.39
	GG313	603	1774.10 gr	3.719	0.36
0.45	GG114	440	1777.20 gr	2.712	0.27
	GG214	530	1771.40 gr	3.269	0.32
	GG314	509	1766.00 gr	3.136	0.31
0.55	GG115	509	1769.90 gr	3.136	0.31
	GG215	397	1780.80 gr	2.447	0.24
	GG315	547	1777.30 gr	3.375	0.33
0.65	GG116	431	1777.00 gr	2.659	0.26
	GG216	440	1771.50 gr	2.712	0.27
	GG316	500	1782.50 gr	3.083	0.30
0.75	GG117	397	1784.90 gr	2.447	0.24
	GG217	414	1774.10 gr	2.553	0.25
	GG317	431	1778.00 gr	2.659	0.26

TABLA N° 4.2

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CSS-1h

4.3.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.3

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CSS-1h. ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica fina fina

Cargas y esfuerzos máximas de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CSS-1h.
Para la combinación de una mezcla densa Fina y una mezcla densa Fina.

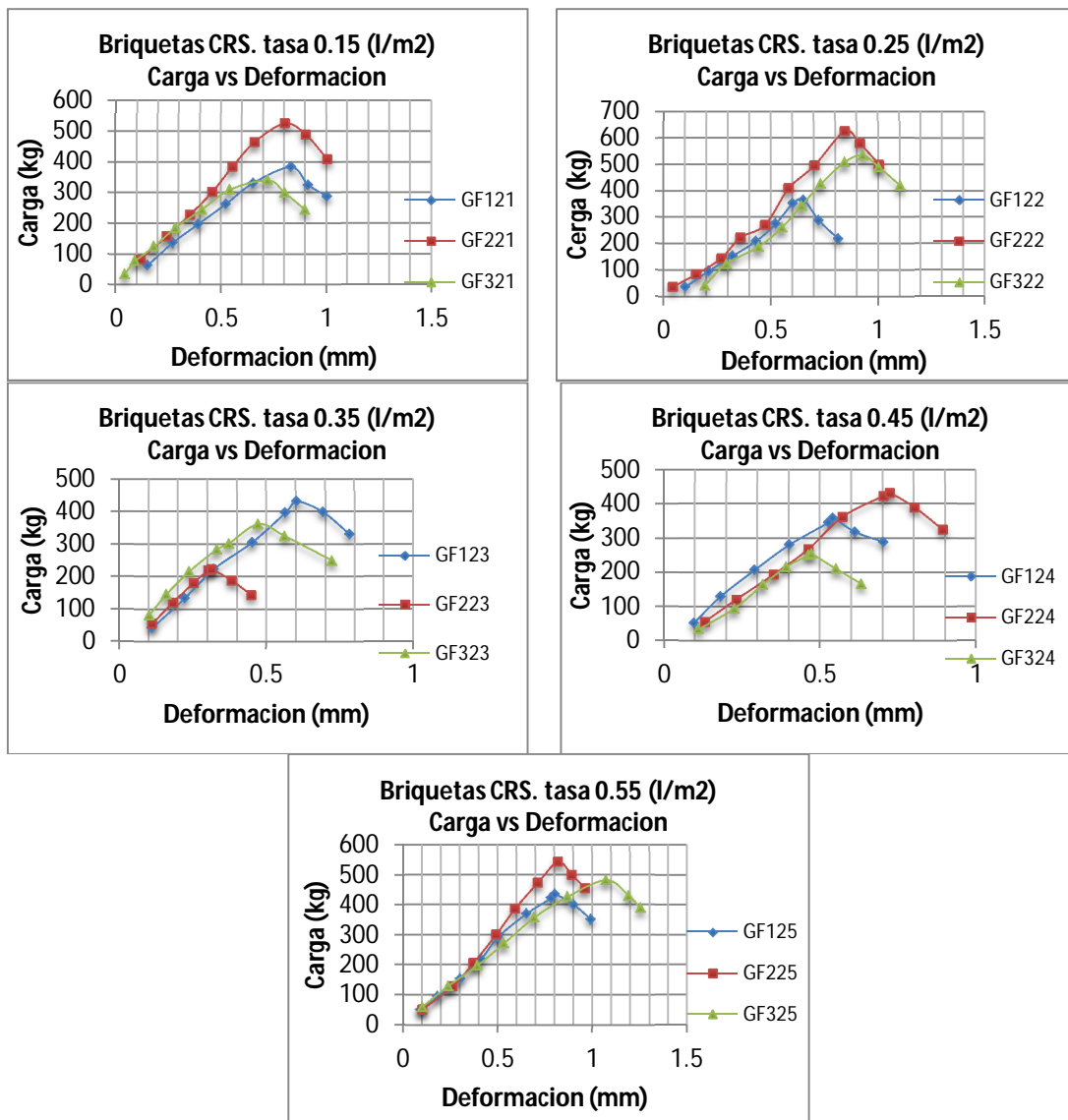
Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	FF111	680	1766.90 gr	4.196	0.41
	FF211	551	1776.12 gr	3.401	0.33
	FF311	560	1776.30 gr	3.454	0.34
0.25	FF112	474	1774.80 gr	2.924	0.29
	FF212	444	1777.40 gr	2.739	0.27
	FF312	470	1777.10 gr	2.898	0.28
0.35	FF113	594	1772.30 gr	3.666	0.36
	FF213	569	1773.20 gr	3.507	0.34
	FF313	667	1774.80 gr	4.116	0.40
0.45	FF114	534	1777.30 gr	3.295	0.32
	FF214	594	1773.90 gr	3.666	0.36
	FF314	646	1775.30 gr	3.984	0.39
0.55	FF115	603	1759.80 gr	3.719	0.36
	FF215	646	1780.80 gr	3.984	0.39
	FF315	487	1769.90 gr	3.004	0.29
0.65	FF116	487	1776.40 gr	3.004	0.29
	FF216	431	1774.90 gr	2.659	0.26
	FF316	556	1775.70 gr	3.428	0.34
0.75	FF117	362	1776.50 gr	2.234	0.22
	FF217	281	1777.10 gr	1.730	0.17
	FF317	328	1775.90 gr	2.022	0.20

TABLA N° 4.3

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CSS-1h

4.4 EMULSIÓN CRS

4.4.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA



GRAFICAS N° 4.4

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa fina

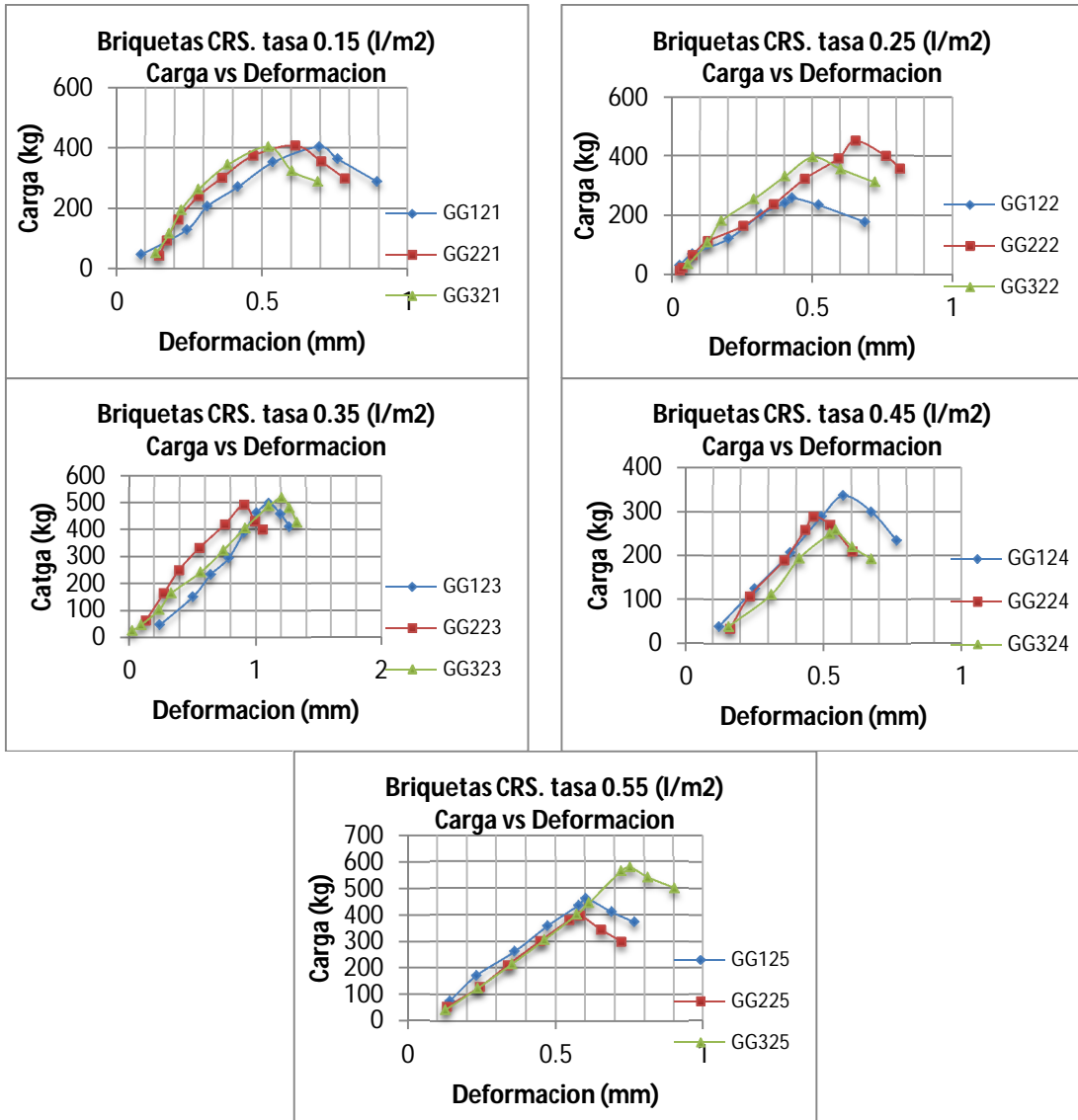
Cargas máximas de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GF121	384	1767.30 gr	2.367	0.23
	GF221	526	1764.20 gr	3.242	0.32
	GF321	341	1768.40 gr	2.102	0.21
0.25	GF122	367	1769.00 gr	2.261	0.22
	GF222	625	1767.30 gr	3.852	0.38
	GF322	534	1769.50 gr	3.295	0.32
0.35	GF123	431	1765.05 gr	2.659	0.26
	GF223	225	1766.49 gr	1.385	0.14
	GF323	362	1767.91 gr	2.234	0.22
0.45	GF124	358	1766.96 gr	2.208	0.22
	GF224	431	1773.71 gr	2.659	0.26
	GF324	255	1772.08 gr	1.571	0.15
0.55	GF125	435	1763.30 gr	2.686	0.26
	GF225	543	1769.20 gr	3.348	0.33
	GF325	483	1771.40 gr	2.977	0.29

TABLA N° 4.4

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS

4.4.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.



GRAFICAS N° 4.5

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa gruesa

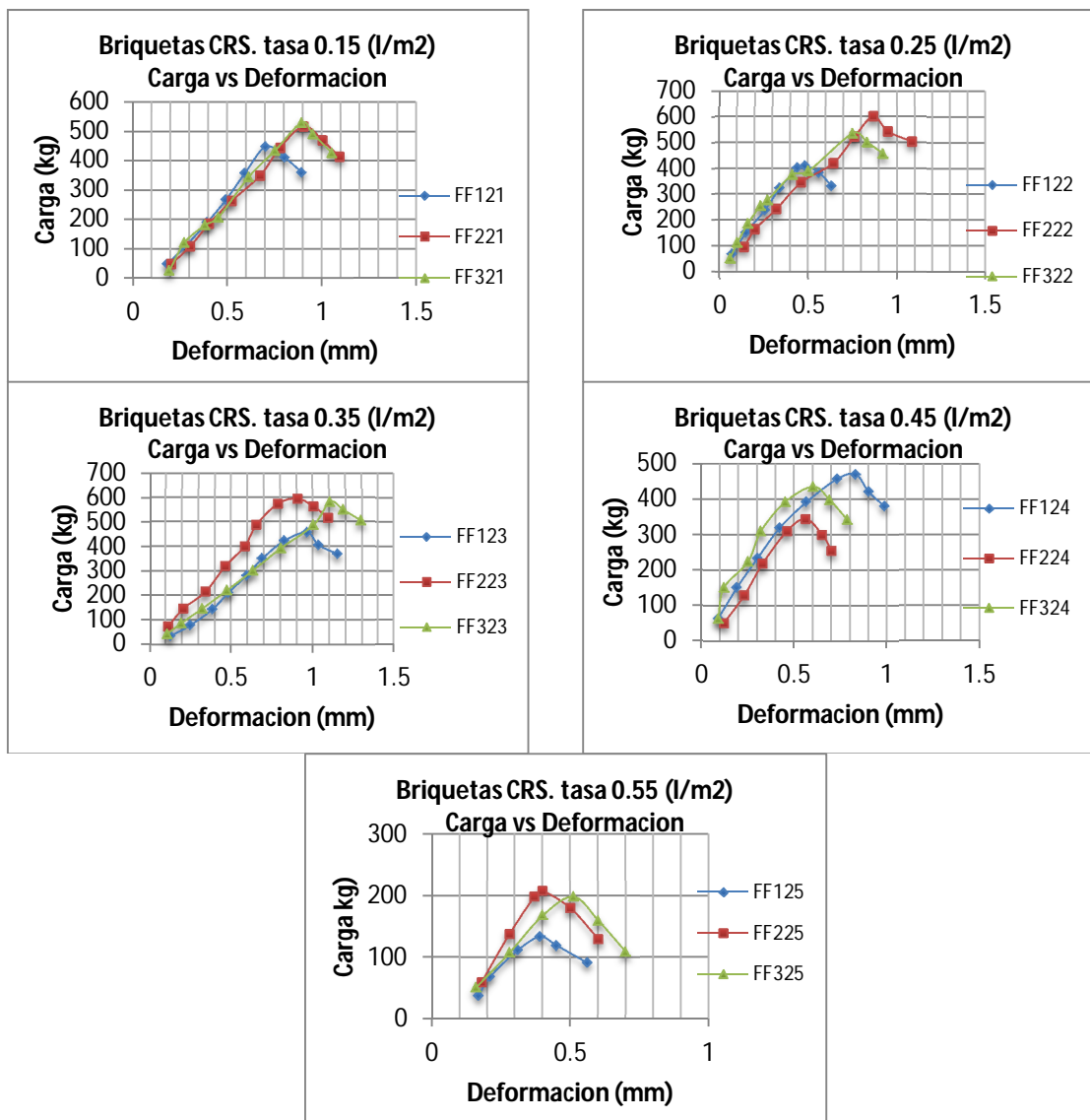
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa gruesa.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GG121	405	1758.30 gr	2.500	0.25
	GG221	410	1765.00 gr	2.526	0.25
	GG321	405	1759.30 gr	2.500	0.25
0.25	GG122	259	1751.80 gr	1.597	0.16
	GG222	453	1754.90 gr	2.792	0.27
	GG322	397	1757.70 gr	2.447	0.24
0.35	GG123	496	1760.50 gr	3.057	0.30
	GG223	491	1757.10 gr	3.030	0.30
	GG323	517	1760.40 gr	3.189	0.31
0.45	GG124	336	1777.10 gr	2.075	0.20
	GG224	289	1766.40 gr	1.783	0.17
	GG324	259	1773.50 gr	1.597	0.16
0.55	GG125	461	1769.40 gr	2.845	0.28
	GG225	397	1764.60 gr	2.447	0.24
	GG325	577	1769.40 gr	3.560	0.35

TABLA N° 4.5

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS

4.4.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.6

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica fina fina

Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS. Para la combinación de una mezcla densa fina y una mezcla densa fina.

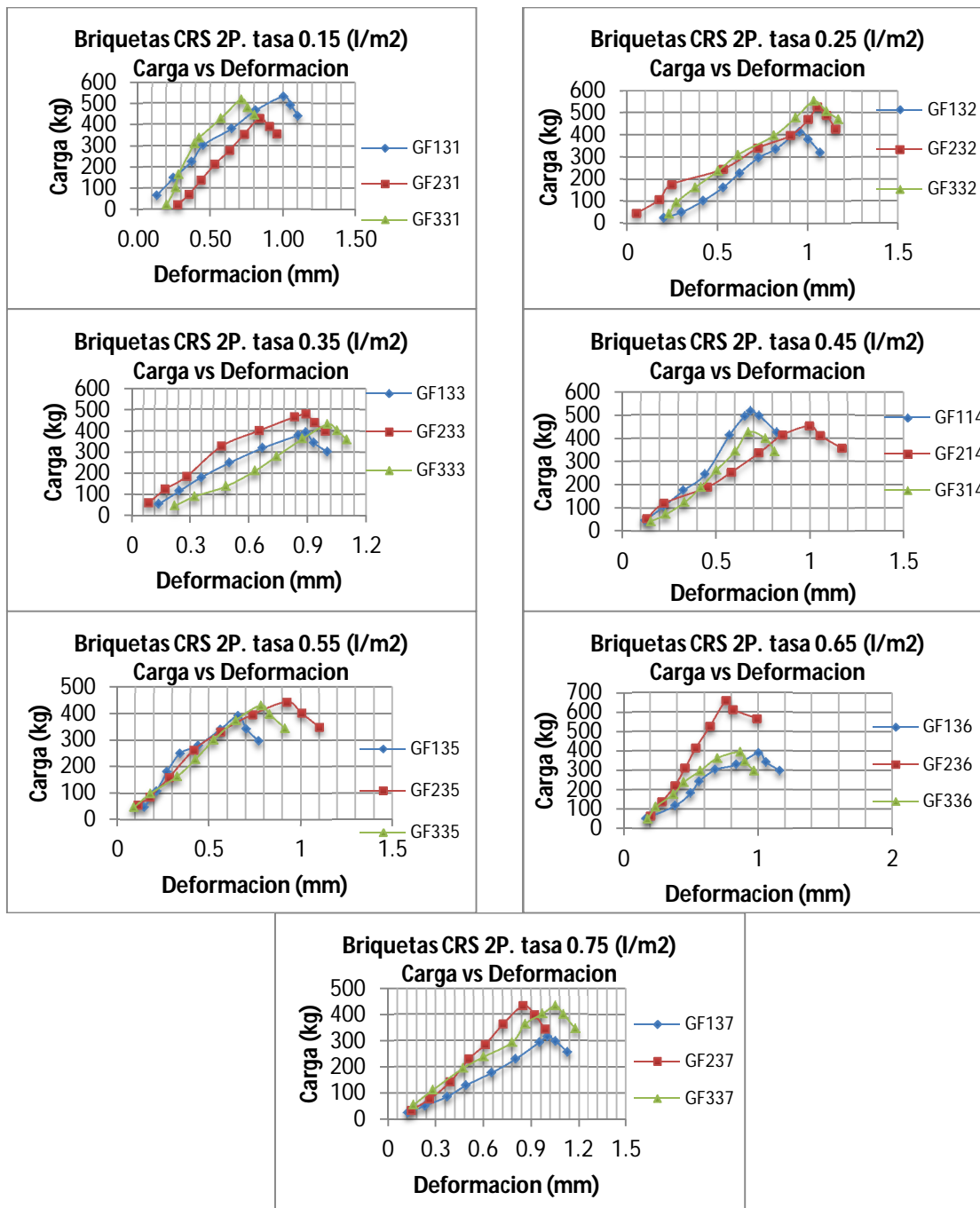
Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	FF121	560	1769.60 gr	3.454	0.34
	FF221	517	1765.40 gr	3.189	0.31
	FF321	530	1761.50 gr	3.269	0.32
0.25	FF122	410	1764.50 gr	2.526	0.25
	FF222	599	1767.90 gr	3.693	0.36
	FF322	534	1770.70 gr	3.295	0.32
0.35	FF123	457	1771.40 gr	2.818	0.28
	FF223	594	1764.10 gr	3.666	0.36
	FF323	582	1773.70 gr	3.587	0.35
0.45	FF124	470	1771.00 gr	2.898	0.28
	FF224	345	1734.30 gr	2.128	0.21
	FF324	435	1766.50 gr	2.686	0.26
0.55	FF125	134	1743.00 gr	0.827	0.08
	FF225	207	1733.50 gr	1.278	0.13
	FF325	199	1738.40 gr	1.225	0.12

TABLA N° 4.6

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS

4.5 EMULSIÓN CRS -2Pe

4.5.1 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.7

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS-2Pe. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa fina

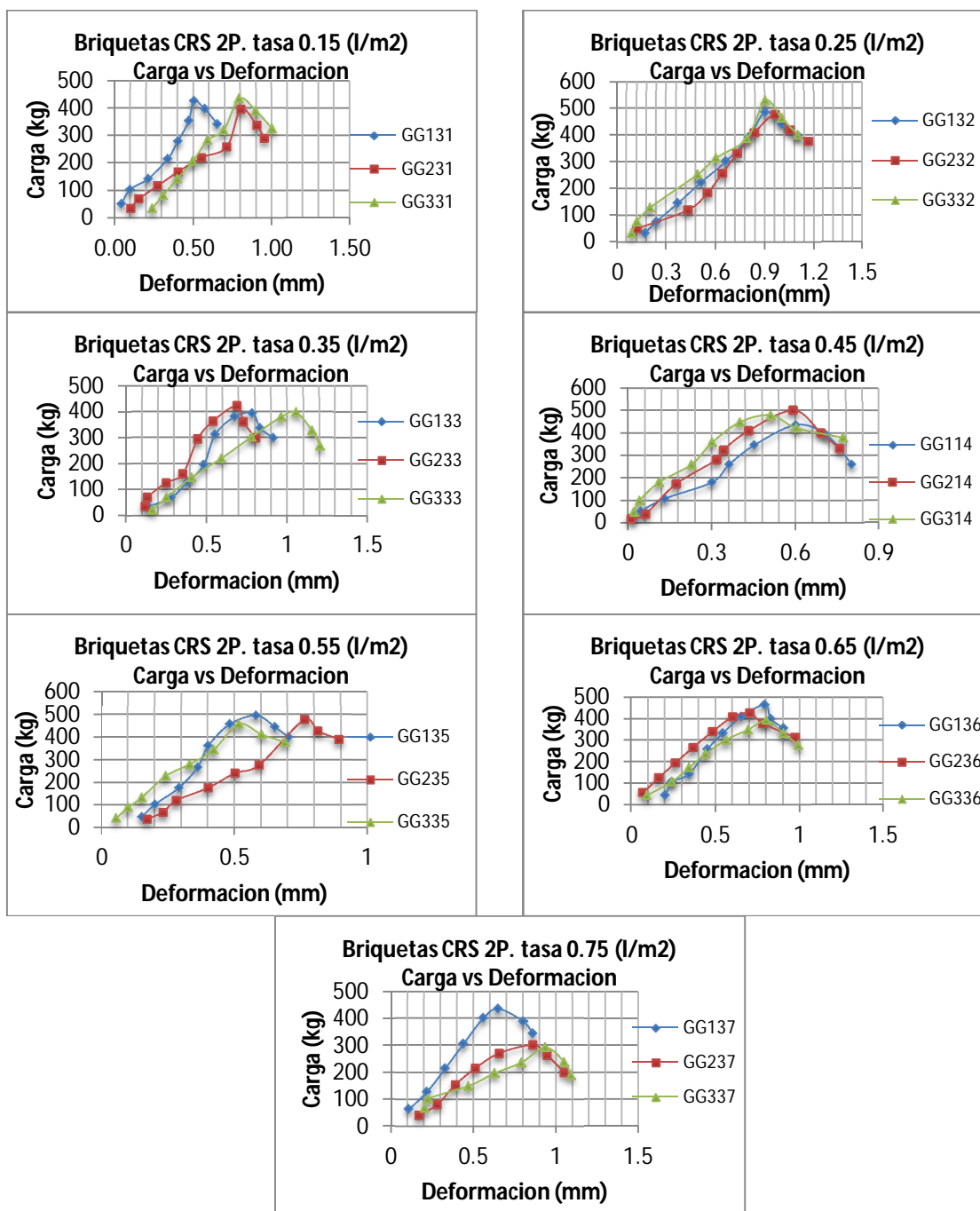
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS-2Pe.
Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS-2pe					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GF131	530	1767.10 gr	3.269	0.32
	GF231	427	1762.20 gr	2.632	0.26
	GF331	517	1765.70 gr	3.189	0.31
0.25	GF132	414	1735.00 gr	2.553	0.25
	GF232	526	1772.70 gr	3.242	0.32
	GF332	551	1766.10 gr	3.401	0.33
0.35	GF133	392	1772.30 gr	2.420	0.24
	GF233	478	1763.20 gr	2.951	0.29
	GF333	431	1753.40 gr	2.659	0.26
0.45	GF134	517	1776.10 gr	3.189	0.31
	GF234	453	1764.00 gr	2.792	0.27
	GF334	427	1780.50 gr	2.632	0.26
0.55	GF135	392	1769.20 gr	2.420	0.24
	GF235	444	1763.00 gr	2.739	0.27
	GF335	431	1772.70 gr	2.659	0.26
0.65	GF136	388	1767.30 gr	2.394	0.23
	GF236	659	1766.80 gr	4.063	0.40
	GF336	392	1767.00 gr	2.420	0.24
0.75	GF137	315	1773.00 gr	1.942	0.19
	GF237	431	1772.60 gr	2.659	0.26
	GF337	431	1767.70 gr	2.659	0.26

TABLA N° 4.7

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS-2Pe

4.5.2 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.



GRAFICAS N° 4.8

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS-2Pe. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa gruesa

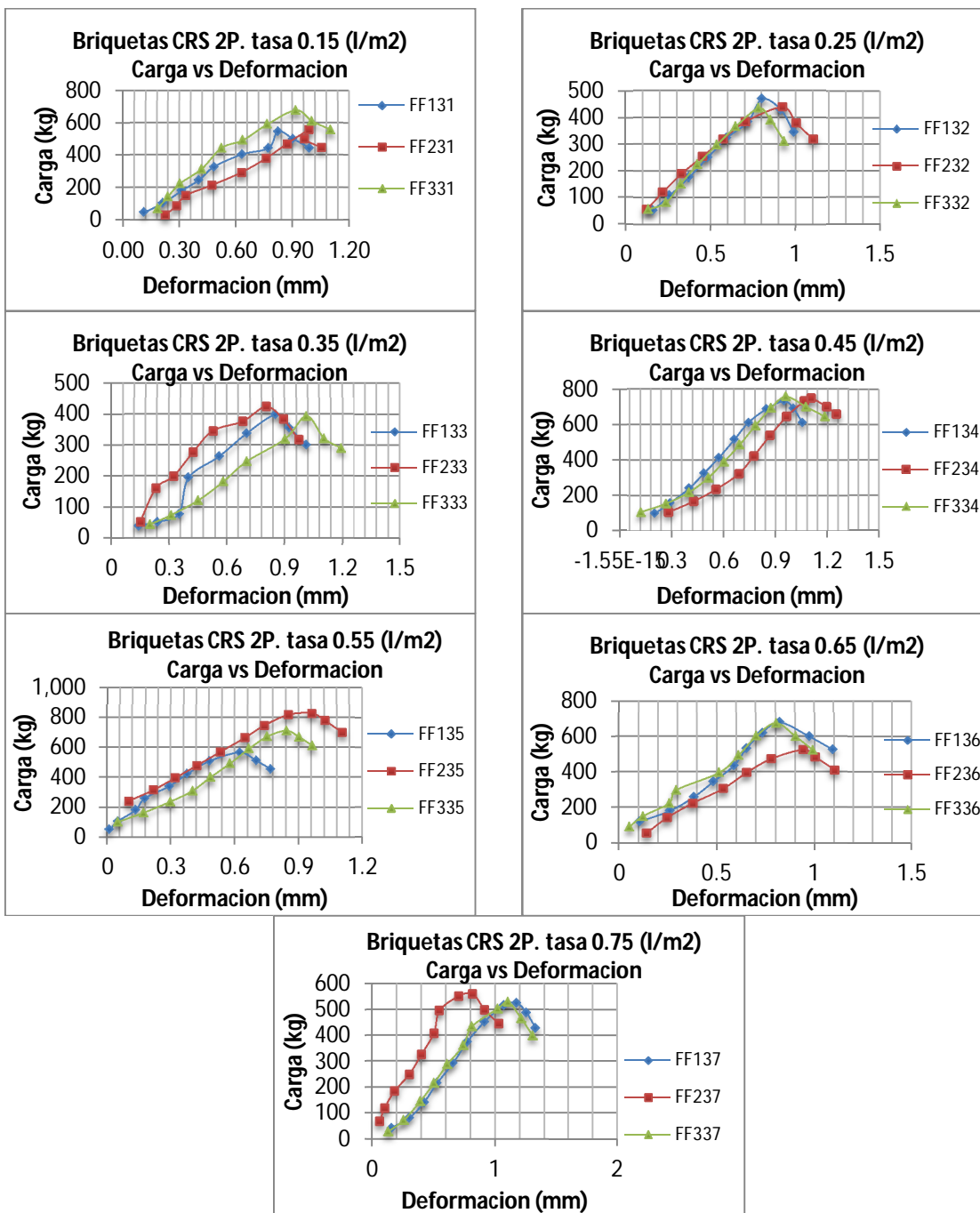
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS-2Pe.
Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa gruesa.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS-2Pe					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GG131	427	1748.30 gr	2.632	0.26
	GG231	397	1770.80 gr	2.447	0.24
	GG331	435	1769.30 gr	2.686	0.26
0.25	GG132	487	1735.00 gr	3.004	0.29
	GG232	478	1772.70 gr	2.951	0.29
	GG332	530	1766.10 gr	3.269	0.32
0.35	GG133	392	1806.20 gr	2.420	0.24
	GG233	423	1763.10 gr	2.606	0.26
	GG333	397	1756.70 gr	2.447	0.24
0.45	GG134	435	1774.20 gr	2.686	0.26
	GG234	500	1770.40 gr	3.083	0.30
	GG334	478	1766.00 gr	2.951	0.29
0.55	GG135	496	1772.40 gr	3.057	0.30
	GG235	478	1695.30 gr	2.951	0.29
	GG335	457	1775.80 gr	2.818	0.28
0.65	GG136	466	1760.80 gr	2.871	0.28
	GG236	427	1772.60 gr	2.632	0.26
	GG336	392	1775.40 gr	2.420	0.24
0.75	GG137	435	1784.90 gr	2.686	0.26
	GG237	302	1774.10 gr	1.863	0.18
	GG337	293	1778.00 gr	1.810	0.18

TABLA N° 4.8

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS-2Pe

4.5.3 BRIQUETAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS-2Pe, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.9

Diferentes tasas de aplicación con emulsión asfáltica CRS-2Pe. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica fina fina

Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con emulsión asfáltica CRS-2Pe.
Para la combinación de una mezcla densa fina y una mezcla densa fina.

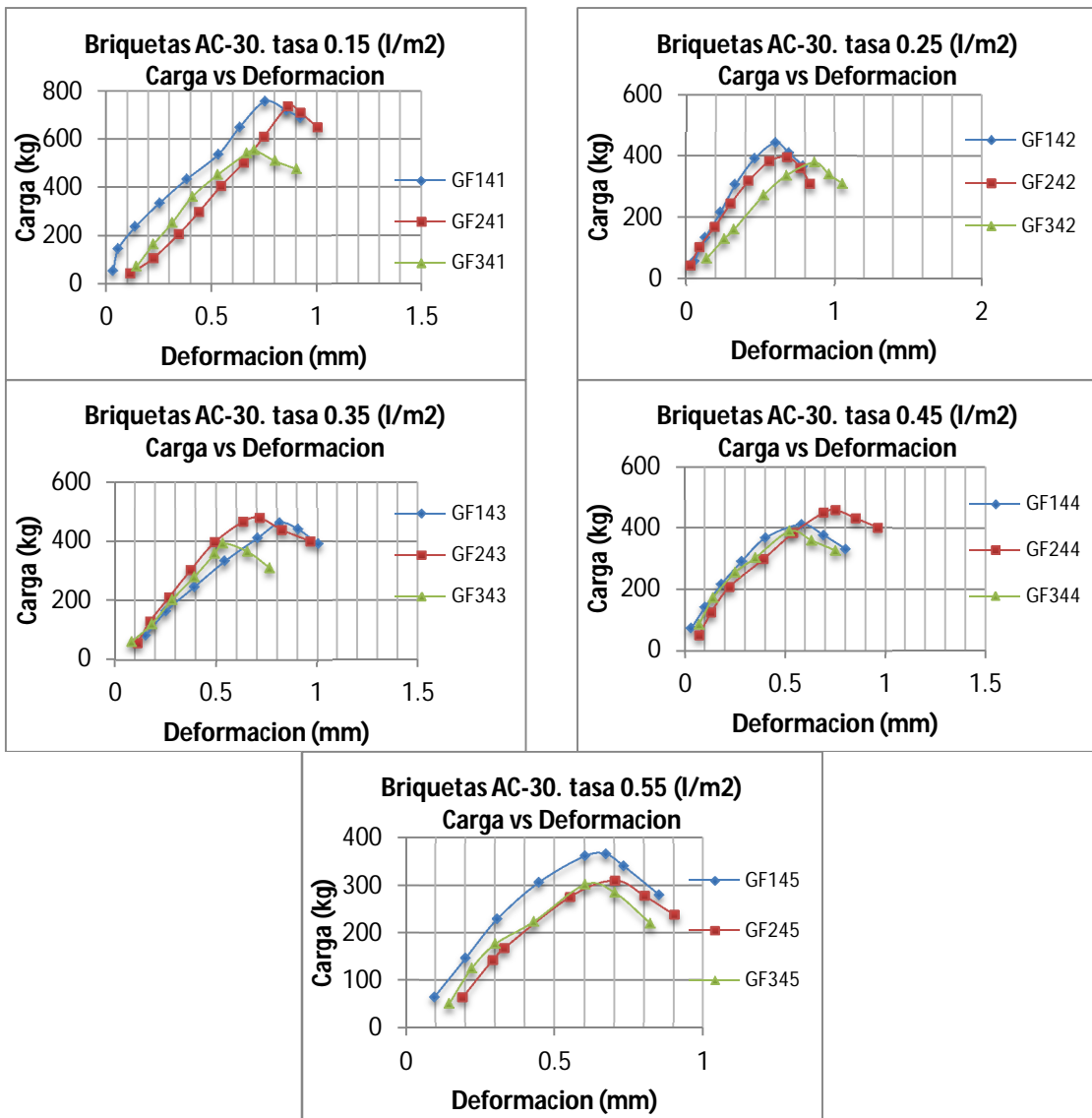
Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS-2Pe					
Tasa (l/m ²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	FF131	547	1773.00 gr	3.375	0.33
	FF231	556	1767.70 gr	3.428	0.34
	FF331	676	1770.70 gr	4.169	0.41
0.25	FF132	470	1752.40 gr	2.898	0.28
	FF232	440	1764.60 gr	2.712	0.27
	FF332	435	1764.30 gr	2.686	0.26
0.35	FF133	397	1769.00 gr	2.447	0.24
	FF233	423	1762.00 gr	2.606	0.26
	FF333	392	1767.10 gr	2.420	0.24
0.45	FF134	732	1778.60 gr	4.513	0.44
	FF234	749	1775.10 gr	4.619	0.45
	FF334	758	1777.00 gr	4.672	0.46
0.55	FF135	564	1770.40 gr	3.481	0.34
	FF235	826	1768.50 gr	5.095	0.50
	FF335	710	1766.20 gr	4.381	0.43
0.65	FF136	680	1776.40 gr	4.196	0.41
	FF236	526	1774.90 gr	3.242	0.32
	FF336	676	1775.70 gr	4.169	0.41
0.75	FF137	526	1770.40 gr	3.242	0.32
	FF237	560	1768.50 gr	3.454	0.34
	FF337	530	1766.20 gr	3.269	0.32

TABLA N° 4.9

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con emulsión asfáltica CRS-2Pe

4.6 ASFALTO VIRGEN AC-30

4.6.1 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.10

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto virgen AC-30. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa fina

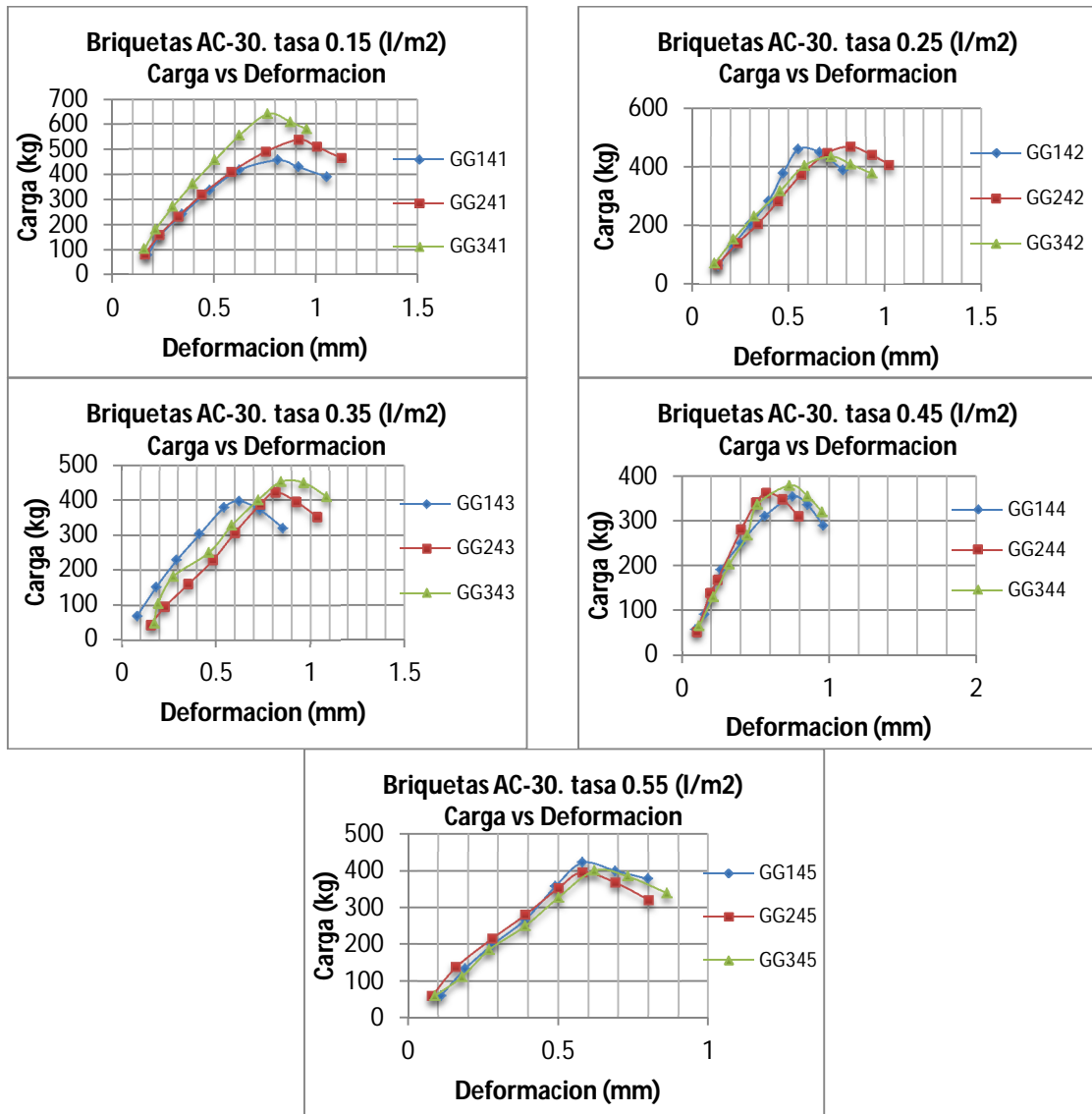
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con asfalto virgen AC-30. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión AC-30					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GF141	758	1726.40 gr	4.672	0.46
	GF241	736	1758.60 gr	4.540	0.45
	GF341	556	1761.10 gr	3.428	0.34
0.25	GF142	444	1764.80 gr	2.739	0.27
	GF242	397	1762.90 gr	2.447	0.24
	GF342	380	1770.40 gr	2.341	0.23
0.35	GF143	461	1764.50 gr	2.845	0.28
	GF243	478	1767.50 gr	2.951	0.29
	GF343	392	1746.60 gr	2.420	0.24
0.45	GF144	410	1764.30 gr	2.526	0.25
	GF244	457	1757.30 gr	2.818	0.28
	GF344	388	1771.10 gr	2.394	0.23
0.55	GF145	367	1773.60 gr	2.261	0.22
	GF245	311	1772.70 gr	1.916	0.19
	GF345	302	1769.10 gr	1.863	0.18

TABLA N° 4.10

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto virgen AC-30

4.6.2 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.



GRAFICAS N° 4.11

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto virgen AC-30. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa gruesa

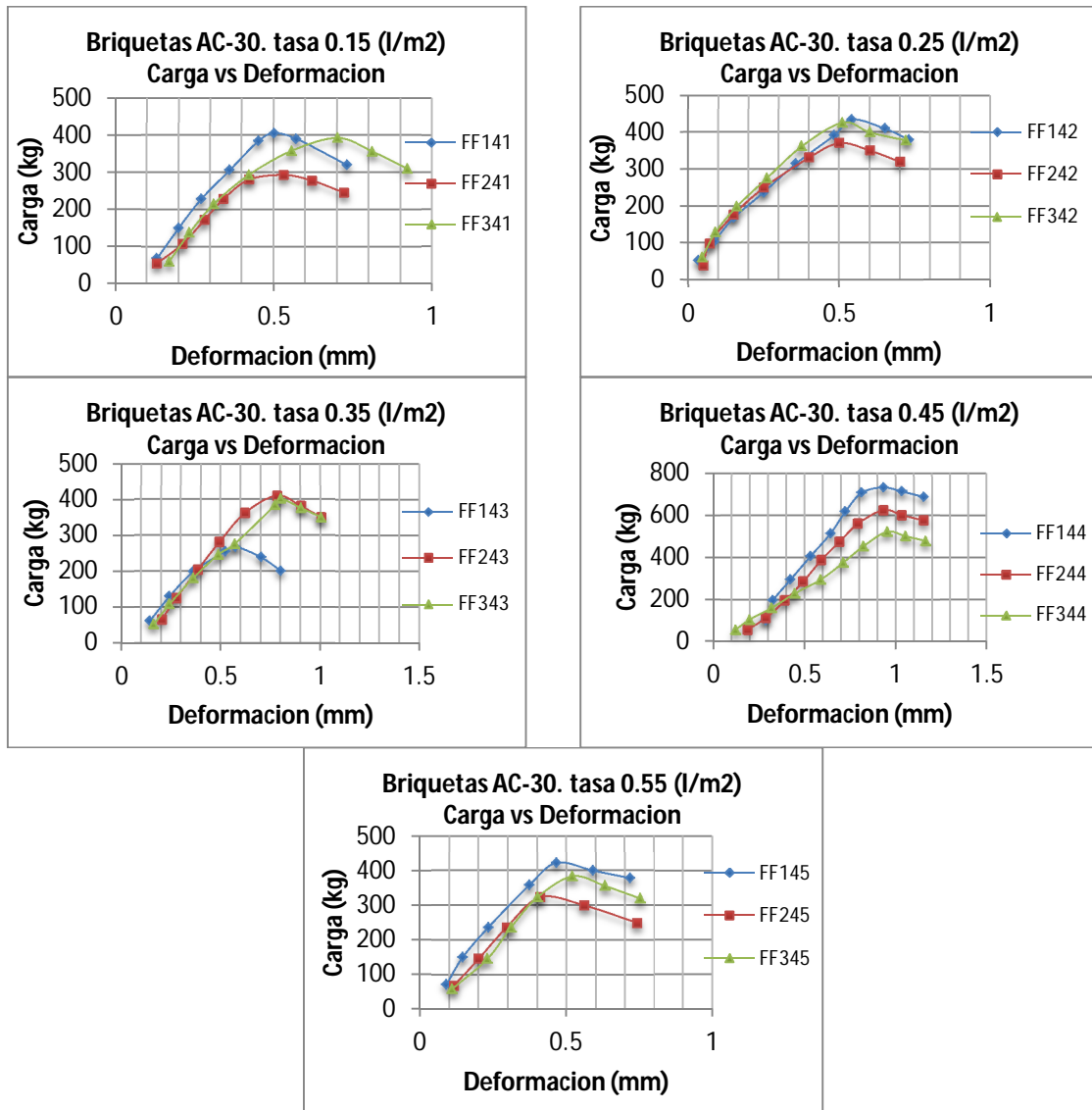
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con asfalto virgen AC-30. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa gruesa.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión AC-30					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GG141	457	1768.80 gr	2.818	0.28
	GG241	539	1763.90 gr	3.322	0.33
	GG341	642	1760.40 gr	3.957	0.39
0.25	GG142	616	1763.50 gr	3.799	0.37
	GG242	470	1761.90 gr	2.898	0.28
	GG342	500	1770.30 gr	3.083	0.30
0.35	GG143	397	1762.70 gr	2.447	0.24
	GG243	423	1770.90 gr	2.606	0.26
	GG343	483	1763.30 gr	2.977	0.29
0.45	GG144	354	1759.80 gr	2.181	0.21
	GG244	362	1769.80 gr	2.234	0.22
	GG344	380	1761.80 gr	2.341	0.23
0.55	GG145	470	1768.90 gr	2.898	0.28
	GG245	397	1763.50 gr	2.447	0.24
	GG345	401	1773.60 gr	2.473	0.24

TABLA N° 4.11

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto virgen AC-30

4.6.3 BRIQUETAS CON ASFALTO VIRGEN AC-30, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.12

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto virgen AC-30. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica fina fina

Cargas esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con Asfalto virgen AC-30. Para la combinación de una mezcla densa fina y una mezcla densa fina.

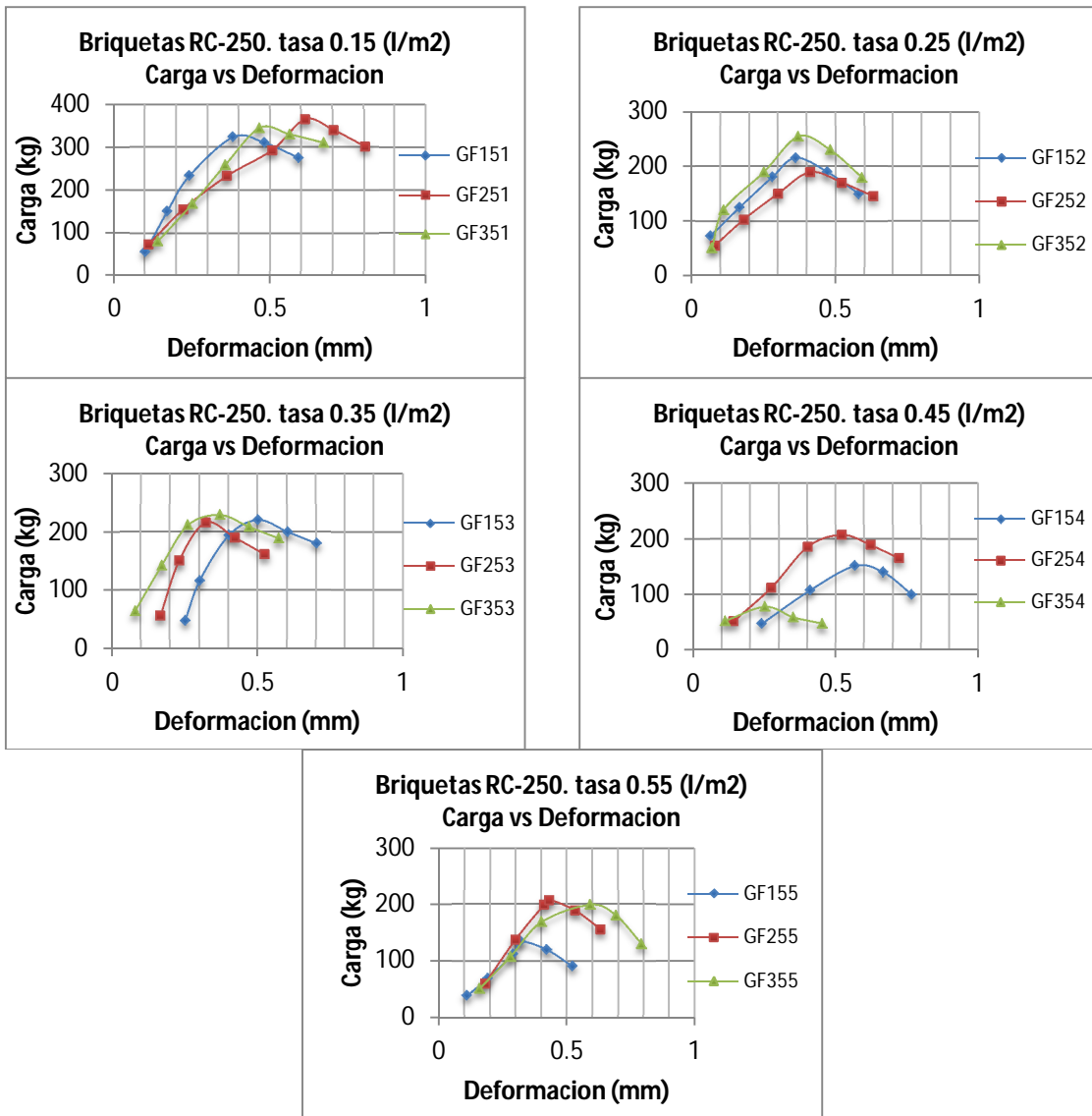
Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión AC-30					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	FF141	405	1775.10 gr	2.500	0.25
	FF241	293	1762.50 gr	1.810	0.18
	FF341	392	1774.40 gr	2.420	0.24
0.25	FF142	435	1773.90 gr	2.686	0.26
	FF242	371	1776.70 gr	2.288	0.22
	FF342	427	1767.50 gr	2.632	0.26
0.35	FF143	268	1771.80 gr	1.650	0.16
	FF243	410	1781.50 gr	2.526	0.25
	FF343	401	1769.20 gr	2.473	0.24
0.45	FF144	732	1769.80 gr	4.513	0.44
	FF244	625	1780.10 gr	3.852	0.38
	FF344	521	1771.70 gr	3.216	0.32
0.55	FF145	620	1759.00 gr	3.825	0.38
	FF245	496	1772.80 gr	3.057	0.30
	FF345	435	1774.80 gr	2.686	0.26

TABLA N° 4.12

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto virgen AC-30

4.7 ASFALTO REBAJADO RC-250

4.7.1 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.13

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto rebajado RC-250. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa fina

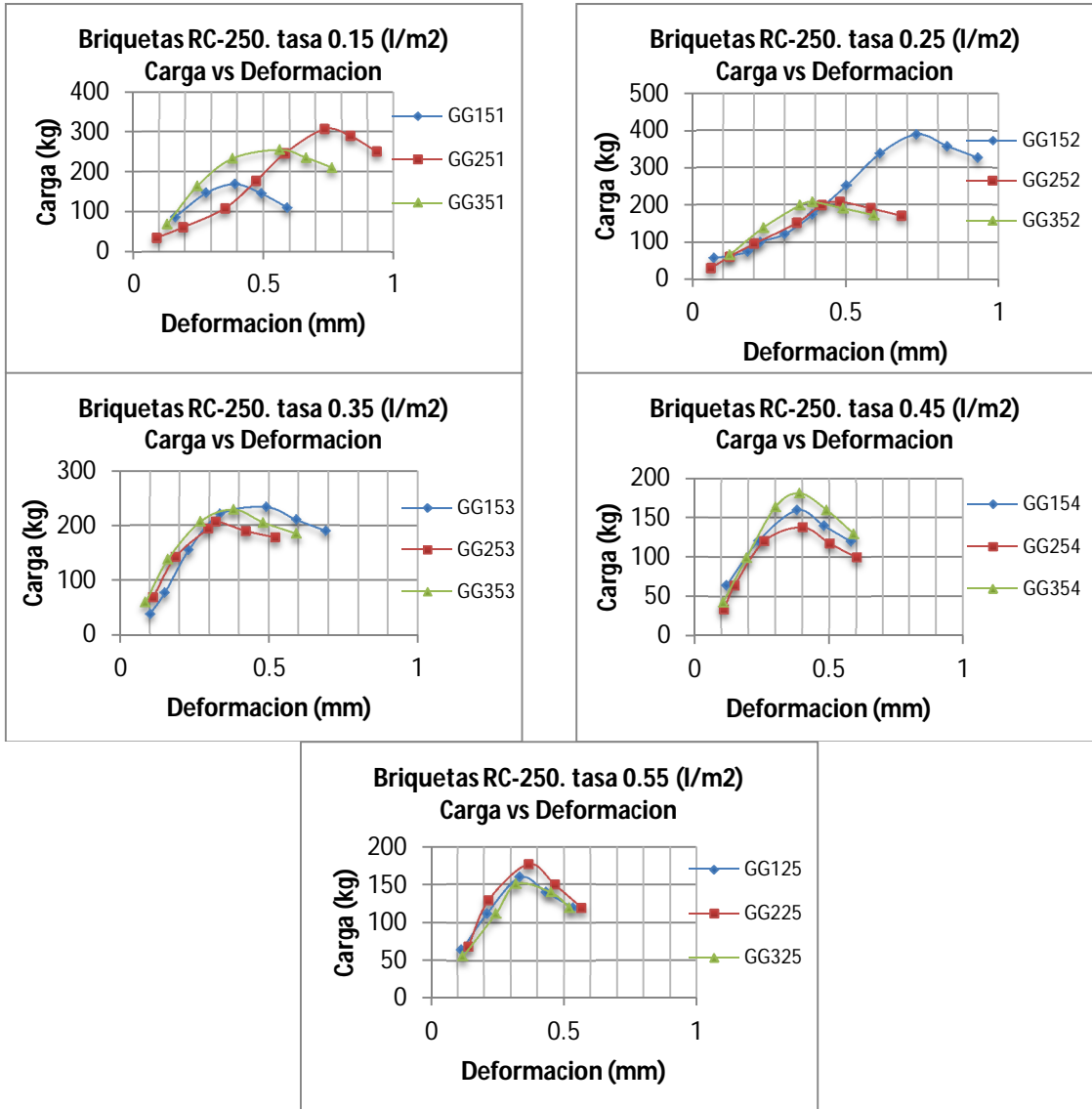
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con asfalto rebajado RC-250. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión RC-250					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GF151	388	1735.10 gr	2.394	0.23
	GF251	302	1729.50 gr	1.863	0.18
	GF351	345	1730.30 gr	2.128	0.21
0.25	GF152	216	1739.80 gr	1.332	0.13
	GF252	190	1735.50 gr	1.172	0.12
	GF352	255	1733.80 gr	1.571	0.15
0.35	GF153	220	1741.00 gr	1.358	0.13
	GF253	216	1739.90 gr	1.332	0.13
	GF353	229	1727.00 gr	1.411	0.14
0.45	GF154	151	1730.30 gr	0.933	0.09
	GF254	207	1734.80 gr	1.278	0.13
	GF354	78	1740.10 gr	0.481	0.05
0.55	GF155	134	1743.00 gr	0.827	0.08
	GF255	207	1733.50 gr	1.278	0.13
	GF355	199	1738.40 gr	1.225	0.12

TABLA N° 4.13

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto Rebajado RC-250

4.7.2 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA GRUESA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA GRUESA.



GRAFICAS N° 4.14

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto rebajado RC-250. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica gruesa gruesa

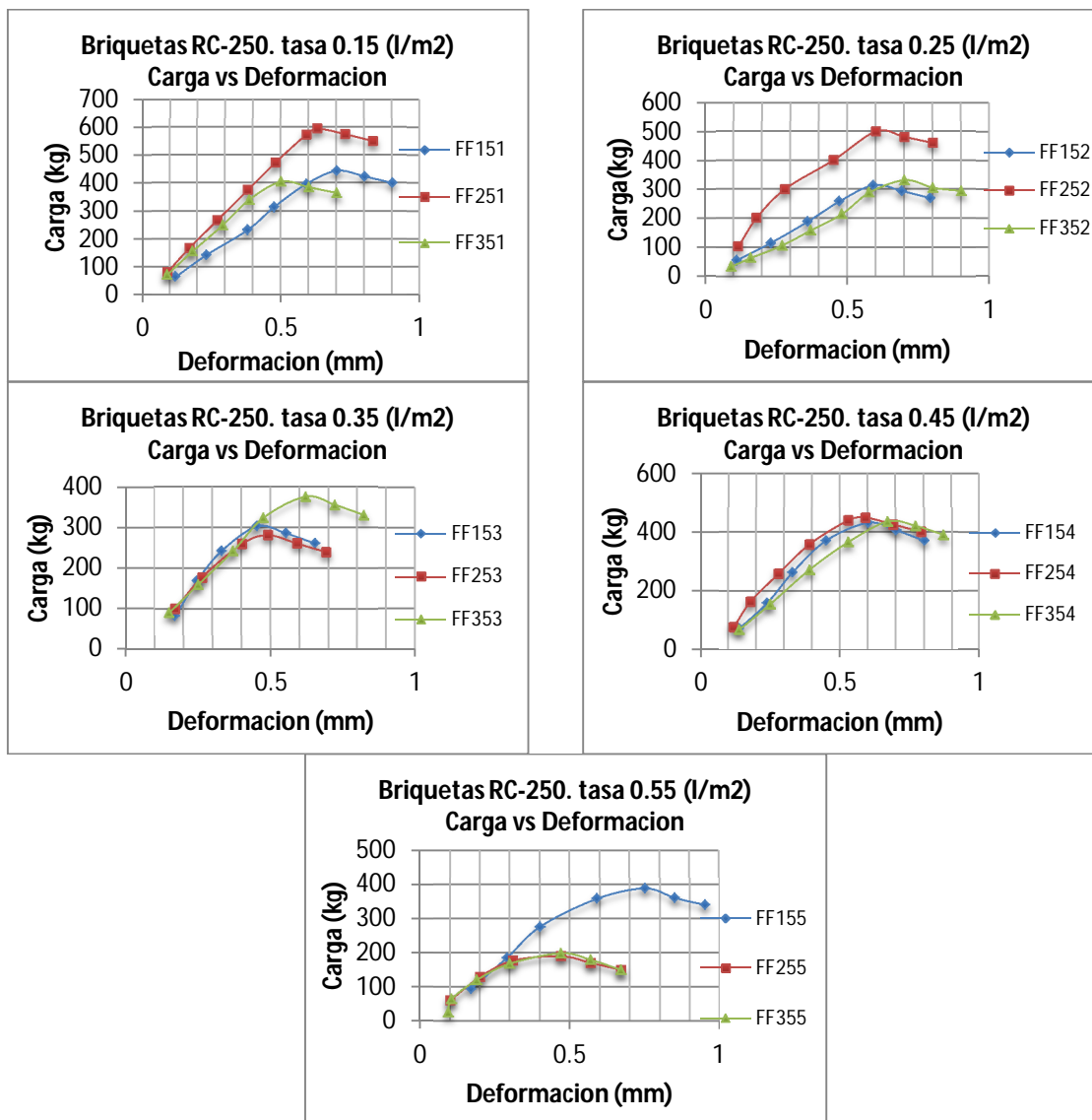
Cargas y esfuerzos máximos de las briquetas ligadas con asfalto rebajado RC-250. Para la combinación de una mezcla densa gruesa y una mezcla densa gruesa.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión RC-250					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	GG151	169	1759.40 gr	1.039	0.10
	GG251	306	1764.00 gr	1.889	0.19
	GG351	255	1762.50 gr	1.571	0.15
0.25	GG152	388	1766.00 gr	2.394	0.23
	GG252	207	1757.60 gr	1.278	0.13
	GG352	207	1770.00 gr	1.278	0.13
0.35	GG153	233	1768.80 gr	1.438	0.14
	GG253	207	1756.90 gr	1.278	0.13
	GG353	229	1764.30 gr	1.411	0.14
0.45	GG154	160	1773.10 gr	0.986	0.10
	GG254	138	1767.50 gr	0.853	0.08
	GG354	181	1762.50 gr	1.119	0.11
0.55	GG155	160	1767.70 gr	0.986	0.10
	GG255	177	1771.50 gr	1.092	0.11
	GG355	151	1769.90 gr	0.933	0.09

TABLA N° 4.14

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto Rebajado RC-250

4.7.3 BRIQUETAS CON ASFALTO REBAJADO RC-250, MEZCLAS ASFÁLTICAS DENSA FINA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA DENSA FINA.



GRAFICAS N° 4.15

Diferentes tasas de aplicación con Asfalto rebajado RC-250. Ensayadas por el método LCB. Con mezcla asfáltica fina fina

Cargas máximas de las briquetas ligadas con Asfalto rebajado RC-250. Para la combinación de una mezcla densa fina y una mezcla densa fina.

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión RC-250					
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA	PESO DE BRIQUETA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.15	FF151	444	1737.80 gr	2.739	0.27
	FF251	594	1735.70 gr	3.666	0.36
	FF351	405	1732.20 gr	2.500	0.25
0.25	FF152	315	1737.00 gr	1.942	0.19
	FF252	500	1733.70 gr	3.083	0.30
	FF352	332	1731.60 gr	2.049	0.20
0.35	FF153	302	1741.70 gr	1.863	0.18
	FF253	281	1735.70 gr	1.730	0.17
	FF353	375	1738.00 gr	2.314	0.23
0.45	FF154	431	1738.10 gr	2.659	0.26
	FF254	448	1743.80 gr	2.765	0.27
	FF354	435	1743.20 gr	2.686	0.26
0.55	FF155	388	1736.40 gr	2.394	0.23
	FF255	190	1740.00 gr	1.172	0.12
	FF355	199	1735.50 gr	1.225	0.12

TABLA N° 4.15

Nombres, pesos y esfuerzos de briquetas hechas con asfalto Rebajado RC-250

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Inicialmente se calcularon los esfuerzos para cada ligante con diferente tasa y diferente unión de mezclas asfálticas.

Para poder tomar el valor representativo del esfuerzo máximo de tres datos con las mismas características pero con resultados variables, y mantener la variabilidad natural de los datos se tomó el criterio de seleccionar la MEDIANA

Ejemplo:

Para las briquetas 1,2 y 3 hechas uniendo una mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ con una mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$, con emulsión asfáltica CSS-1h a una tasa de 0.15 l/m^2

Se tiene los valores siguientes de carga en kilogramos.

GF111	616
GF211	594
GF311	509

TABLA N° 5.1
Cargas que soportaron las briquetas

Los datos son ordenados de forma ascendente o descendente, para el nuestro caso se ordenaron de forma descendente, tomando como dato representativo 594 kg, la mediana

GF111	616
GF211	594
GF311	509

TABLA N° 5.2
Selección de la carga a utilizar

Este valor representa un esfuerzo cortante para una briqueta unida con una mezcla asfáltica densa gruesa con una mezcla asfáltica densa fina, con emulsión asfáltica CSS-1h a una tasa de 0.15 l/m² de 3.67 kg/cm² o 0.37 Mpa

5.2 ANÁLISIS DE VARIABLES

5.2.1 PROBETAS MONOLÍTICAS Y SIN LIGANTE

Se construyeron probetas monolíticas y probetas de doble capa sin aplicar riego como ligante de las diferentes mezclas asfálticas utilizadas en la investigación, para poder ser usados como parámetros de comparación.

En caso de las monolíticas las condiciones ideales y en caso de las probetas doble capa sin ligante como adherente como valor mínimo.

No es posible tener el esfuerzo máximo de una carpeta monolítica de dos mezclas asfálticas diferentes, sin embargo para poder determinar el esfuerzo máximo de esta, se determinó el máximo esfuerzo para una carpeta densa gruesa monolítica y el esfuerzo máximo de una carpeta densa fina monolítica, con dichos valores se sumaron y dividieron entre dos así se obtuvo el esfuerzo promedio máximo de una briqueta monolítica doble capa.

Como se muestra a continuación:

	BRIQUETA MONOLÍTICA DENSA GRUESA 3/4	BRIQUETA MONOLÍTICA DENSA FINA 1/2	BRIQUETA MONOLÍTICA DOBLE CAPA DENSA GRUESA 3/4 DENSA FINA 1/2
N°	CARGA (kg)	CARGA (kg)	CARGA PROMEDIO (kg)
1	1036	1250	1143
2	1309	1378	1344
3	1160	1275	1218

TABLA N° 5.3

Determinación de la carga máxima de una briqueta monolítica Gruesa Fina

La nomenclatura utilizada para identificación de las briquetas fue la siguiente:

MONOLÍTICAS

- Para briquetas monolíticas con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada se utilizaron las letras MGG.
- Para briquetas monolíticas con mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada se utilizaron las letras MFF
- Para briquetas monolíticas con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada y mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada se utilizaron las letras MGF, esta como antes se mencionó se determinó como el promedio de las mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina.

SIN LIGANTE

- Para briquetas unidas sin ligante con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada y mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada se utilizaron las letras GF.

- Para briquetas unidas sin ligante con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada y mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada se utilizaron las letras GG.

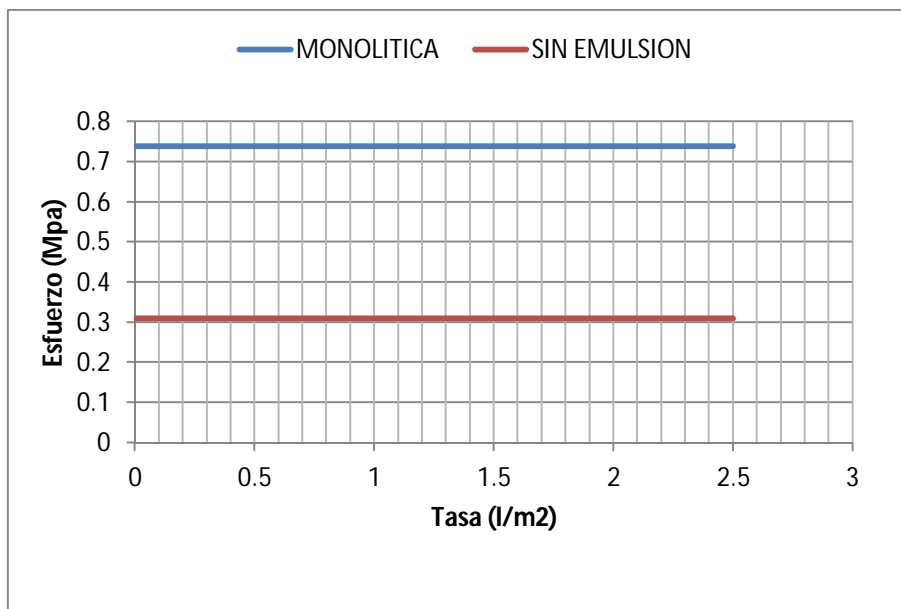
- Para briquetas unidas sin ligante con mezclas asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada y mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada se utilizaron las letras FF.

Esfuerzo máximo de una briqueta monolítica (MGG) y esfuerzo máximo de una briqueta doble capa, uniendo una capa de mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$, con una capa de mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ (GF)

Esfuerzo máximo promedio de briquetas monolíticas					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
MGF	1143	1,235	1,218	7.51	0.74
	1344				
	1218				
Esfuerzo máximo promedio de briquetas ligante					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF	423	513	517	3.19	0.31
	517				
	599				

TABLA N° 5.4

Nombres esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y sin emulsión de mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.1

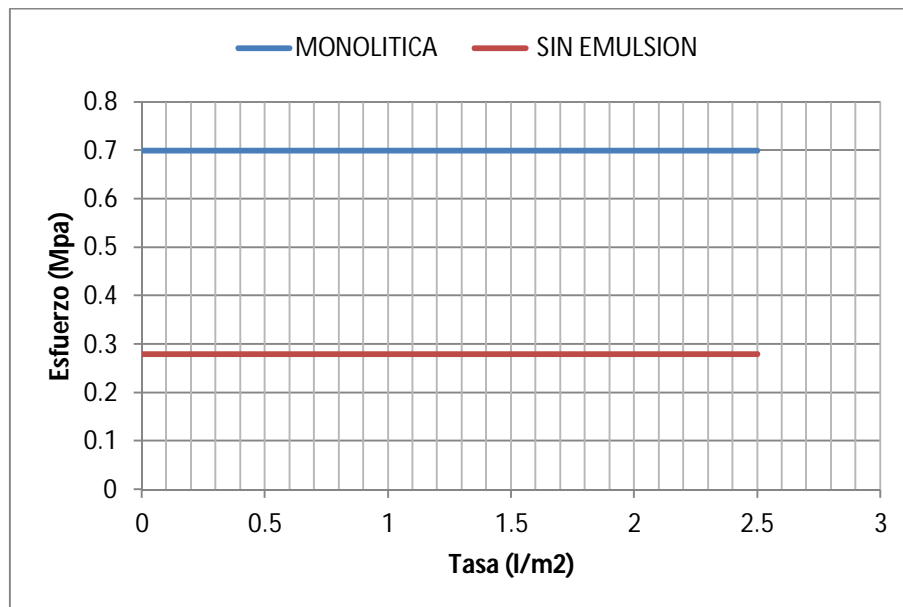
Esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y briquetas sin ligante

Esfuerzo máximo de una briqueta monolítica (MGG) y esfuerzo máximo de una briqueta doble capa, uniendo una capa de mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$, con una capa de mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ (GG)

Esfuerzo máximo promedio de briquetas monolíticas					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
MGG	1036	1,168	1,160	7.15	0.70
	1309				
	1160				
Esfuerzo máximo promedio de briquetas sin ligante					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG	560	463	457	2.82	0.28
	457				
	371				

TABLA N° 5.5

Nombres esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y sin emulsión de mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.2

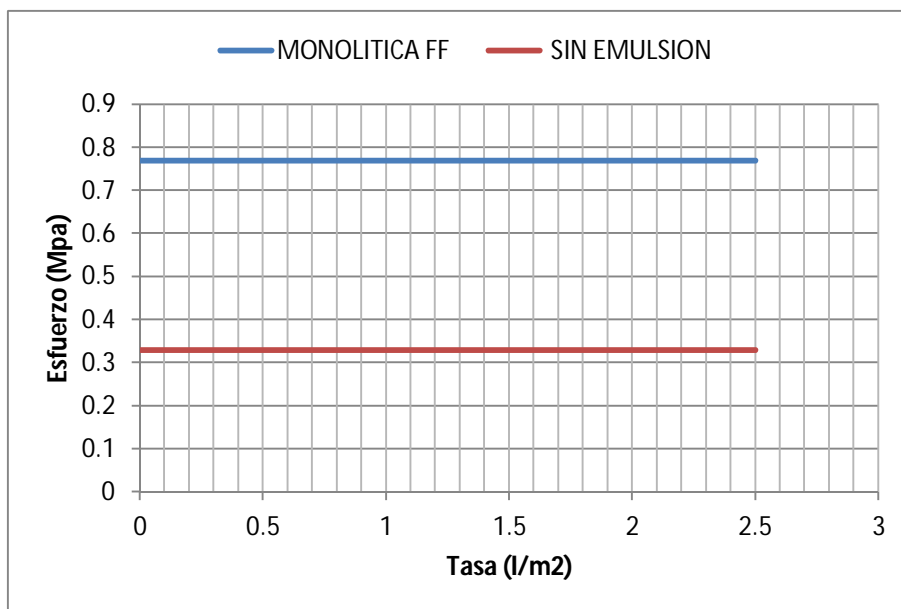
Esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y briquetas sin ligante

Esfuerzo máximo de una briqueta monolítica (MFF) y esfuerzo máximo de una briqueta doble capa, uniendo una capa de mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$, con una capa de mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ (FF)

Esfuerzo máximo promedio de briquetas monolíticas					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
MFF	1250	1,301	1,275	7.86	0.77
	1378				
	1275				
Esfuerzo máximo promedio de briquetas sin ligante					
NOMBRE	CARGA	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF	543	529	543	3.35	0.33
	487				
	556				

TABLA N° 5.6

Nombres y esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y sin emulsión de mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.3

Esfuerzos máximos de briquetas monolíticas y briquetas sin ligante

5.3 EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1h

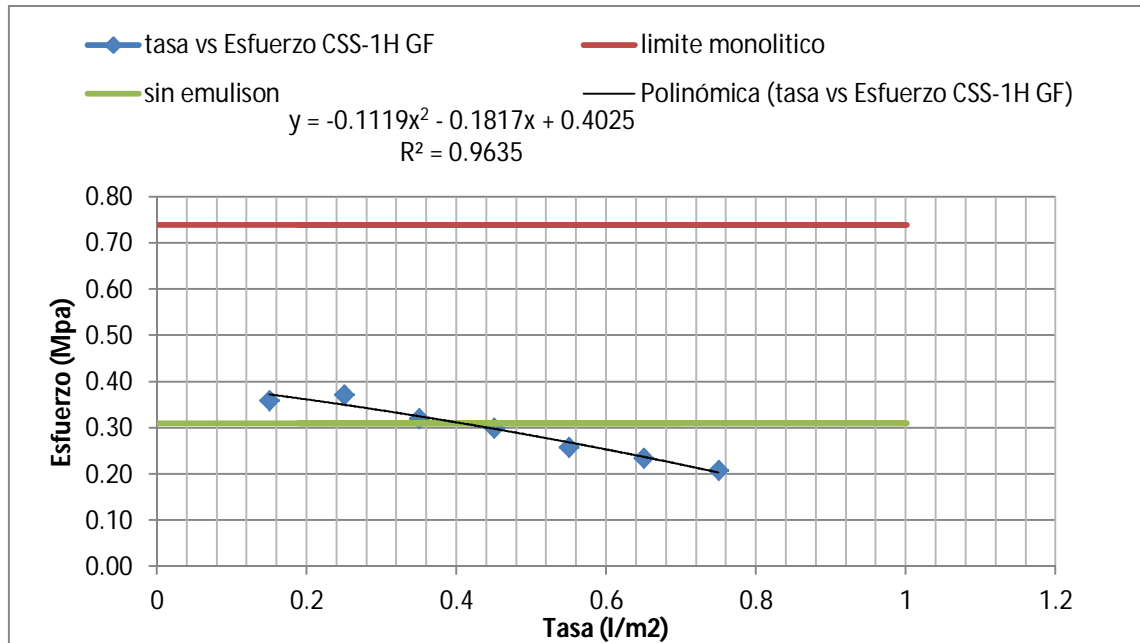
Variación de dosis de residuos aplicada

5.3.1 MEZCLAS GRUESA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF111	616	573	594	3.67	0.36
GF211	594				
GF311	509				
GF112	637	607	616	3.80	0.37
GF212	569				
GF312	616				
GF113	474	524	530	3.27	0.32
GF213	530				
GF313	569				
GF114	470	491	496	3.06	0.30
GF214	496				
GF314	509				
GF115	397	418	427	2.63	0.26
GF215	431				
GF315	427				
GF116	388	462	388	2.39	0.23
GF216	625				
GF316	372				
GF117	345	336	345	2.13	0.21
GF217	311				
GF317	354				

TABLA N° 5.7

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CSS-1h con mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.4
Esfuerzo vs tasa. Dosis optima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CSS-1h

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -0.1119x^2 - 0.1817x + 0.4025$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.3804$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3804 Mpa , representando un 51.35% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

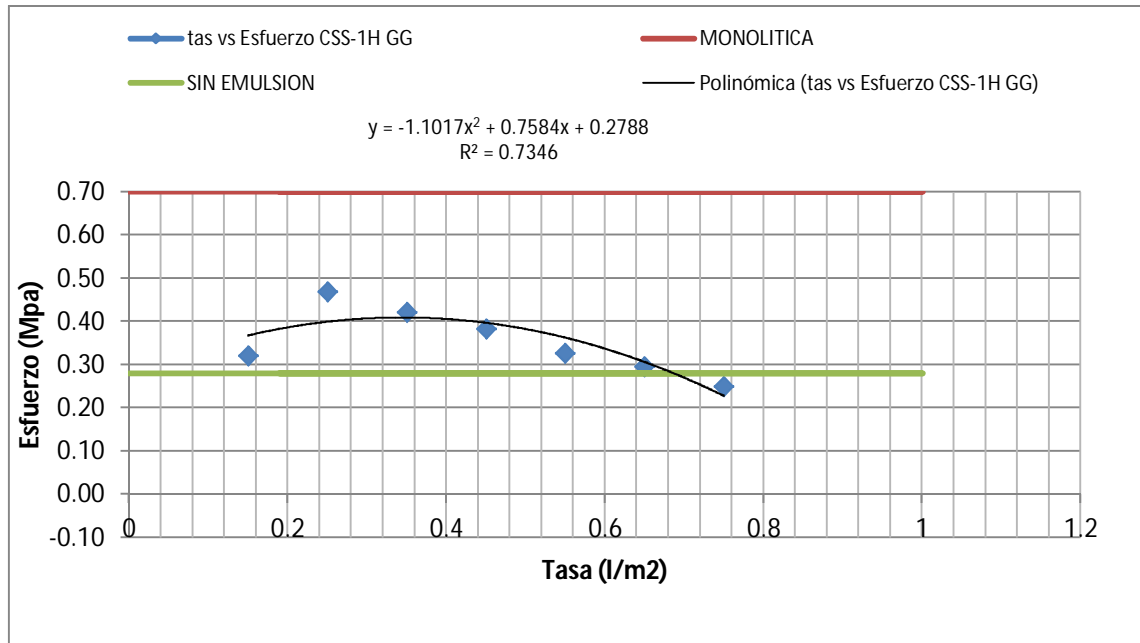
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.25	0.06	0.3804

5.3.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG111	569	508	531	3.27	0.32
GG211	531				
GG311	423				
GG112	775	760	775	4.78	0.47
GG212	732				
GG312	775				
GG113	698	682	698	4.30	0.42
GG213	646				
GG313	702				
GG114	440	580	635	3.92	0.38
GG214	635				
GG314	665				
GG115	540	497	540	3.33	0.33
GG215	397				
GG315	554				
GG116	490	480	490	3.02	0.30
GG216	440				
GG316	510				
GG117	397	414	414	2.55	0.25
GG217	414				
GG317	431				

TABLA N° 5.8

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CSS-1h con mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.5
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CSS-1h

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -1.1017x^2 + 0.7584x + 0.2788$$

Para un valor de $X = 0.35$ tenemos un máximo $Y = 0.4144$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.35 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.4144 Mpa , representando un 58.7% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas

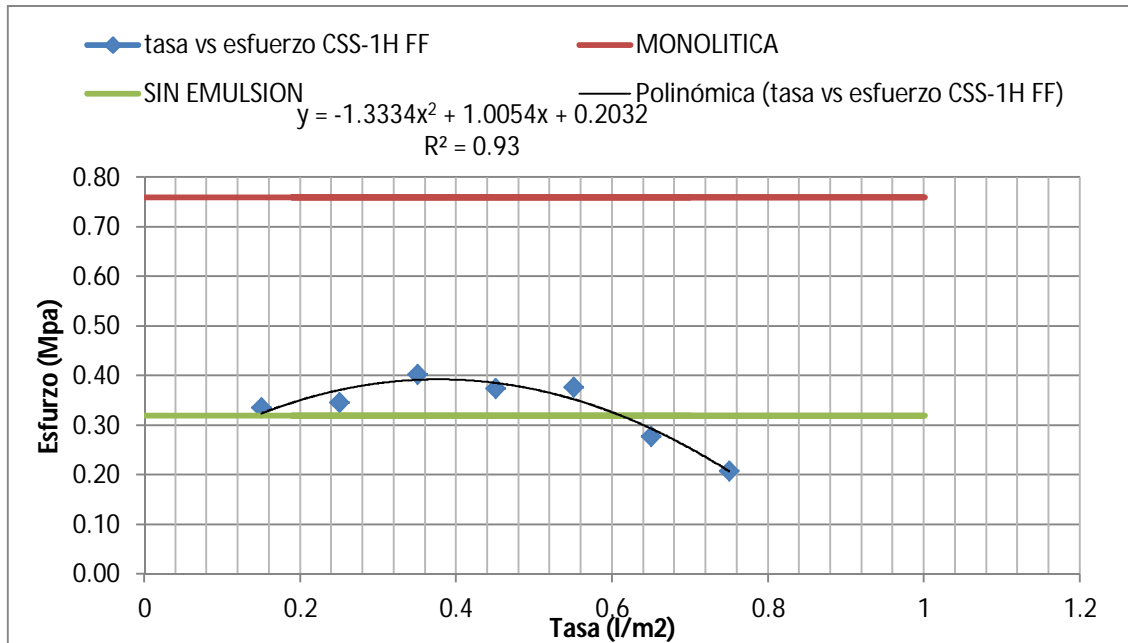
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.35	0.57	0.15	0.4144

5.3.3 MEZCLAS FINA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CSS-1h					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF111	680	597	560	3.45	0.34
FF211	551				
FF311	560				
FF112	574	529	570	3.52	0.34
FF212	444				
FF312	570				
FF113	660	634	660	4.07	0.40
FF213	569				
FF313	674				
FF114	534	592	594	3.67	0.36
FF214	594				
FF314	646				
FF115	603	579	603	3.72	0.36
FF215	646				
FF315	487				
FF116	487	491	487	3.00	0.29
FF216	431				
FF316	556				
FF117	362	324	328	2.02	0.20
FF217	281				
FF317	328				

TABLA N° 5.9

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CSS-1h con mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.6
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CSS-1h

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -1.3334x^2 + 1.0054x + 0.2032$$

Para un valor de $X = 0.38$ tenemos un máximo $Y = 0.3925$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.38 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3925 Mpa , representando un 49.35% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas

Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.38	0.64	0.17	0.3925

5.4 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS

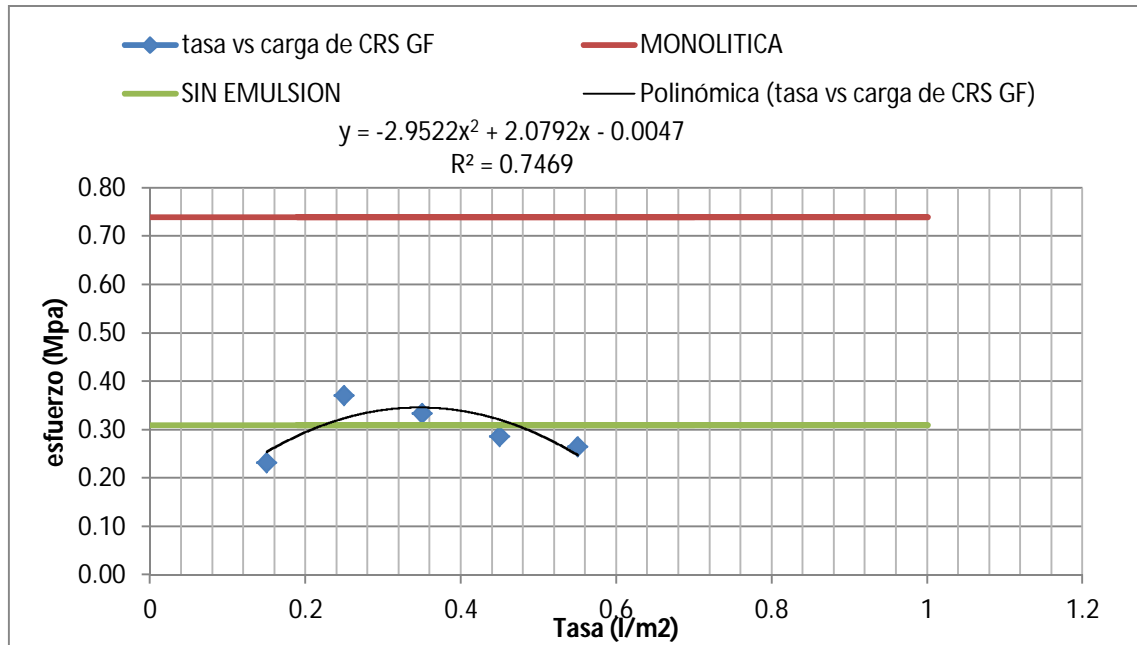
Variación de dosis de residuos aplicada

5.4.1 MEZCLAS GRUESA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF121	384	417	384	2.37	0.23
GF221	526				
GF321	341				
GF122	367	539	615	3.79	0.37
GF222	635				
GF322	615				
GF123	598	459	554	3.42	0.34
GF223	224				
GF323	554				
GF124	475	418	475	2.93	0.29
GF224	525				
GF324	255				
GF125	430	471	440	2.71	0.27
GF225	543				
GF325	440				

TABLA N° 5.10

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS con mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.7
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -2.9522x^2 + 2.0792x - 0.0047$$

Para un valor de $X = 0.35$ tenemos un máximo $Y = 0.3614$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.35 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3614 Mpa , representando un 48.65% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas

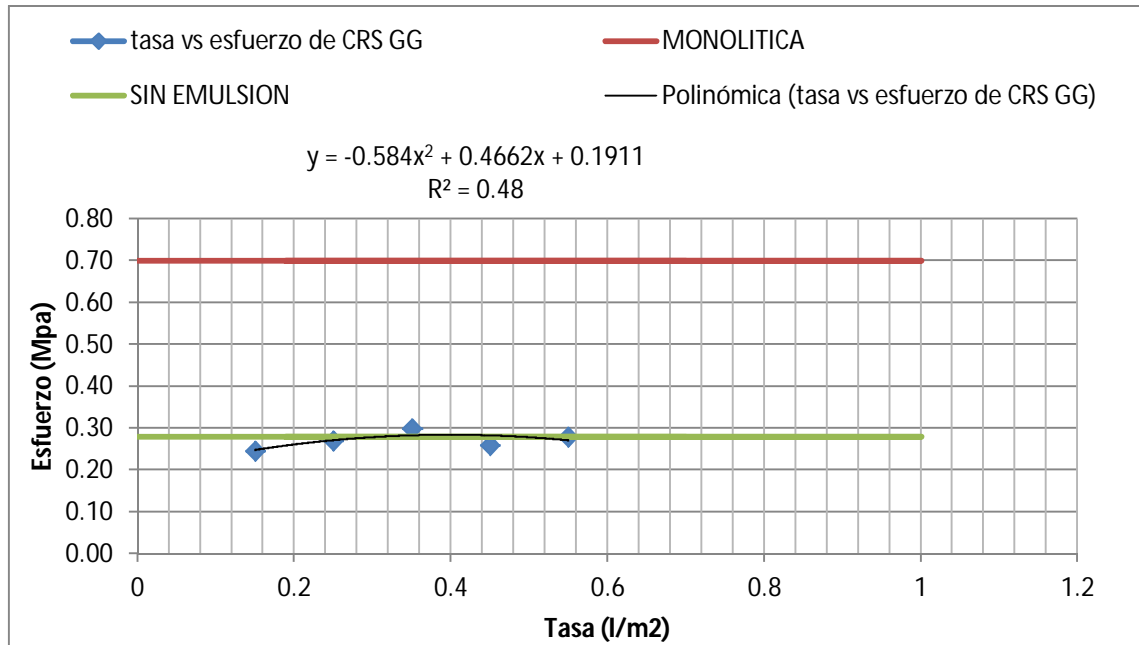
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.35	0.54	0.14	0.3614

5.4.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG121	405	407	405	2.50	0.25
GG221	410				
GG321	405				
GG122	259	403	447	2.76	0.27
GG222	503				
GG322	447				
GG123	496	501	496	3.06	0.30
GG223	491				
GG323	517				
GG124	336	405	430	2.65	0.26
GG224	450				
GG324	430				
GG125	461	478	461	2.84	0.28
GG225	397				
GG325	577				

TABLA N° 5.11

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS con mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.8

Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -0.584x^2 + 0.4662x + 0.1911$$

Para un valor de $X = 0.35$ tenemos un máximo $Y = 0.2914$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.35 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.2914 Mpa , representando un 41.43% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

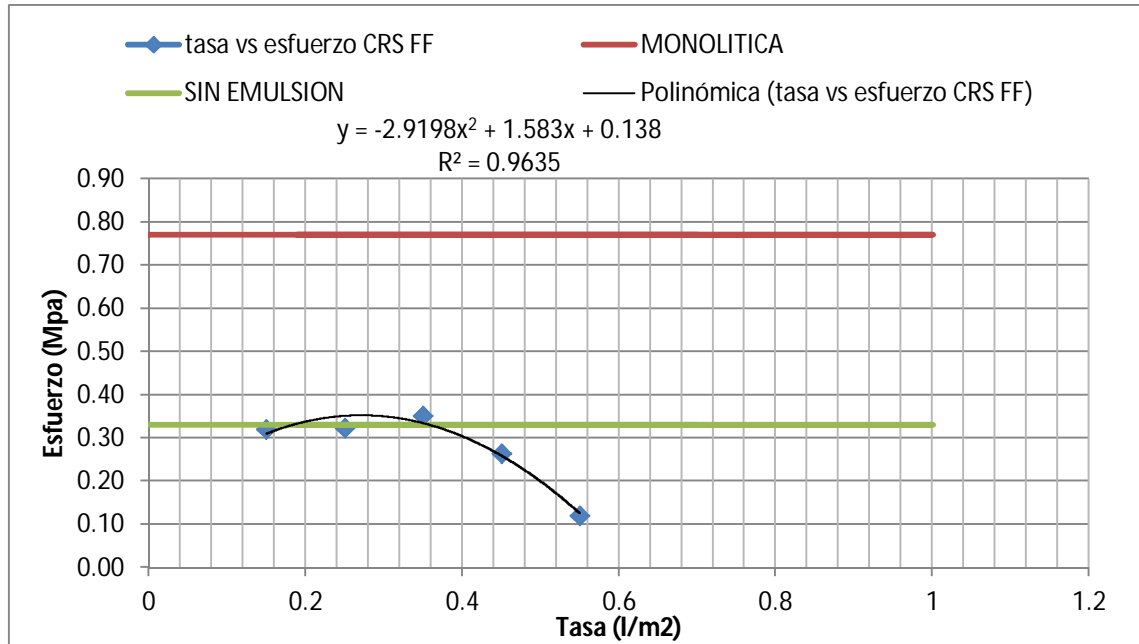
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.35	0.54	0.14	0.2914

5.4.3 MEZCLAS FINA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF121	560	536	530	3.27	0.32
FF221	517				
FF321	530				
FF122	410	514	534	3.30	0.32
FF222	599				
FF322	534				
FF123	457	544	582	3.59	0.35
FF223	594				
FF323	582				
FF124	470	417	435	2.69	0.26
FF224	345				
FF324	435				
FF125	134	180	199	1.23	0.12
FF225	207				
FF325	199				

TABLA N° 5.12

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS con mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.9

Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -2.9198x^2 + 1.583x + 0.138$$

Para un valor de $X = 0.28$ tenemos un máximo $Y = 0.3628$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.28 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3628 Mpa , representando un 46.75% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.28	0.43	0.11	0.3628

5.5 EMULSIÓN ASFÁLTICA CRS – 2Pe

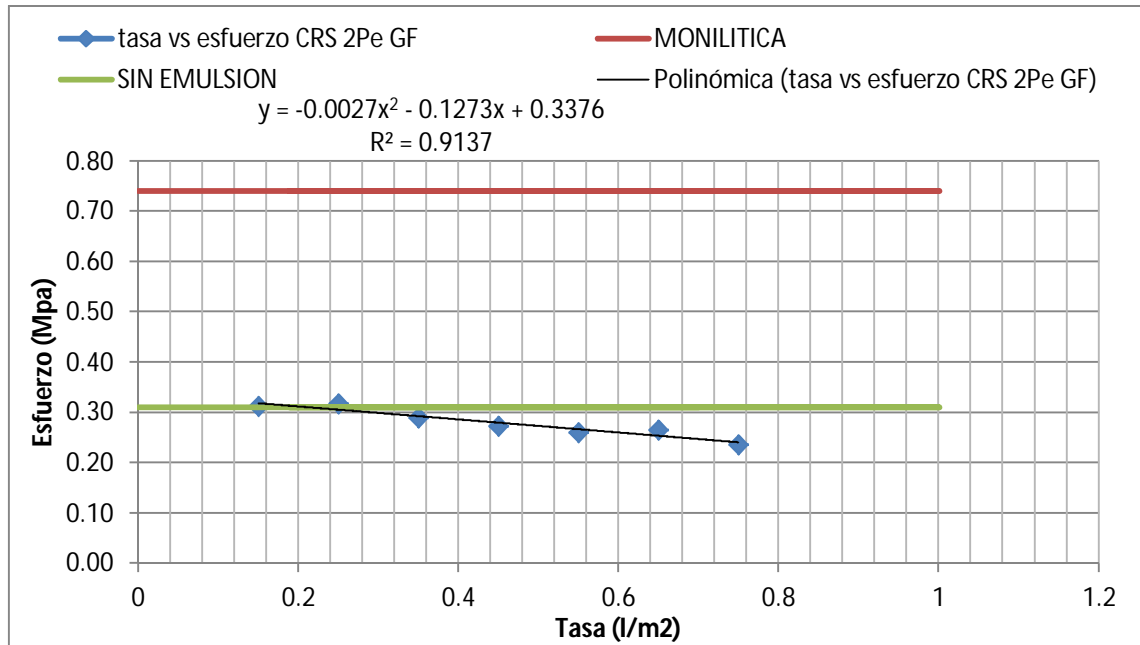
Variación de dosis de residuos aplicada

5.5.1 MEZCLAS GRUESA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS-2Pe					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF131	530	491	517	3.19	0.31
GF231	427				
GF331	517				
GF132	414	497	526	3.24	0.32
GF232	526				
GF332	551				
GF133	392	464	478	2.95	0.29
GF233	478				
GF333	522				
GF134	517	466	453	2.79	0.27
GF234	453				
GF334	427				
GF135	392	423	431	2.66	0.26
GF235	444				
GF335	431				
GF136	422	507	440	2.71	0.27
GF236	659				
GF336	440				
GF137	315	365	390	2.41	0.24
GF237	390				
GF337	390				

TABLA N° 5.13

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS-2Pe con mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.10
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS-2Pe

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -0.0027x^2 - 0.1273x + 0.3376$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.3260$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3260 Mpa , representando un 44.05% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

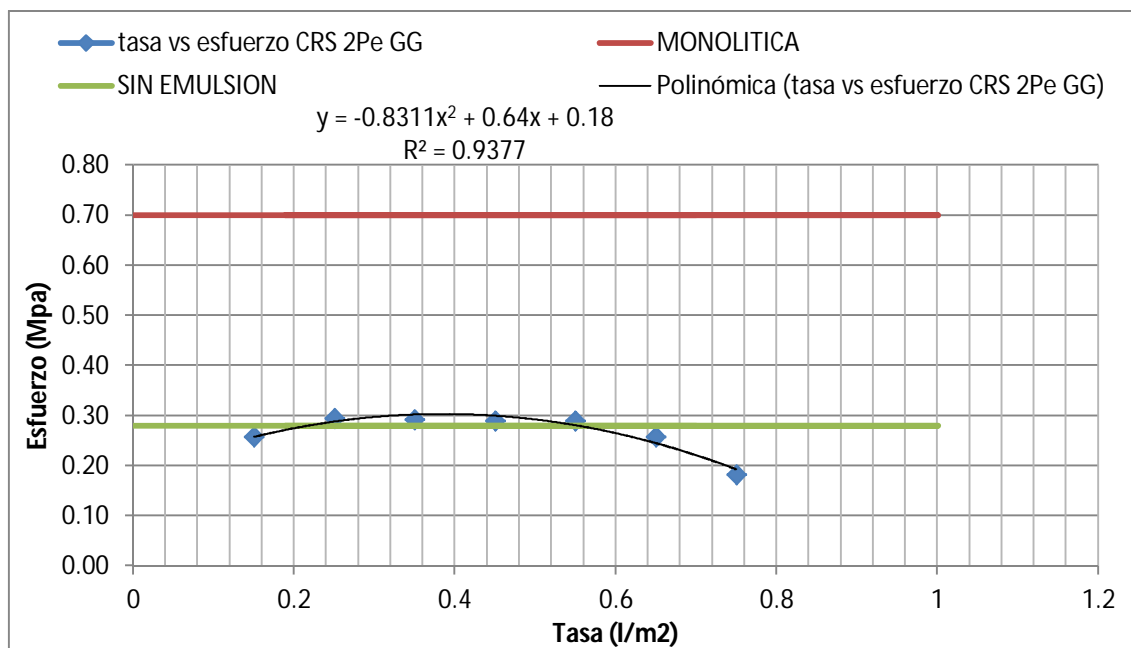
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.23	0.06	0.3260

5.5.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsión CRS-2Pe					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG131	427	420	427	2.63	0.26
GG231	397				
GG331	435				
GG132	487	498	487	3.00	0.29
GG232	478				
GG332	530				
GG133	483	468	483	2.98	0.29
GG233	423				
GG333	497				
GG134	435	471	478	2.95	0.29
GG234	500				
GG334	478				
GG135	496	477	478	2.95	0.29
GG235	478				
GG335	457				
GG136	466	428	427	2.63	0.26
GG236	427				
GG336	392				
GG137	435	344	302	1.86	0.18
GG237	302				
GG337	293				

TABLA N° 5.14

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS-2Pe con mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.11
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS-2Pe

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia. $y = -0.8311x^2 + 0.64x + 0.18$

Para un valor de $X = 0.38$ tenemos un máximo $Y = 0.3067$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.38 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3067 Mpa , representando un 43.71% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

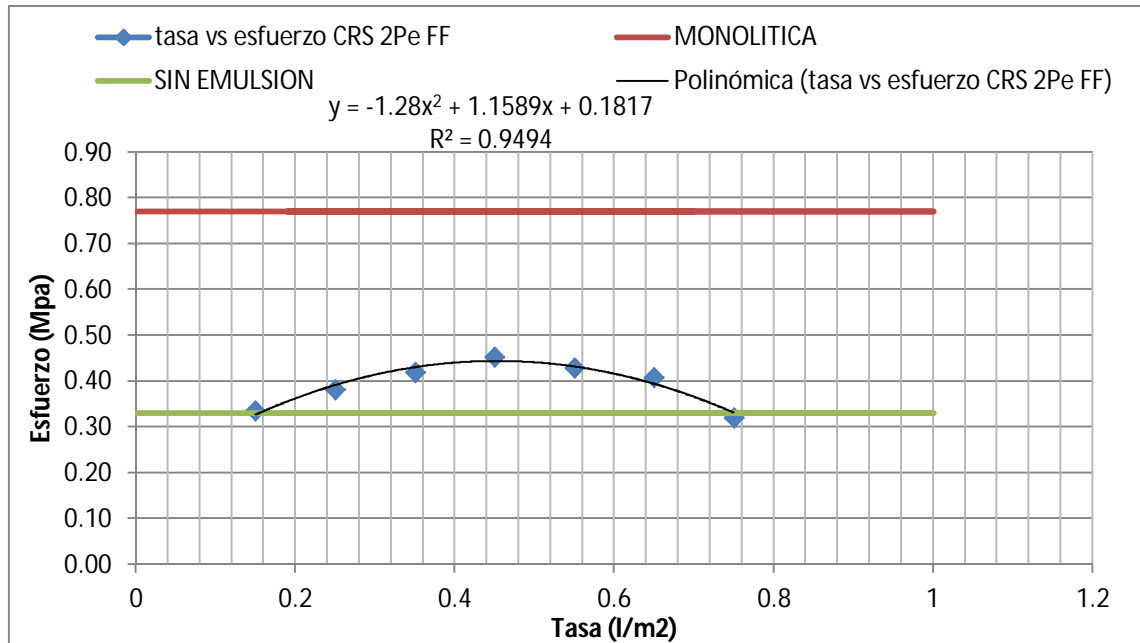
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m^2)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.38	0.58	0.15	0.3067

5.5.3 MEZCLAS FINA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego de Emulsion CRS-2Pe					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF131	547	593	556	3.43	0.34
FF231	556				
FF331	676				
FF132	670	580	630	3.89	0.38
FF232	440				
FF332	630				
FF133	707	608	693	4.27	0.42
FF233	423				
FF333	693				
FF134	732	746	749	4.62	0.45
FF234	749				
FF334	758				
FF135	564	700	710	4.38	0.43
FF235	826				
FF335	710				
FF136	680	627	676	4.17	0.41
FF236	526				
FF336	676				
FF137	526	539	530	3.27	0.32
FF237	560				
FF337	530				

TABLA N° 5.15

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con emulsión asfáltica CRS-2Pe con mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.12
Esfuerzo vs tasa. Dosis optima de residuos asfálticos con emulsión asfálticas CRS-2Pe

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -1.28x^2 + 1.1589x + 0.1817$$

Para un valor de $X = 0.45$ tenemos un máximo $Y = 0.4583$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.45 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.4583 Mpa , representando un 59.48% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

Tasa de residuos asfálticos (l/m ²)	Tasa de emulsión asfáltica (l/m ²)	Tasa de emulsión asfáltica (Gal/m ²)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.45	0.69	0.18	0.4583

5.6 ASFALTO VIRGEN AC-30

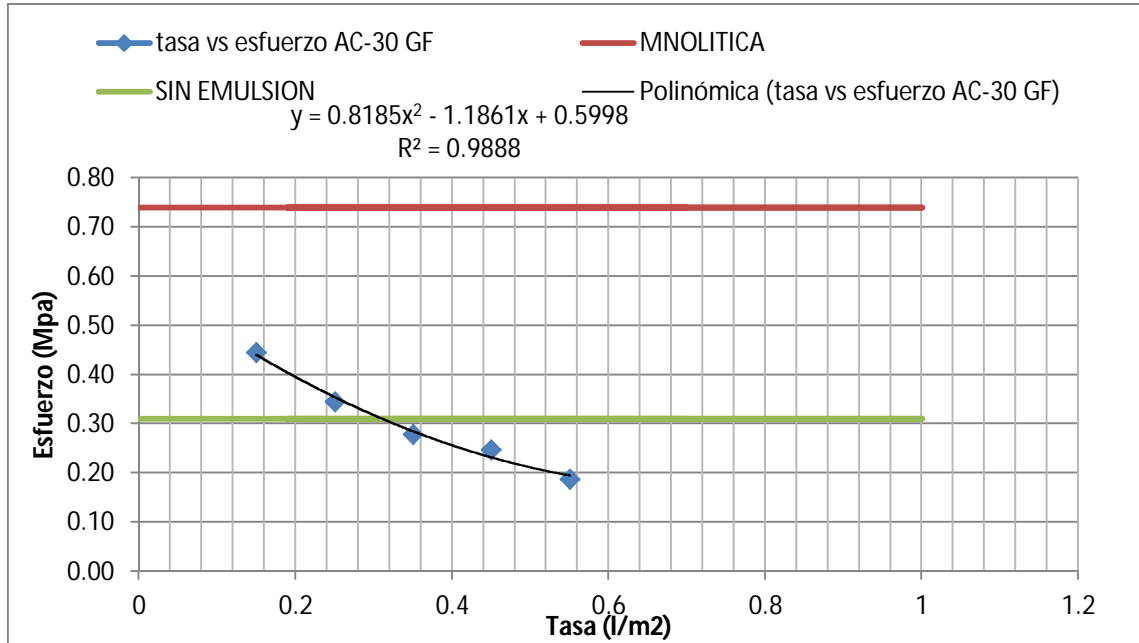
Variación de dosis de residuos aplicada

5.6.1 MEZCLAS GRUESA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto virgen AC-30					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF141	758	683	736	4.54	0.45
GF241	736				
GF341	556				
GF142	444	407	572	3.53	0.35
GF242	580				
GF342	572				
GF143	461	444	461	2.84	0.28
GF243	478				
GF343	392				
GF144	410	418	410	2.53	0.25
GF244	457				
GF344	388				
GF145	367	326	311	1.92	0.19
GF245	311				
GF345	302				

TABLA N° 5.16

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto virgen AC-30 con mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.13
Esfuerzo vs tasa. Dosis optima de residuos asfálticos con asfalto virgen AC-30

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = 0.8185x^2 - 1.1861x + 0.5998$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.4470$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.4470 Mpa , representando un 60.41% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

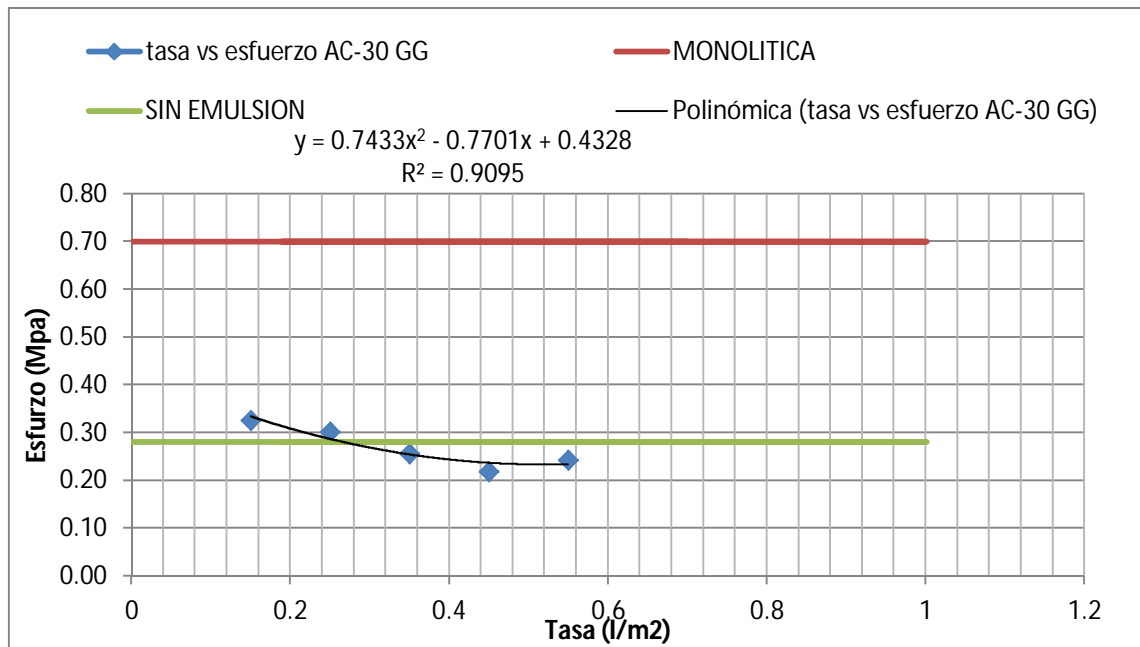
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.4470

5.6.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto virgen AC-30					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG141	457	546	539	3.32	0.33
GG241	539				
GG341	642				
GG142	616	529	500	3.08	0.30
GG242	470				
GG342	500				
GG143	397	434	423	2.61	0.26
GG243	423				
GG343	483				
GG144	354	365	362	2.23	0.22
GG244	362				
GG344	380				
GG145	470	423	401	2.47	0.24
GG245	397				
GG345	401				

TABLA N° 5.17

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto virgen AC-30 con mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.14
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con asfalto virgen AC-30

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = 0.7433x^2 - 0.7701x + 0.4328$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.3108$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3108 Mpa , representando un 44.29% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

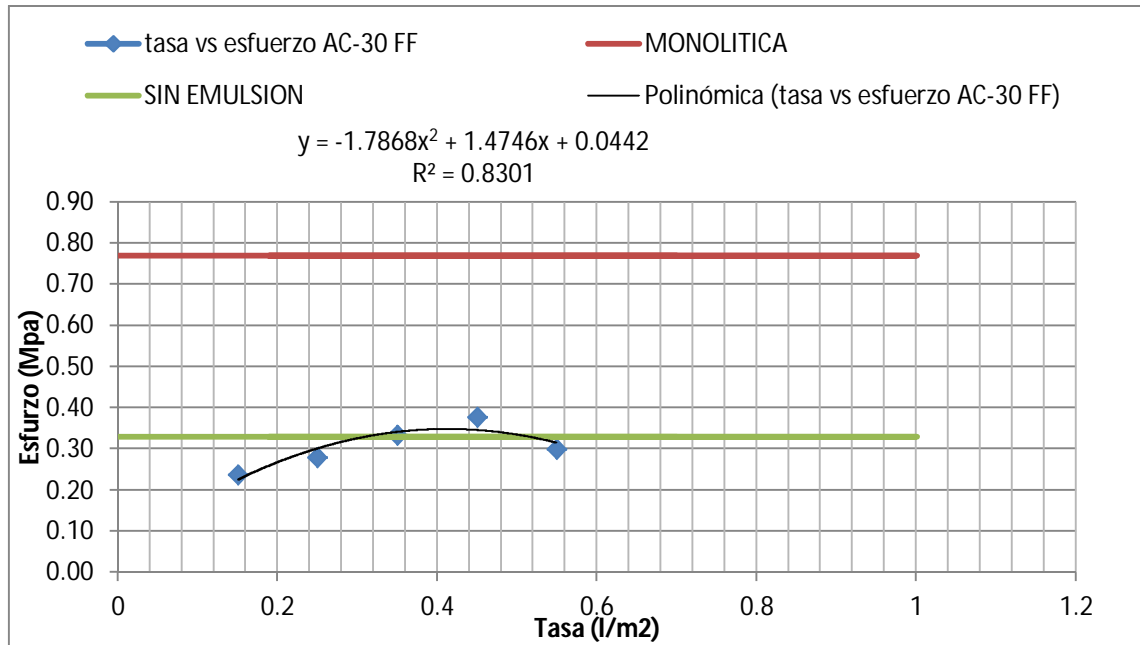
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.3108

5.6.3 MEZCLAS FINA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto virgen AC-30					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF141	405	364	392	2.42	0.24
FF241	293				
FF341	392				
FF142	475	411	461	2.84	0.28
FF242	371				
FF342	461				
FF143	268	459	552	3.40	0.33
FF243	578				
FF343	552				
FF144	732	626	625	3.85	0.38
FF244	625				
FF344	521				
FF145	620	517	496	3.06	0.30
FF245	496				
FF345	435				

TABLA N° 5.18

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto virgen AC-30 con mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.15
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con asfalto virgen AC-30

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -1.7868x^2 + 1.4746x + 0.0442$$

Para un valor de $X = 0.39$ tenemos un máximo $Y = 0.3519$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.39 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3519 Mpa , representando un 45.45% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

Tasa de residuos asfálticos (l/m ²)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.39	0.3519

5.7 ASFALTO REBAJADO RC-250

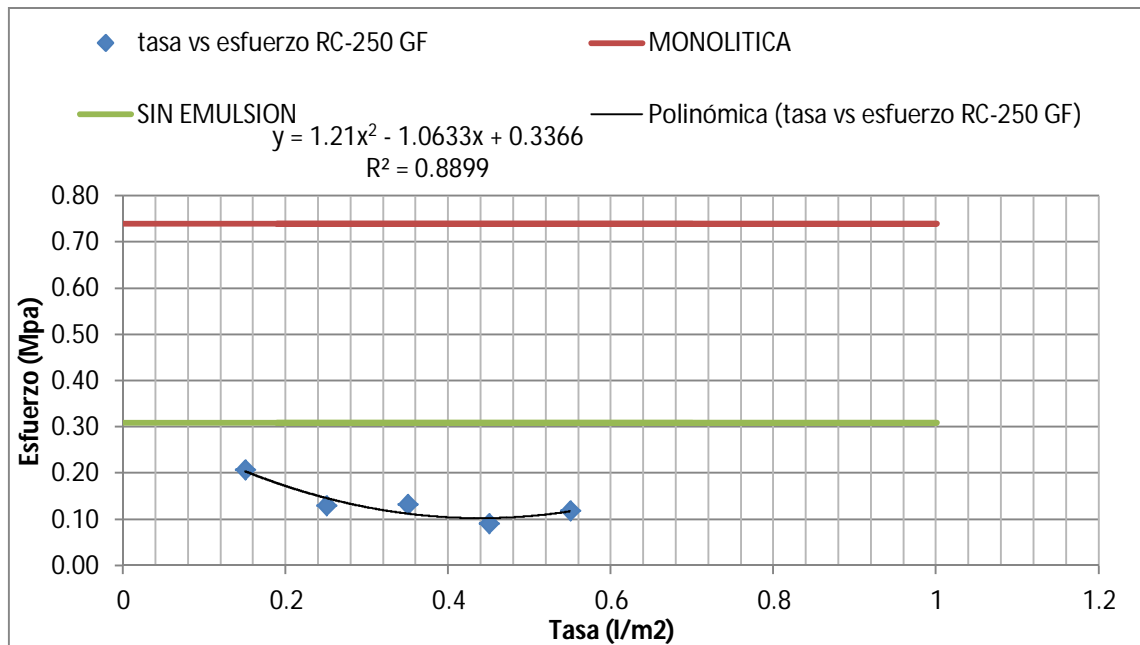
Variación de dosis de residuos aplicada

5.7.1 MEZCLAS GRUESA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto rebajado RC-250					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GF151	388	345	345	2.13	0.21
GF251	302				
GF351	345				
GF152	216	220	216	1.33	0.13
GF252	190				
GF352	255				
GF153	220	222	220	1.36	0.13
GF253	216				
GF353	229				
GF154	151	146	151	0.93	0.09
GF254	207				
GF354	78				
GF155	134	180	199	1.23	0.12
GF255	207				
GF355	199				

TABLA N° 5.19

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto rebajado RC-250 con mezclas asfálticas densa gruesa y densa fina



GRAFICA N° 5.16

Esfuerzo vs tasa. Dosis optima de residuos asfálticos con asfalto rebajado RC-250

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = 1.21x^2 - 1.0633x + 0.3366$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.2000$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.2000 Mpa , representando un 27.03% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

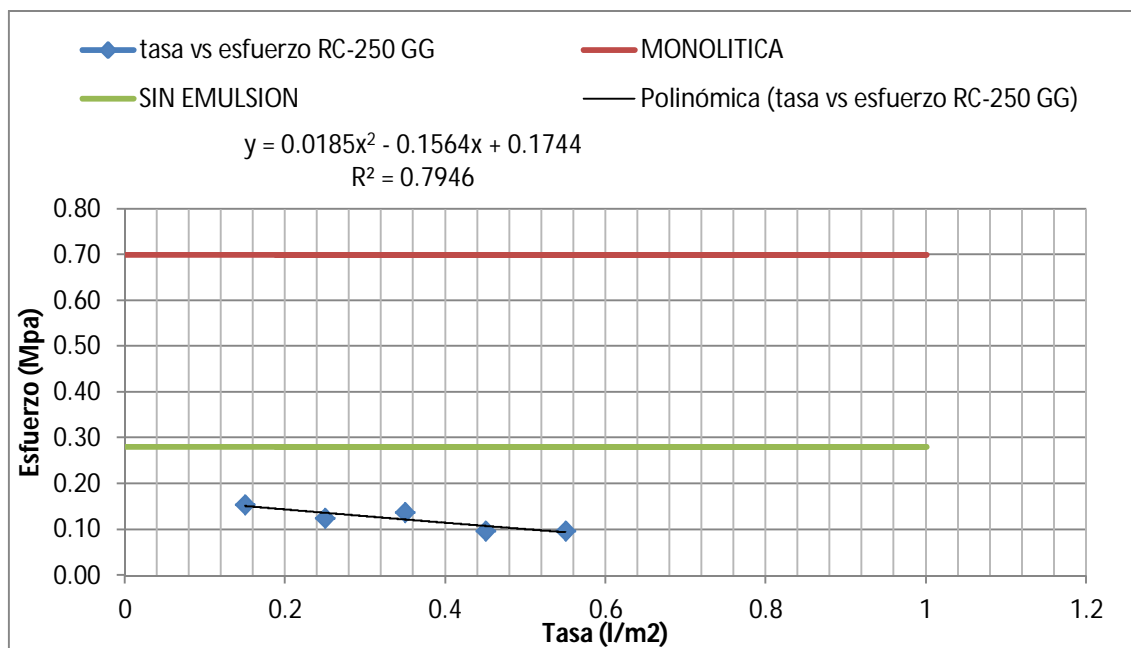
Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.2000

5.7.2 MEZCLAS GRUESA GRUESA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto rebajado RC-250					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
GG151	169	243	255	1.57	0.15
GG251	306				
GG351	255				
GG152	388	268	207	1.28	0.13
GG252	207				
GG352	207				
GG153	233	223	229	1.41	0.14
GG253	207				
GG353	229				
GG154	160	160	160	0.99	0.10
GG254	138				
GG354	181				
GG155	160	163	160	0.99	0.10
GG255	177				
GG355	151				

TABLA N° 5.20

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto rebajado RC-250 con mezclas asfálticas densa gruesa y densa gruesa



GRAFICA N° 5.17
Esfuerzo vs tasa. Dosis óptima de residuos asfálticos con asfalto rebajado RC-250

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = 0.0185x^2 - 0.1564x + 0.1744$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.1655$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.1655 Mpa , representando un 23.57% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

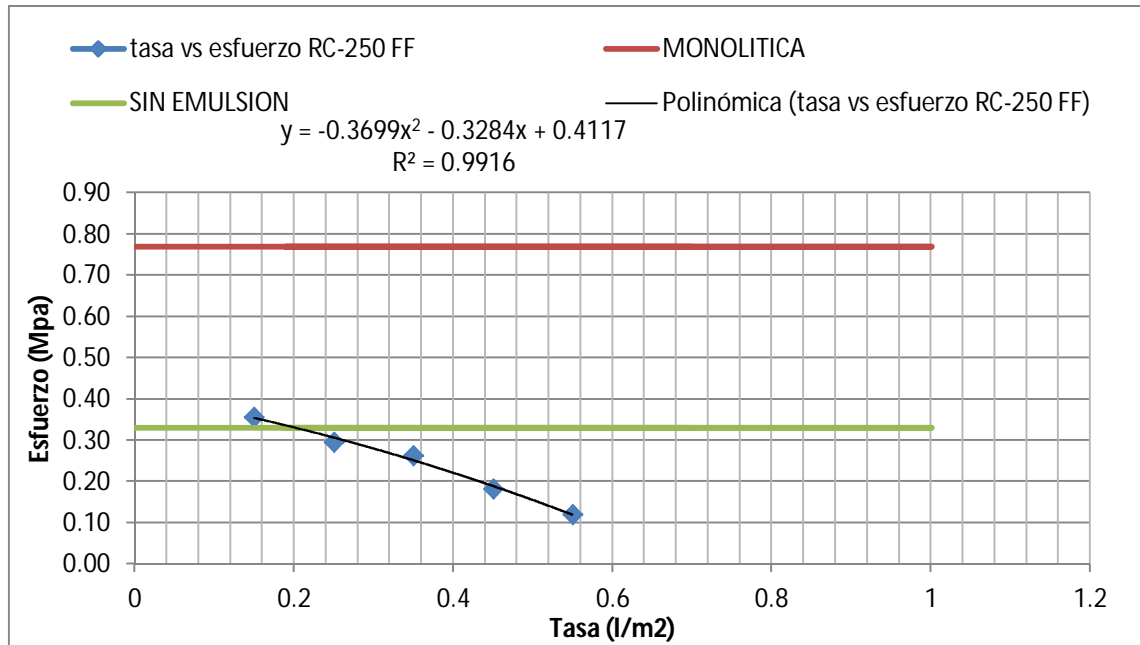
Tasa de residuos asfálticos (l/m ²)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.1655

5.7.3 MEZCLAS FINA FINA

Esfuerzos promedios de diferentes tasas de riego con asfalto rebajado RC-250					
NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm ²)	ESF.CORT. (Mpa)
FF151	590	531	590	3.64	0.36
FF251	598				
FF351	405				
FF152	315	438	490	3.02	0.30
FF252	510				
FF352	490				
FF153	431	438	435	2.69	0.26
FF253	448				
FF353	435				
FF154	302	319	302	1.86	0.18
FF254	281				
FF354	375				
FF155	388	259	199	1.23	0.12
FF255	190				
FF355	199				

TABLA N° 5.21

Esfuerzos máximos corregidos de briquetas con asfalto rebajado RC-250 con mezclas asfálticas densa fina y densa fina



GRAFICA N° 5.18

Esfuerzo vs tasa. Dosis optima de residuos asfálticos con asfalto rebajado RC-250

Obtendremos la tasa de riego óptima de residuos asfálticos utilizando la ecuación de tendencia.

$$y = -0.3699x^2 - 0.3284x + 0.4117$$

Para un valor de $X = 0.15$ tenemos un máximo $Y = 0.3584$

Por lo anterior se obtiene una tasa óptima de residuos asfálticos de 0.15 l/m^2 y una resistencia al corte por cizallamiento de 0.3584 Mpa , representando un 46.49% de resistencia en comparación con las briquetas monolíticas.

Tasa de residuos asfálticos (l/m^2)	Esfuerzo máximo (Mpa)
0.15	0.3584

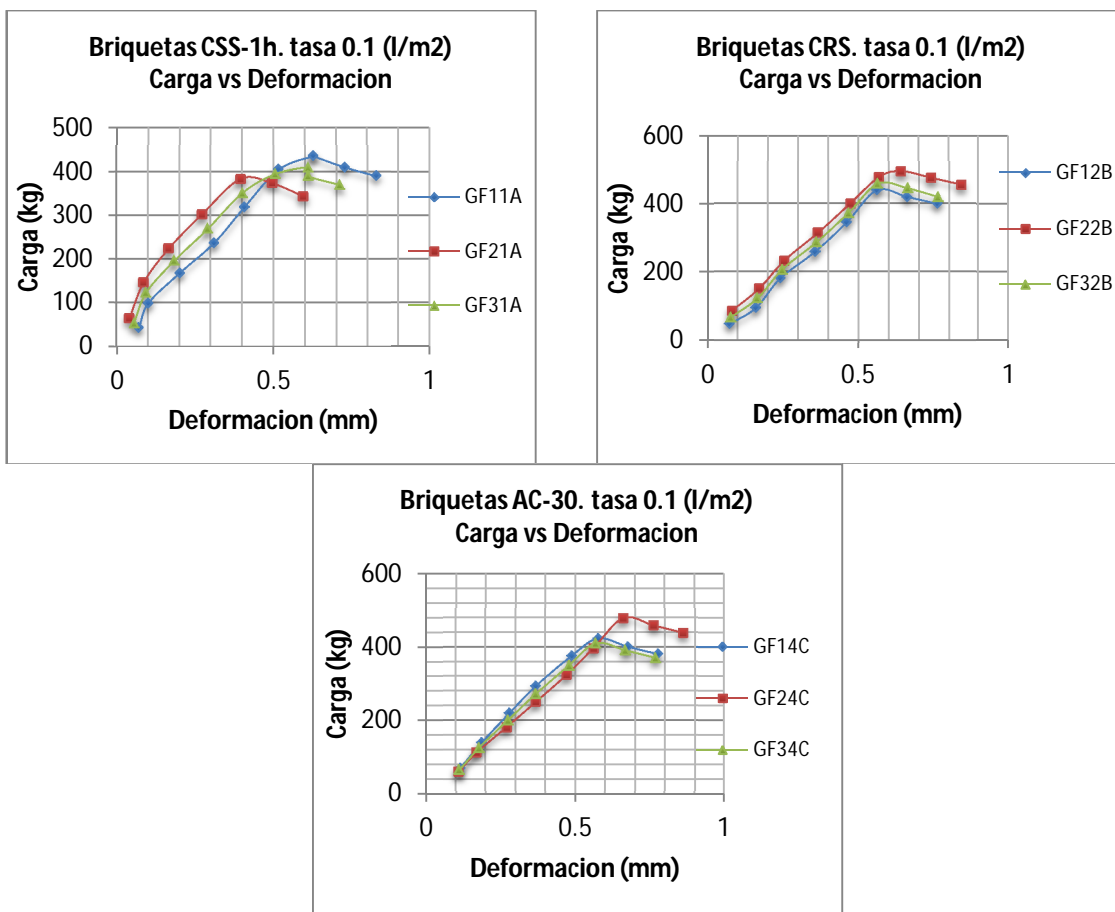
5.8 CUADRO RESUMEN

Resistencias Máximas de las Mezclas Asfálticas							Precio de los ligantes utilizados por galón (\$)	
Monolíticas MGF (Mpa)		Monolítica MGG (Mpa)		Monolítica MFF (Mpa)				
0.74		0.7		0.77				
Resistencias Máximas de Briquetas sin Emulsión								
Mezcla GF (Mpa)		Mezcla GG (Mpa)		Mezcla FF (Mpa)				
0.34		0.25		0.32				
Ligante	Mezcla	Esfuerzo Cortante (Mpa)	% Monolítico	Tasa de Residuo Máxima (l/m ²)	Tasa de Emulsión Máxima (l/m ²)	Tasa de Emulsión Máxima (gal/m ²)		
CSS-1h	GF	0.38	51.35	0.15	0.245	0.065		\$3.00
CRS	GF	0.36	48.65	0.35	0.535	0.141		\$3.00
CRS-2Pe	GF	0.33	44.05	0.15	0.230	0.061		\$3.50
AC-30	GF	0.45	60.41	0.15	-	-	\$2.95	
RC-250	GF	0.20	27.03	0.15	-	-	\$2.70	
CSS-1h	GG	0.41	58.57	0.35	0.572	0.151	\$3.00	
CRS	GG	0.29	41.43	0.35	0.535	0.141	\$3.00	
CRS-2Pe	GG	0.31	43.71	0.38	0.583	0.154	\$3.50	
AC-30	GG	0.31	44.29	0.15	-	-	\$2.95	
RC-250	GG	0.17	23.57	0.15	-	-	\$2.70	
CSS-1h	FF	0.38	49.35	0.39	0.637	0.168	\$3.00	
CRS	FF	0.36	46.75	0.28	0.428	0.113	\$3.00	
CRS-2Pe	FF	0.46	59.48	0.45	0.691	0.182	\$3.50	
AC-30	FF	0.35	45.45	0.39	-	-	\$2.95	
RC-250	FF	0.36	46.49	0.15	-	-	\$2.70	

TABLA N° 5.22
Resumen de resultados

5.9 ENSAYOS EXTRAS.

En consideración de los resultados antes expuestos para las briquetas unidas con mezcla asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de ¾ de pulgada con mezcla asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de ½ de pulga, en la mayoría de los casos da la apariencia que a tasa menores a 0.15 l/m² de residuo asfáltico, los esfuerzo al corte por cizallamiento serán mayores, por tal razón se realizaron briquetas extras con una tasa de aplicación de 0.10 l/m² para las emulsiones en estudio dando los resultados siguientes.



GRAFICA N° 5.19

Esfuerzo vs tasa. De ensayos Extras con tasa de 0.1 l/m² de residuos asfálticos

TABLA DE ESFUERZOS DE BRIQUETAS EXTRAS

Esfuerzo promedio de tasa de riego de Emulsión CSS-1h						
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.1	GF11A	435	410	410	2.53	0.25
	GF21A	384				
	GF31A	410				
Esfuerzo promedio de tasa de riego de Emulsión CRS						
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.1	GF12B	440	468	468	2.89	0.28
	GF22B	496				
	GF32B	468				
Esfuerzo promedio de tasa de riego de Emulsión AC-30						
Tasa (l/m²)	NOMBRE	CARGA (kg)	PROMEDIO	MEDIANA	ESF.CORT. (kg/cm²)	ESF.CORT. (Mpa)
0.1	GF13C	423	450	450	2.78	0.27
	GF23C	478				
	GF33C	450				

TABLA N° 5.23
Resumen de resultados extras

CAPITULO

VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El presente trabajo es el primero que se realiza en el país, que investiga las propiedades adherentes de las emulsiones asfálticas, asfalto rebajado y asfalto virgen como riego de liga.

Se analizaron cinco ligantes asfálticos: emulsión asfálticas CSS-1h, emulsión asfáltica CRS, emulsión asfáltica CRS 2Pe, asfalto virgen AC-30 y asfalto rebajado RC-250 tratando de determinar la importancia relativa de los distintos factores que controlan la resistencia al corte entre capas asfálticas de una carpeta.

Las siguientes variables se mantuvieron constantes para todas las probetas: Mezclas Asfálticas una densa gruesa $\frac{3}{4}$ y una densa fina de $\frac{1}{2}$, temperatura del ensayo LCB igual a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y no se diluyeron las emulsiones con agua para lograr un porcentaje de residuo mayor

- Los equipos utilizados están disponibles en cualquier laboratorio de mezclas asfálticas.
- Comúnmente se utilizan este tipo de probetas para controlar las propiedades de las mezclas en caliente de cementos asfálticos.
- También presenta ventajas en relación a la preparación de canchas de prueba y la extracción posterior de testigos (control de Campo)
- No es necesario contar con grandes maquinarias.
- Es posible variar la dosis aplicada de manera muy simple y controlada.

- Para la colocación de una carpeta asfáltica doble capa se puede determinar por medio de estos ensayos la dosis óptima de residuo.
- En virtud de los resultados y de los antecedentes recopilados, es prácticamente imposible lograr que un pavimento asfáltico multicapa se comporte de manera monolítica.

Aun cuando las diferencias no son significativas, si se mantiene la dosis de residuo entre 0.15 lt/m^2 y 0.45 lt/m^2 , en base a los ensayos realizados y a la información recopilada, se concluye que:

- La dosis optima de residuo para la emulsión CSS-1h con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa fina es de 0.15 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.25 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua, si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 51.35 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CSS-1h con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa gruesa es de 0.35 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.57 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua, si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 58.57 %

- La dosis optima de residuo para la emulsión CSS-1h con la unión de una carpetas asfálticas densa fina con una densa fina es de 0.39 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.64 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 49.35 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa fina es de 0.35 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.54 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua, si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 48.65 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa gruesa es de 0.35 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.54 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua, si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 41.43 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS con la unión de una carpetas asfálticas densa fina con una densa fina es de 0.28 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.43 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua si se hace es de tener en cuenta que

incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 46.75 %

- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS-2Pe con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa fina es de 0.15 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.23 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 44.05 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS-2Pe con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa gruesa es de 0.38 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.58 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 43.71 %
- La dosis optima de residuo para la emulsión CRS-2Pe con la unión de una carpetas asfálticas densa fina con una densa fina es de 0.45 lt/m^2 , es necesario aplicar 0.69 lt/m^2 de emulsión asfáltica sin diluir con agua si se hace es de tener en cuenta que incrementara la tasa de riego en la cantidad de agua que se adicione de riego de liga. Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 59.48 %

- La dosis optima de residuo el asfalto virgen AC-30 con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa fina es de 0.15 lt/m^2 , Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 60.41 %
- La dosis optima de residuo el asfalto virgen AC-30 con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa gruesa es de 0.15 lt/m^2 , Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 44.29 %
- La dosis optima de residuo el asfalto virgen AC-30 con la unión de una carpetas asfálticas densa fina con una densa fina es de 0.39 lt/m^2 , Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 45.45 %
- La dosis optima de residuo el asfalto rebajado RC-250 con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa fina es de 0.15 lt/m^2 , Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 27.03 %
- La dosis optima de residuo el asfalto rebajado RC-250 con la unión de una carpetas asfálticas densa gruesa con una densa gruesa es de 0.15 lt/m^2 , Registró además un porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 23.57%
- La dosis optima de residuo el asfalto rebajado RC-250 con la unión de una carpetas asfálticas densa fina con una densa fina es de 0.15 lt/m^2 , Registró además un

porcentaje máximo de resistencia al corte por cizallamiento en comparación con la monolítica de 46.49 %

- El mejor ligante para unir dos carpetas asfálticas, con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada con una mezcla densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada es, el asfalto virgen AC-30, con un esfuerzo al corte por cizallamiento de 0.45 Mpa.
- El mejor ligante para unir dos carpetas asfálticas, con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada con una mezcla densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada, es la emulsión asfáltica CSS-IH, con un esfuerzo al corte por cizallamiento de 0.41 Mpa.
- El mejor ligante para unir dos carpetas asfálticas, con mezclas asfáltica densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada con una mezcla densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada, es la emulsión asfáltica CRS-2Pe, con un esfuerzo al corte por cizallamiento de 0.46 Mpa.
- En función de los resultados es de mucha importancia tomar en cuenta la microtextura de las carpetas a unir, porque influye de manera directa en la adherencia entre carpetas.
- Las briquetas monolíticas con diferentes diseños y características granulométricas, presentarían diferentes resistencias al corte transversal.

6.2 RECOMENDACIONES

- En general se recomienda mantener dosis de residuo entre 0.15 lt/m^2 y 0.45 lt/m^2 para obtener los mejores resultados.
- Dados los resultados, es recomendable tratar de obtener la dosis óptima de residuo para cada condición constructiva y diseño asfáltico empleado, se recomienda utilizar las metodologías explicadas en el Cap. 3.7.3 para confeccionar las probetas y Cap. 3.7.5 para obtener la dosis de ligante a aplicar verificando por medio de diferencia de pesos si la tasa aplicada es correcta.
- Se observó que al aplicar la tasa de residuos asfálticos en tasas altas, a partir de 0.45 lt/m^2 a 0.75 lt/m^2 se presentaba el fenómeno, que el ligante en exceso era expulsado al redor de la briqueta cambiando así su tasa de riego y dando nos datos engañosos con la presencia de esfuerzos altas corte, por tal razón no es recomendable excedernos de 0.45 lt/m^2 de residuo asfáltico porque tendríamos valores bajos y muchas pérdidas económicas
- establecer los valores de referencia en función de probetas monolíticas y probetas doble capa sin emulsión. Calculando su respectivo porcentaje de adherencia.
- Un parámetro razonable para exigir la adherencia entre carpetas asfálticas sería, cumplir con al menos 0.3 Mpa de resistencia al corte transversal.

- Desde el punto de vista económico y la colocación de los ligantes no es recomendable utilizar el asfalto virgen AC-30 aunque presente buenas resistencias al unir dos carpetas asfálticas, con mezclas asfáltica densa gruesa de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada con una mezcla densa fina de tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ de pulgada, por los costos adicionales para calentarlo y aplicarlo de inmediato, surgen problemas de obstrucciones de la tubería del camión distribuidos y la limpieza de este es otro problema.
- Las emulsiones asfálticas presentan buenas resistencias al corte si se exige como mínimo un valor de adherencia de 0.3 Mpa, ya que estas varían de 0.29 Mpa a 0.46 Mpa
- Algunas variables que podrían requerir un estudio posterior son:
 1. Variación en el tipo de asfalto.
 2. Estudiar el comportamiento de ligas entre base y la mezcla asfáltica en caliente.
 3. Muestras contaminadas con polvo.
 4. Incorporar algún tipo de frezado.
 5. Comparar emulsiones con diferentes rangos de viscosidades.
 6. Usar emulsiones diluidas en diferentes porcentajes
 7. Aplicar la segunda capa de asfalto antes de que el riego quiebre.
- Si las condiciones son las ideales, es posible alcanzar porcentajes de adherencia entre el 40% y 60% en función de los elementos monolíticos.
- La utilización de las emulsiones como riego de liga genera buenos resultados
- Establecer una metodología de medición de tasa de riego de liga en el campo

BIBLIOGRAFÍA

Documentos:

- Tesis de Universidad de Chile de nombre: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA DE LA ADHERENCIA ENTRE CAPAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARPETAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
- Tesis de Universidad de Chile de nombre: VALIDACIÓN DE UN MÉTODO DE IMPACTO PARA VERIFICAR EL MONOLITISMO EN PAVIMENTOS ASFÁLTICOS MULTICAPAS
- Tesis de Universidad de Chile de nombre: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE SOLUCIONES DE CONSTRUCCIÓN PARA ASEGURAR LA ADHERENCIA ENTRE CAPAS ASFÁLTICAS

Páginas web:

- <http://www.asfalca.com/joom02/images/pdfproductos/emulsionSS1H.pdf>
- <http://tdm-asfaltos.medialabla.net/wp-content/uploads/2012/05/004.-FT-CRS-2P-Emultec-RR-Modificada-V01-13-05-11.pdf>
- <http://es.scribd.com/doc/59130299/ASFALTO-AC-30>
- <http://mpi.net.co/docs/ac-30.pdf>
- <http://tdm-asfaltos.medialabla.net/wp-content/uploads/2012/05/001.-FT-CRS1-Emultec-RR-V01-13-05-11.pdf>
- https://www.edrhym.gob.sv/hidropublic/descargas/REGLAMENTOS_HIDRO/PRODUCTOS%20DE%20PETROLEO/ESPECIFICACIONES%20PRODUCTOS/RTCA_75_01_22_04.pdf
- <http://cdigital.uv.mx/bitstream/12345678/384/1/IDALIT%20VAZQUEZ%20RUIZ.pdf>
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/sbs.html>

Consultas con docentes e la Universidad Nacional de El Salvador:

- Ing. Manuel Gutiérrez ingeniero Estructurista de la escuela de ingeniería civil.
- Ing. Tania ingeniera química con maestría en estadística directora de la escuela de química.

ANEXO I

CERTIFICACIONES DE LAS EMULSIONES


ASFALTOS DE CENTROAMERICA, S.A.

 Laboratorio de Suelos, Materiales, Emulsiones y Mezclas Asfálticas
 en frío y en Caliente.

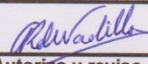
CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS
DATOS GENERALES DE IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

CLASIFICACION Y TIPO DE EMULSION ASFALTICA:	EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO LENTO (CSS-1h)
FECHA DE ELABORACION DEL CERTIFICADO:	27 DE AGOSTO DE 2013
FECHA DE PRODUCCION DE LA EMULSION ASFALTICA:	8 DE AGOSTO DE 2013
ORDEN DE PRODUCCION:	No 7576
TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	4 y 10

ESPECIFICACION ESTANDAR PARA EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS (ASTM D-2397)(AASHTO M-208)

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACION DE ENSAYO	Mínimo	Máximo	Resultado
CONSISTENCIA				
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C (Seg.)	ASTM D 244 (AASHTO T-59)	20	100	23.9
COMPOSICION				
Carga de Partículas	ASTM D 7402 (AASHTO T-59)	***	***	Positiva
Residuo por evaporacion (%)	ASTM D 6934 (AASHTO T-59)	57	***	61.20
Residuo por Destilacion (%)	ASTM D 6997 (AASHTO T-59)	57	***	61.03
ESTABILIDAD				
Prueba del Tamiz, (%)	ASTM D 6933 (AASHTO T-59)	***	0.1	0.00084
Prueba de Estabilidad en Almacenamiento a 24h. (%)	ASTM D 6930 (AASHTO T-59)	***	1	0.40
EXAMINACION DEL RESIDUO				
Penetración, 25°C, 100 g, 5s (dmm) (*)	(ASTM D-5)(AASHTO T-49)	40	90	55
Ductilidad 25°C, 5 cm/min, (cm)	(ASTM D-113)(AASHTO T-51)	40	***	64
Punto de ablandamiento, (°C)	(ASTM D-36) (AASHTO T-53)	***	***	51
Solubilidad en Tricloroetileno, (%)	(ASTM D-2042)(AASHTO T-44)	97.5	***	99.52
OTROS ENSAYOS				
Peso unitario de la emulsion (g/L) a 25 °C	ASTM D 6937	***	***	1013
Peso unitario de la emulsion (Kg/gln) a 15.6 °C	ASTM D 6937	***	***	3.855

F:


 Autorizo y reviso.

Ing. Karen de Vadillo/ Gerente de Control de Calidad





ASFALTOS DE CENTROAMERICA, S.A.

Laboratorio de Suelos, Materiales, Emulsiones y Mezclas
Asfálticas en frío y en Caliente.

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS

DATOS GENERALES DE IDENTIFICACION DEL PRODUCTO	
CLASIFICACION Y TIPO DE EMULSION ASFALTICA:	EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO (CRS-2H)
FECHA DE ELABORACION DEL CERTIFICADO:	27/08/2013
FECHA DE PRODUCCION DE LA EMULSION ASFALTICA:	16/08/2013
ORDEN DE PRODUCCION:	No 7586

ESPECIFICACION PARA EMULSION ASFALTICA CATIONICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO DE ALTA VISCOSIDAD: SIECA 2004 SECCION 702.03 (b)

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACION DE ENSAYO	Mínimo	Máximo	Resultado
CONSISTENCIA				
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C (SSF)	ASTM D 244 (AASHTO T-59)	100	400	330.9
COMPOSICION				
Carga de Partículas	ASTM D 7402 (AASHTO T-59)	***	***	Positiva
Residuo por evaporacion (% en peso)	ASTM D 6934 (AASHTO T-59)	65	***	65.40
Residuo por Destilacion (% en peso)	ASTM D 6997 (AASHTO T-59)	65	***	65.30
Aceite destilado por volumen de emulsion (% en volumen)	ASTM D 6997 (AASHTO T-59)	***	3	0.5
ESTABILIDAD				
Demulsibilidad, 35 ml, 0,8% Dioctil Sulfosuccinato Sódico, (%)	ASTM D 6936 (AASHTO T-59)	40	***	86.9
Prueba de Tamizado, (% en peso)	ASTM D 6993 (AASHTO T-59)	***	0.1	0.0391
Prueba de Estabilidad en Almacenamiento a 24h. (% en peso)	ASTM D 6930 (AASHTO T-59)	***	1	0.60
Densidad de la emulsion (gr/Lt) a 25 °C	ASTM D 6937	***	***	1007
Peso unitario de la emulsion (Kg/gln) a 15.6 °C	ASTM D 6937	***	***	3.834
EXAMINACION DEL RESIDUO				
Penetración, 25°C, 100 g, 5s (dmm) ⁽¹⁾	(ASTM D-5)(AASHTO T-49)	40	100	44
Ductilidad 25°C, 5 cm/min, (cm)	(ASTM D-113)(AASHTO T-51)	40	***	82
Punto de ablandamiento, (°C)	(ASTM D-36) (AASHTO T-53)	***	***	53.3
Solubilidad en Tricloroetileno, (%)	(ASTM D-2042)(AASHTO T-44)	97.5	***	99.97

⁽¹⁾ De acuerdo a las especificaciones de SIECA

F:

Karen de Vadillo
Autorizo y reviso.

Ing. Karen de Vadillo/Gerente de Control de Calidad





ASFALTOS DE CENTROAMERICA, S.A.
Laboratorio de Suelos, Materiales, Emulsiones y Mezclas
Asfálticas en frío y en Caliente.

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS

DATOS GENERALES DE IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

CLASIFICACION Y TIPO DE EMULSION ASFALTICA:	EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO RAPIDO MODIFICADA CON POLIMERO (CRS-2pe)
FECHA DE ELABORACION DEL CERTIFICADO:	27 DE AGOSTO DE 2013
FECHA DE PRODUCCION DE LA EMULSION ASFALTICA:	27 DE FEBRERO DE 2013
ORDEN DE PRODUCCION:	No 7409
TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	7

ESPECIFICACION PARA EMULSION ASFALTICA CATIONICA MODIFICADAS CON POLIMERO CRS-2p:

REQUERIMIENTO	ESPECIFICACION DE ENSAYO	Mínimo	Máximo	Resultado
CONSISTENCIA				
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C (Seg.) ⁽¹⁾	ASTM D 244 (AASHTO T-59)	40	***	40
COMPOSICION				
Carga de Particulas	ASTM D 7402 (AASHTO T-59)	***	***	Positiva
Residuo por evaporacion (% en peso)	ASTM D 6934 (AASHTO T-59)	65	***	65.14
Residuo por Destilacion (% en peso)	ASTM D 6997 (AASHTO T-59)	65	***	65.44
ESTABILIDAD				
Prueba de Tamizado, (% en peso)	ASTM D 6993 (AASHTO T-59)	***	0.1	0.014
Prueba de Estabilidad en Almacenamiento a 24h. (% en peso)	ASTM D 6930 (AASHTO T-59)	***	1	0.43
Densidad de la emulsion (gr/ml)	(ASTM D-70)(AASHTO T-228)	***	***	1.017
EXAMINACION DEL RESIDUO				
Penetración, 25°C, 100 g, 5s (dmm) ⁽²⁾	(ASTM D-5)(AASHTO T-49)	30	100	42.0
Ductilidad 25°C, 5 cm/min, (cm) ⁽³⁾	(ASTM D-113)(AASHTO T-51)	40	***	48.0
Punto de ablandamiento, (°C)	(ASTM D-36) (AASHTO T-53)	45	***	58.0
Recuperacion elastica torsional, 25°C (%)	NLT 329*	12	***	16.1

⁽¹⁾ Se recomienda aplicar la emulsion a temperatura ambiente para incrementar la viscosidad

⁽²⁾ Base Asfáltica Dura

⁽³⁾ Asfalto modificado con un plastomero para incrementar la adherencia y el punto de ablandamiento, para cumplir con las condiciones especificas del proyecto.

(*) Norma española

F:

Karen de Vadillo
Autorizo y reviso.

Ing. Karen de Vadillo Gerente de Control de Calidad



ANEXO II

HOJAS DE ENSAYO DE LOS AGREGADOS



PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso ASTM C127			
PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente		
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA		
PROCEDENCIA:	La Cantera, San Diego, La Libertad		
DESCRIPCIÓN:	Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N.= 1/2"		
FECHA DE ENSAYO:	17/10/2012		
Muestra No.		1	2
Peso Muestra Seca (g)	A	1,493.00 g	1,494.30 g
Peso de Material S.S.S. (g)	B	1,527.40 g	1,528.60 g
Peso del Material Sumergido (g)	C	953.78 g	954.31 g
Peso Específico Seco	A / (B - C)	2.603	2.602
Peso Específico Seco Promedio		2.602	
Peso Específico S.S.S.	B / (B - C)	2.663	2.662
Peso Específico S.S.S. Promedio		2.662	
Peso Específico Aparente	A / (A - C)	2.769	2.767
Peso Específico Aparente Promedio		2.768	
MENTO ASFÁLTICO: AC - 30			
Porcentaje de Absorción	(B - A) / A	2.304 %	2.295 %
Porcentaje de Absorción Promedio		2.30 %	
OBSERVACIONES:			
Elaboró:	Revisó:		
Tec. Salvador Murcia	Ing. Luis Lopez		





PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso ASTM C127			
PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente		
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA		
PROCEDENCIA:	La Cantera, San Diego, La Libertad		
DESCRIPCIÓN:	Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N. = 3/4"		
FECHA DE ENSAYO:	09/12/2012		
Muestra No.		1	2
Peso Muestra Seca (g)	A	2,020.60 g	2,027.40 g
Peso de Material S.S.S. (g)	B	2,062.60 g	2,065.00 g
Peso del Material Sumergido (g)	C	1,284.00 g	1,287.00 g
Peso Específico Seco	A / (B - C)	2.595	2.606
Peso Específico Seco Promedio		2.601	
Peso Específico S.S.S.	B / (B - C)	2.649	2.654
Peso Específico S.S.S. Promedio		2.652	
Peso Específico Aparente	A / (A - C)	2.743	2.738
Peso Específico Aparente Promedio		2.741	
MENTO ASFÁLTICO: AC - 30			
Porcentaje de Absorción	(B - A) / A	2.08 %	1.85 %
Porcentaje de Absorción Promedio		1.97 %	
OBSERVACIONES:			
Elaboró:	Revisó:		
Tec. Salvador Murcia	Ing. Luis Lopez		





PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Grupos de Arcilla y Partículas Desmenzables ASTM C 142

PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente					
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA					
PROCEDENCIA:	Cantera "Hacienda las Paderas" DISA					
DESCRIPCIÓN:	Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N. = 1/2"					
FECHA DE ENSAYO:	10/10/2012					
Peso Inicial=			2,763.30 g	Tamaño Máximo Nominal =		1/2"
Diametro de la Particula	Diametro de la Particula	% Retenido	Peso de la Muestra Antes de Ensayo	Peso de la Muestra Despues de Ensayo	Perdida de Material	% de Grupos
3/4"	19.00					
3/8"	9.50	30.5				
No. 4	4.75	57.8	1030	1023.4	0.64%	0.37%
No. 16	1.18	7.7				
Fondo		4.0		% de Grupos en la Muestra Total		0.37%
OBSERVACIONES:						
Elaboró:			Revisó:			
Tec. Salvador Murcia			Ing. Luis Lopez			





PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Grupos de Arcilla y Partículas Desmenuzables ASTM C 142

PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente					
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA					
PROCEDENCIA:	Cantera "Hacienda las Pámeras" DISA					
DESCRIPCIÓN:	Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N. = 3/4"					
FECHA DE ENSAYO:	26/12/2012					
Peso Inicial=			2,026.60 g	Tamaño Máximo Nominal =		3/4"
Diametro de la Partícula	Diametro de la Partícula	% Retenido	Peso de la Muestra Antes de Ensayo	Peso de la Muestra Después de Ensayo	Perdida de Material	% de Grupos
3/4"	19.00	1.60	2026.6	1999.1	1.36%	0.02%
3/8"	9.50	23.2				
No. 4	4.75	2.5				
No. 16	1.18	0.1				
Fondo		0.1	% de Grupos en la Muestra Total			0.02%
OBSERVACIONES:						
Elaboró:			Revisó:			
Tec. Salvador Murcia			Ing. Luis Lopez			





Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.
Ingenieros Consultores

ICIA S.A de C. V.
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASION E IMPACTO
EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
ASTM C-131
AASHTO T-96

PROYECTO:	PLANTA ASFALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 1/2"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
FECHA DE ENSAYO:	24/05/2012
ENSAYO N°:	049-2012

ENSAYO DE GRADUACIÓN: C

DE ESFERAS: 8

PESO INICIAL (gr.)	PESO RETENIDO EN MALLA #12 (gr.)	DIFERENCIA (gr.)	% DE DESGASTE
5001.0	3731.0	1270.0	25.4%

NOTA:

Elaboró: Téc. Alex Ramírez



Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa



Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.
Ingenieros Consultores

ICIA S.A de C. V.
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASION E IMPACTO
EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES
ASTM C-131
AASHTO T-96

PROYECTO:	PLANTA ASFALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 3/4"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
FECHA DE ENSAYO:	23/05/2012
ENSAYO N°:	048-2012

ENSAYO DE GRADUACIÓN: B

DE ESFERAS: 11

PESO INICIAL (gr.)	PESO RETENIDO EN MALLA #12 (gr.)	DIFERENCIA (gr.)	% DE DESGASTE
5000.0	3961.0	1039.0	20.8%

NOTA:

Elaboró: Téc. Alex Ramírez



Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa



Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.

Ingenieros Consultores
ICIA S.A de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INDICE DE DURABILIDAD EN AGREGADOS PETREOS

ASTM D-3744

AASHTO T-210

PROYECTO:	PLANTA ASPALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 1/2"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
FECHA DE ENSAYO:	24/05/2012
MÉTODO:	A
MUESTRA N°:	024-2012

A) Ensayo Preliminar:

Peso Inicial (grs)	Peso Final (grs)	Diferencia
2549.0	2496.0	53.0

B) Ensayo Final:

# Muestra	Altura Inicial	Altura Sedimento	Indice Durabilidad
1	-	0.200	93.0%
2	-	0.100	96.0%
3	-	0.100	96.0%
Promedio:			95.0%

Observaciones:

Elaboró:

Téc. Alex Ramírez

Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa





Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.

Ingenieros Consultores
ICIA S.A. de C.V.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INDICE DE DURABILIDAD EN AGREGADOS PETREOS

ASTM D-3744
AASHTO T-210

PROYECTO:	PLANTA ASPALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 3/4"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
FECHA DE ENSAYO:	24/05/2012
MÉTODO:	A
MUESTRA N°:	023-2012

A) Ensayo Preliminar:

Peso Inicial (grs)	Peso Final (grs)	Diferencia
2501.0	2464.0	37.0

B) Ensayo Final:

# Muestra	Altura Inicial	Altura Sedimento	Indice Durabilidad
1	-	0.100	96.0%
2	-	0.100	96.0%
3	-	0.100	96.0%
Promedio:			96.0%

Observaciones:

Elaboró:

Téc. Alex Ramirez

Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa





Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.
Ingenieros Consultores

ICIA S.A. de C. V.
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

**METODO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS
POR EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO**

ASTM C-89
AASHTO T 104

PROYECTO:	PLANTA ASFALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 1/2"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
TIPO DE REACTIVO:	SULFATO DE SODIO
FECHA DE ENSAYO:	28/05/2012
	# DE CICLOS: 5

PASA	MALLAS RETENIDO	PESO RETENIDO (GRS)	% RETENIDO	MUESTRAS A ENSAYAR			% DE MATERIAL DEGRADADO (CON RESPECTO A LA GRANULOMETRIA ORIGINAL)
				PESO INICIAL (GRS)	PESO FINAL (GRS)	% DE MATERIAL DEGRADADO	
3/4"	1/2"	93.0	1.9	N/A	N/A	N/A	N/A
1/2"	3/8"	1536.0	31.5	330.3	326.8	0.45	0.14
3/8"	#4	3000.0	60.7	300.6	299.7	0.30	0.18
#4	#8	201.0	4.1	N/A	N/A	N/A	N/A
#8	Fondo	88.0	1.8	N/A	N/A	N/A	N/A
SUMAS:		4940.0	100.0				TOTAL: 0.32

NOTAS:

Elaboró:

Téc. Alex Ramírez

Revisó:



[Signature]

Ing. Fugo Alexander Tobías Rosa



Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.
Ingenieros Consultores

ICIA S.A de C. V.
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
METODO ESTÁNDAR PARA SANIDAD DE LOS AGREGADOS
POR EL USO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO
ASTM C-89
AASHTO T 104

PROYECTO:	PLANTA ASFALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Grava 3/4"
PROCEDENCIA:	HACIENDA LAS PALMERAS
TIPO DE REACTIVO:	SULFATO DE SODIO
FECHA DE ENSAYO:	28/05/2012
	# DE CICLOS: 5

MALLAS	PESO RETENIDO (GRS)	% RETENIDO	MUESTRAS A ENSAYAR			% DE MATERIAL DEGRADADO (CON RESPECTO A LA GRANULOMETRÍA ORIGINAL)
			PESO INICIAL (GRS)	PESO FINAL (GRS)	% DE MATERIAL DEGRADADO	
1"	9.0	0.2	N/A	N/A	N/A	N/A
3/4"	1743.0	32.3	670.0	667.7	0.34	0.11
1/2"	1485.0	27.5	330.7	329.3	0.42	0.12
3/8"	1801.0	33.3	300.8	299.7	0.37	0.12
#4	194.0	3.6	N/A	N/A	N/A	N/A
#8	170.0	3.1	N/A	N/A	N/A	N/A
SUMAS:			5402.0	100.0	TOTAL:	0.35

NOTAS:

Elaboró:

Téc. Alex Ramirez

Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa





PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

ENSAYO DE PARTÍCULAS DE PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS									
ASTM D 4791									
PROYECTO:		Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente							
SOLICITANTE:		Planta Asfáltica Constructora DISA							
PROCEDENCIA:		Cantera Hacienda Las Palmeras DISA							
DESCRIPCIÓN:		Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N. = 1/2"							
FECHA DE ENSAYO:		RELACION 1-3 17/10/2012							
Peso Inicial=		48.44 g		Tamaño Máximo Nominal =					
MALLA		% Retenido Parcial	Cantidad de Muestra Ensayada	Fraccion de Particulas Planas	% Particulas Planas	Fraccion de Particulas Alargadas	% Particulas Alargadas	Fraccion de Particulas Planas y Alargadas	% de Particulas Planas y Alargadas
NOMBRE	MM								
1 1/2"	37.50								
1"	25.40								
3/4"	19.00	0.00 %							
1/2"	12.50	0.00 %							
3/8"	9.50	5.00 %	66.00	11.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00
No. 4	4.75	30.10 %	388.00	44.00	3.41	6.00	0.47	0.00	0.00
No. 8	2.36	22.70 %							
No. 30	0.60	14.70 %							
No. 50	0.30	10.40 %							
No. 200	0.075	11.20 %							
FONDO		5.90 %							
				55	4.25 %	6	0.47 %	0	0.00 %
GRAVA=	69.90 %	ARENA=	18.90 %	FINOS=	11.20 %	SUMA=			100.00 %
<p>TIPO DE CEMENTO</p> <p style="text-align: center;">RESUMEN</p> <p>Peso original de la muestra total a ensayarse</p> <p>% Particulas planas 4.25 %</p> <p>% Particulas Alargadas = 0.47 %</p> <p>% Particulas planas y alargadas = 0.00 %</p> <p>% Particulas NO planas NI alargadas = 95.29 %</p>									
OBSERVACIONES:									
Elaboró:			Revisó:						
Tec. Salvador Murcia			Ing. Luis López						



PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
 Tec. Salvador Murcia

**Ensayo de Partículas de
 Caras Fracturadas
 ASTM D 5821**

PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA
PROCEDENCIA:	Cantera, Hacienda las Palmeras
DESCRIPCIÓN:	Grava Mal Graduada, Color Gris Oscuro con T.M.N.= 1/2"
FECHA DE ENSAYO:	10/10/2012

Malla		Peso (g)	Conteo	Tipo de Partícula (g)			% Por Malla
Pasa	Retenido			Fracturada	No Fracturada	Dudosa	
1"	3/4"	0	-	0			
3/4"	1/2"	0.00	-	0			
1/2"	3/8"	21.00	-	21		100.0 %	
3/8"	No. 4	676.40	-	676.4		100.0 %	
No. 4	No. 8	1,323.10	-	1323.1		100.0 %	
fondo		0.00	-	0			
Totales		2,020.50		2,020.50			

Consideraciones de Ensayo

- 1 - Porcentaje de Partículas Con Caras Fracturadas = 100.0 %
- 2 - Porcentaje de Partículas Con Caras No Fracturadas = 0.0 %
- 3 - Porcentaje de Partículas Con Caras Dudosas = 0.0 %
- 4 - Criterio Para el Ensayo: Dos o Más Caras Fracturadas

OBSERVACIONES:		
Elaboró:	Revisó:	
Tec. Salvador Murcia	Ing. Luis Lopez	



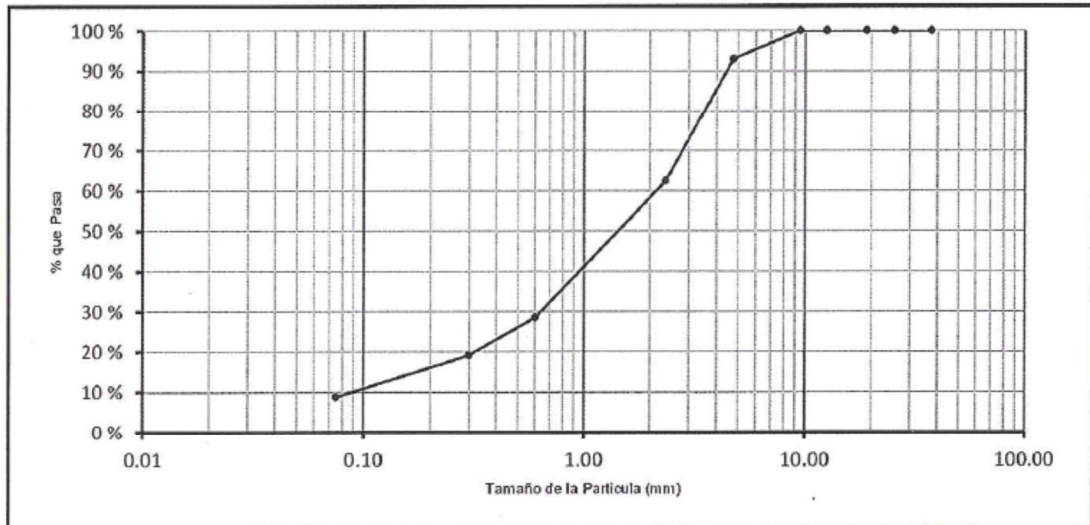
PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM C136

PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA
PROCEDENCIA:	La Cantera, San Diego, La Libertad
DESCRIPCIÓN:	Arena Mal Graduada, Color Gris Oscuro
FECHA DE ENSAYO:	09/12/2012

Peso Inicial=	1,661.50 g	Tamaño Máximo Nominal =	
---------------	------------	-------------------------	--

MALLA		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
NOMBRE	MM					Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.50	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
1"	25.40	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
3/4"	19.00	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
1/2"	12.50	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
3/8"	9.50	0.00 g	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
No. 4	4.75	116.80 g	7.03 %	7.03 %	92.97 %		
No. 8	2.36	507.00 g	30.51 %	37.54 %	62.46 %		
No. 30	0.60	561.90 g	33.82 %	71.36 %	28.64 %		
No. 50	0.30	156.80 g	9.44 %	80.80 %	19.20 %		
No. 200	0.075	172.90 g	10.41 %	91.21 %	8.79 %		
FONDO		146.10 g	8.79 %	100.00 %	0.00 %		
TOTALES		1,661.50 g	100.00 %				
GRAVA=	7.03 %	ARENA=	84.18 %	FINOS=	8.79 %	SUMA=	100.00 %



OBSERVACIONES:		
Elaboró:	Revisó:	
Tec. Salvador Murcia	Ing. Luis Lopez	



PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Determinación del Peso Específico y Absorción del Agregado Fino ASTM C128				
PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente			
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA			
PROCEDENCIA:	La Cantera, San Diego, La Libertad			
DESCRIPCIÓN:	Arena Mal Graduada, Color Gris Oscuro			
FECHA DE ENSAYO:	17/10/2012			
Muestra No.		1	2	2
Peso del Picnómetro (g)		401.00 g	401.00 g	401.00 g
Peso del Material + Picnómetro (g)		901.00 g	901.00 g	901.00 g
Peso de Material S.S.S. (g)	W	500.00 g	500.00 g	500.00 g
Peso Seco (g)	A	493.00 g	492.50 g	492.95 g
Peso de Picnómetro + Agua (g)	B	1,454.07 g	1,455.36 g	1,443.48 g
Peso de Picnómetro + Agua + Material (g)	C	1,760.63 g	1,760.88 g	1,751.09 g
Peso Específico S.S.S.	$W / (B + W - C)$	2.585	2.571	2.599
Peso Específico SSS Promedio		2.585		
Peso Específico Seco	$A / (B + W - C)$	2.549	2.532	2.562
Peso Específico Seco Promedio		2.548		
Peso Específico Aparente	$A / (B + A - C)$	2.644	2.634	2.660
Peso Específico Aparente Promedio		2.646		
Porcentaje de Absorción	$(W - A) / A$	1.42 %	1.52 %	1.43 %
Porcentaje de Absorción Promedio		1.46%		
OBSERVACIONES:				
Elaboró:		Revisó:		
Tec. Salvador Murcia		Ing. Luis Lopez		





PLANTA ASFÁLTICA CONSTRUCTORA DISA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Tec. Salvador Murcia

Ensayo de Euivalente de Arena
ASTM D 2419

PROYECTO:	Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente
SOLICITANTE:	Planta Asfáltica Constructora DISA
PROCEDENCIA:	La Cantera, San Diego, La Libertad
DESCRIPCIÓN:	Arena Limosa Gris Oscuro (SP-SM)
FECHA DE ENSAYO:	17/10/2012

MUESTRA N°	ALTURA DEL SEDIMENTO (h)	ALTURA DE ARENA DESPUES DE INTRODUCIR EN PISTON (H)	EQUIVALENTE DE ARENA
1	2.7	4.6	58.70%
2	2.8	4.7	59.57%
		PROMEDIO	59.14%

OBSERVACIONES:		
Elaboró:	Revisó:	
Tec. Salvador Murcia	Ing. Luis Lopez	



Ingenieros Civiles Asociados, S.A. de C.V.

Ingenieros Civiles Asociados Consultores
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

INDICE DE DURABILIDAD EN AGREGADOS PETREOS
ASTM D-3744
AASHTO T-210

PROYECTO:	PLANTA ASFALTICA DE CONSTRUCTORA DISA
SOLICITANTE:	CONSTRUCTORA DISA
CLASIFICACIÓN:	Arena triturada
PROCEDENCIA:	CANTERA "BCON"
FECHA DE ENSAYO:	23/05/2012
MÉTODO:	B
MUESTRA N°:	022-2012

A) Ensayo Preliminar:

Peso Inicial (grs)	Peso Final (grs)	Diferencia
-	-	-

B) Ensayo Final:

# Muestra	Altura Inicial	Altura Sedimento	Indice Durabilidad
1	5.000	3.100	62.0%
2	5.100	3.200	62.7%
Promedio:			62.4%

Observaciones:

Elaboró:

Téc. Alex Ramírez

Revisó:

Ing. Hugo Alexander Tobar Rosa

