

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TEGNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



“ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MACRO-TEXTURA Y LA DOTACIÓN DE EMULSIÓN EN LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN RIEGO DE ADHERENCIA TRAMO CANALETAS - PIEDRA LARGA”

Elaborado por:

GROVER JORGE COLQUE RIOS

Proyecto de Grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en ingeniería civil.

SEMESTRE I-2019

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ESTIMACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA MACRO-TEXTURA Y LA
DOTACIÓN DE EMULSIÓN EN LA RESISTENCIA AL CORTE DE UN
RIEGO DE ADHERENCIA TRAMO CANALETAS - PIEDRA LARGA”**

Por:

GROVER JORGE COLQUE RIOS

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
Figueroa **DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro
VICEDECANA

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Segovia Cortez

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco

.....
Ing. Limberg Llanos LL.

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios por permitirme lograr este objetivo, y por brindarme sabiduría, paciencia, fuerza y voluntad para realizar esta tesis, y estar siempre conmigo en cada momento de mi vida.

A mis padres: Francisco Colque Aldana. Y Rosalia Ríos Jerez. Por brindarme su apoyo en todas las etapas de mi vida hasta este momento y haber sabido guiarme por el camino del bien, e inculcarme buenos valores.

A mi hija: Carolina Colque Gudiño. Tu afecto y tu cariño son mi felicidad, mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti. Aun a tu corta edad, me has enseñado y me sigues enseñado muchas cosas de esta vida.

A mis hermanos (as): por todo su apoyo que siempre me dieron y saber que cuento con ellos en todo momento.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTO:

A DIOS primeramente por permitirme la gracia de la vida y por las fuerzas que me brindó para levantarme en los momentos más difíciles, finalmente por permitirme concluir esta meta.

A mis padres: por inculcarme buenos valores que me han permitido lograr esta meta. Por apoyarme incondicionalmente, este logro es gracias a ustedes, gracias por la confianza que han tenido y depositado en mí persona.

A mi hija: Te agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce de la vida. Fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.

A mi hermano y hermana por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos y amigas que no dudaron en brindarme su apoyo en los buenos y malos momentos, en especial por su amistad.

PENSAMIENTO:

Así andarás por el camino de los buenos, y seguirás las veredas de los justos.

- Proverbios 2:20

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.3. Planteamiento del problema.....	2
1.3.1. Situación problemática.....	2
1.3.2. Problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis	4
1.6. Definición de variables independientes y dependientes	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.7. Diseño metodológico	6
1.7.1. Componentes	6
1.7.1.1. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.7.1.2. Unidades de estudio.....	6
1.7.1.3. Población de estudio.....	6
1.7.1.4. Decisión muestral	6
1.8. Métodos y técnicas empleadas	6
1.8.1. Método inductivo.....	6
1.8.2. Técnicas empleadas	7
1.8.2.1. Diseño experimental.....	7
1.8.2.2. Técnica	8
1.8.3. Técnica metodología	9

1.8.4. Técnicas de muestreo	10
1.8.4.1. Técnicas de muestreo no probabilística.....	10
1.8.4.2. Descripción de equipos e instrumentos	10
1.8.4.2.1. Para la caracterización de los asfaltos.....	10
1.8.4.2.2. Caracterización de los agregados para las mezclas asfálticas.....	10
1.8.4.2.3. Elaboración de briquetas Marshall elaboración de probetas	11
1.8.4.2.4. Para la determinación de los rangos óptimos de dotación de ligante (ensayo de resistencia a corte LCB)	11
1.8.4.2.5. Para el ensayo del control o medición de la dotación de riego de liga	11
1.9. Descripción de instrumentos	11
1.9.1. Procedimiento de aplicación	15
1.9.2. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información	20
1.9.3. Estadística descriptiva.....	20
1.9.4. gráficos estadísticos a utilizar	21
1.9.5. Medidas de dispersión.....	21
1.10. Alcance de la investigación.....	22

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN SOBRE RIEGOS DE ADHERENCIA

	Pág.
2. Investigación sobre riegos de adherencia.....	23
2.1. Antecedentes de los asfaltos.....	23
2.2. Definición	25
2.3. Producción de asfalto	26
2.4. Composición del asfalto	28

2.5. Propiedades físicas de los asfaltos.....	30
2.5.1. Durabilidad	30
2.5.2. Adhesión y cohesión	30
2.5.3. Susceptibilidad a la temperatura	30
2.5.4. Endurecimiento y envejecimiento	31
2.6. Propiedades químicas del asfalto	32
2.7. Ensayos empíricos de cemento asfáltico.....	33
2.7.1. Penetración.	33
2.7.2. Punto de ablandamiento	35
2.7.3. Ductilidad	36
2.7.4. Punto de inflamación.....	37
2.7.5. Peso específico	38
2.8. Agregados pétreos.....	38
2.8.1. Procedencia de los agregados (tipo de piedra)	38
2.8.1.1. Rocas sedimentarias	39
2.8.1.2. Rocas ígneas	40
2.8.1.3. Rocas metamórficas	40
2.8.2. Fuentes de agregados pétreos	40
2.8.3. Propiedades de los agregados pétreos.....	43
2.8.4. Evaluación de los agregados pétreos para una mezcla asfáltica	46
2.8.5. Llenante mineral	46
2.8.6. Macro-texturas en las mezclas asfálticas	46
2.9. Superficie del pavimento Condición geométrica	47
2.9.1. Naturaleza del árido.....	47
2.9.2. Cantidad de asfalto	48
2.9.3. Textura superficial	48
2.9.4. Macro-textura.....	49
2.9.5. Composición de una mezcla asfáltica con macro-textura y Agregado grueso	50

2.9.6. Superficie de un pavimento con macro-texturas.....	50
2.9.7. Limitantes en la macro-textura	51
2.9.8. Análisis granulométricos para mezclas asfálticas para macro-textura	51
2.9.9. Factores que afectan a la macro-textura en el pavimento	53
2.9.9.1. En el tránsito, como la velocidad del vehículo.....	53
2.9.9.2. En el clima, como la variación de la temperatura	53
2.9.10. Ensayos para evaluar la macro-textura de un pavimento	53
2.9.10.1. Ensayo del círculo de arena	53
2.9.10.2. Perfilómetros.....	55
2.9.10.3. Perfilómetro video láser RST 24	56
2.9.10.4. Drenómetros.....	56
2.9.11. Ensayos para evaluar la macro-textura del pavimento.....	56
2.9.11.1. Péndulo de fricción TRRL:	57

CAPÍTULO III

INFORMACIÓN CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y APLICACIÓN PRÁCTICA

	Pág.
3. Información y caracterización de materiales	
3.1. Introducción	58
3.1.2. Planteamiento de la investigación	59
3.1.3. Procedencia de los materiales	59
3.1.3.1. Capa base granular	59
3.1.4. Caracterización del agregado pétreo Obtención y selección del árido y cemento asfáltico.....	61
3.1.5. Cemento asfáltico	63

3.1.6. Emulsificante	64
3.2. Ensayos de caracterización de los materiales	64
3.2.1. Caracterización de la capa base	64
3.2.1.1. Análisis granulométrico de la capa base (documento referencial ASTM D422 AASHTO T88).....	64
3.2.1.2. Determinación de limite liquido del suelo de la capa base (Documento referencial ASTM D4318 AASHTO T89 y AASHTO T90)	67
3.2.1.3. Ensayo de compactación considerando familias de curvas método de un punto (documento referencial AASHTO T272)	69
3.2.1.4. Determinación de la relación de soporte del suelo del laboratorio (CBR de laboratorio) (Documento referencial ASTM D1883 AASHTO T193).....	74
3.2.1.5. Clasificación del suelo de la capa base método AASHTO Y SUCS.....	85
3.2.2. Caracterización de los agregados con más detalle en Anexo B	86
3.2.2.1. Análisis granulométrico de los agregados (documento referencial ASTM E40 C136 AASHTO T27-99).....	86
3.2.2.2. Peso específico y absorción del agregado grueso (documento referencial ASTM C127, AASHTO T85).....	91
3.2.2.3. Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128, AASHTO T84)	94
3.2.2.4. Peso unitario de los agregados gruesos y finos (ASTM C 29M-97, AASHTO T-27).....	95
3.2.2.5. Equivalente de arena (ASTM D2419, AASHTO T176).....	99
3.2.2.6. Ensayo de desgaste de los agregados por medio de la máquina de los ángeles (ASTM C131, AASHTO T96).....	102
3.2.2.7. Método para determinar el índice de lajas (AASHTO C-142)	105
3.2.2.8. Método de los sulfatos para determinar la durabilidad del agregado grueso y fino (ASTM E88, AASHTO T104-99).....	106

3.2.3.	Caracterización del cemento asfáltico	109
3.2.3.1.	Ensayo de penetración de materiales bituminosos (documento referencial ASTM D5, AASHTO T49-97).....	109
3.2.3.2.	Ensayo de ductilidad de materiales bituminosos (ASTM D113, AASHTO T51-00).....	110
3.2.3.3.	Ensayo de punto de inflamación mediante el vaso abierto de Cleveland (ASTM D22, AASHTO T48).....	111
3.2.3.4.	Ensayo para determinar el punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola (ASTM D36-89, AASHTO T53-92).....	112
3.2.3.5.	Ensayo para determinar la gravedad específica (ASTM D70-76, AASHTO T228-93).....	113
3.3.	Elaboración de la mezcla asfáltica	116
3.3.1.	Diseño de la mezcla asfáltica siguiendo el método Marshall	116
3.3.2.	Procedimiento para la realización del diseño Marshall de la mezcla asfáltica.....	123
3.3.2.1.	Descripción de los instrumentos utilizados	123
3.3.2.2.	Preparación de la mezcla asfáltica (construcción de las briquetas).....	125
3.3.3.	Gradación de los agregados para el diseño de mezclas asfálticas densas siguiendo el método Marshall	126
3.4.	Procedimiento del ensayo realizado en laboratorio	129
3.4.1.	Dosificación de la mezcla en función a la cantidad de emulsión	129
3.4.2.	Contenido mínimo de emulsión.....	129
3.4.2.1.	Proceso de compactación de las muestras	131
3.4.3.	Caracterización de las mezclas compactas para la determinación del contenido óptimo de emulsión.....	132
3.4.3.1.	Determinación de la densidad de los especímenes	133
3.4.3.2.	Determinación de la estabilidad y fluencia.....	135
3.4.3.3.	Determinación del contenido óptimo de emulsión	139

3.5. Descripción y características de los asfaltos líquidos o cortados a utilizar como riego de liga	140
3.5.1. Asfalto líquido de curado rápido (RC)	140
3.5.2. Dosificación del riego de liga.....	141
3.5.2.1. Determinación de las cantidades de emulsion y solvente para riego de liga	141
3.5.2.2. Resultado de la cantidad de emulsión y solvente para la dosis de riego de liga.....	143
3.5.3. Metodología de aplicación del riego de liga.....	143
3.5.3.1. Determinación de la cantidad de ligante a aplicar	144

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Pág.
4. Construcción de probetas	147
4.1. Elaboración de las probetas para el ensayo de corte.....	147
4.1.2. Aplicación del riego de liga.....	147
4.1.2.1. Elaboración de la capa de pavimento flexible	148
4.1.2.2. Compactación de las muestras	151
4.2. Mejoramiento de puesta en obra del riego de liga	152
4.2.2. Dotación de riego de liga.....	152
4.2.3. Presentación de dotación en obra	152
4.2.4. Equipos de obra	153
4.2.4.1. Tanques de almacenamiento de la emulsión asfáltica	153
4.2.4.2. Equipos para la distribución	154
4.2.5. Ejecución de las obras	155
4.2.5.1. Preparación de la superficie de apoyo	155
4.2.5.2. Aplicación del riego de liga	156

4.2.6.	Limitaciones de la ejecución y habilitación al tránsito.....	157
4.2.7.	Plan de ensayos sobre el proceso de distribución del riego de liga.....	158
4.2.8.	Requisitos del proceso de ejecución	159
4.2.8.1.	Dotación del residuo asfáltico.....	159
4.2.8.2.	Evaluación visual.....	160
4.3.	Adherencia entre capas	160
4.3.1.	Proceso de ejecución para el ensayo de corte LCB.....	160
4.3.2.	Evaluación de la adherencia entre carpetas asfálticas	161
4.3.3.	Método de evaluación de la adherencia entre carpetas asfálticas.....	161
4.3.4.	Aparatos y material necesario.....	162
4.3.4.1.	Prensa.....	162
4.3.4.2.	Calibrador	162
4.3.4.3.	Dispositivo de corte	162
4.4.	Metodología de ensayo	163
4.4.1.	Testigos.....	163
4.4.2.	Medida del diámetro de los testigos.....	164
4.4.3.	Acondicionamiento térmico de los testigos	164
4.5.	Proceso de ejecución para el ensayo de corte LCB	165
4.5.1.	Resultados de la evaluación de la adherencia entre carpetas Asfálticas.....	167
4.5.2.	Análisis de los resultados de la carga máxima, deformación máxima y adherencia tomados como parámetros para la evaluación de adherencia entre carpetas asfálticas	168
4.5.3.	Asfalto líquido o rebajado RC-70 (curado rápido) modificado con emulsión	173
4.6.	Validación de resultados	173
4.7.	Análisis de costos.....	174

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1. Conclusiones	183
5.2. Recomendaciones.....	185

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A: Ensayo del círculo de arena.

ANEXO B: Caracterización de los materiales pétreos.

ANEXO C: Caracterización del cemento asfáltico.

ANEXO D: Extracción de núcleos.

ANEXO E: Ensayo de adherencia de corte método LBC.

ANEXO F: Realización del diseño Marshall.

ANEXO G: Caracterización de la emulsión Betuprimer m3.

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1.1. Número de ensayos a realizar para la elaboración de las probetas.....	17
Tabla 1.2. Elaboración de briquetas para obtener la cantidad óptima de C.A.	18
Tabla 2.1. Composición de un asfalto	28
Tabla 2.2. Clasificación de asfalto según su dureza.....	34
Tabla 2.3. Graduación para mezclas asfálticas	53
Tabla 2.4. Plan de ensayos sobre el proceso de distribución del riego de liga	85
Tabla 3.1. Especificaciones del cemento asfáltico	64
Tabla 3.2. Resultados de la granulometría de la capa base	67
Tabla 3.3. Resultados de límite líquido.....	69
Tabla 3.3. Resultados de límite plástico.....	69
Tabla 3.4. Resultados de la compactación punto 1	72
Tabla 3.5. Resultados de la compactación punto 2	73
Tabla 3.6. Resultados de la compactación punto 3	74
Tabla 3.7. Datos de contenido de humedad y peso unitario CBR1	77
Tabla 3.8. Datos y cálculos de expansión de CBR 1.....	78
Tabla 3.9. Resultados de CBR 1	78
Tabla 3.10. Datos y resultados de humedad y peso unitario de CBR 2	80
Tabla 3.11. Datos y cálculos de expansión de CBR 2.....	81
Tabla 3.12. Resultados de CBR 2	81

Tabla 3.13. Datos y resultados de humedad y peso unitario de CBR 3	83
Tabla 3.14. Datos y cálculos de expansión de CBR 3.....	84
Tabla 3.15. Resultados de CBR 3	84
Tabla 3.16. Clasificación de suelo método AASHTO	86
Tabla 3.17. Clasificación de suelo método SUCS	87
Tabla 3.18. Clasificación del suelo de la capa base	87
Tabla 3.19. Resultados de la granulometría del agregado grueso (grava)	89
Tabla 3.20. Resultados del análisis granulométrico de la gravilla	90
Tabla 3.21. Resultados del análisis granulométrico del agregado fino	91
Tabla 3.22. Resultados del peso específico del agregado grueso (grava)	94
Tabla 3.23. Resultados de peso específico del agregado grueso (gravilla).....	94
Tabla 3.24. Resultados del peso específico del agregado fino (arena)	96
Tabla 3.25. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (grava)	98
Tabla 3.26. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso (gravilla).....	99
Tabla 3.27. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino (arena).....	99
Tabla 3.28. Resultados de equivalencia de arena.....	102
Tabla 3.29. Peso del agregado y número de esferas para agregados gruesos	105
Tabla 3.30. Resultados obtenidos del ensayo de desgaste de los ángeles (grava)	105
Tabla 3.31. Resultados obtenidos del ensayo de desgaste de los ángeles (gravilla).....	106
Tabla 3.32. Resultados del ensayo de índice de lajas.....	107

Tabla 3.33. Resultados de la durabilidad a los sulfatos del agregado grueso	109
Tabla 3.34. Resultados de la durabilidad a los sulfatos del agregado fino	109
Tabla 3.35. Resultados del ensayo de penetración.....	111
Tabla 3.36. Resultados del ensayo de ductilidad	112
Tabla 3.37. Resultados del ensayo de punto de inflamación	113
Tabla 3.38. Resultados del ensayo de punto de ablandamiento.....	114
Tabla 3.39. Resultados del ensayo de gravedad específica.....	115
Tabla 3.40. Resumen de los ensayos del cemento asfáltico.....	116
Tabla 3.41. Resultado de contenido de cemento asfáltico	122
Tabla 3.42. Graduación de los agregados y franjas granulométricas de control para mezclas asfálticas densas	126
Tabla 3.43. Curva granulométrica formada para el diseño de mezclas asfálticas con emulsión	128
Tabla 3.44. Cantidad de agregados y emulsión para la preparación de la mezcla	130
Tabla 3.45. Pesos específicos de los materiales	136
Tabla 3.46. Resultados obtenidos del ensayo por el método Marshall	137
Tabla 3.47. Resumen de resultados para la obtención del porcentaje óptimo de emulsión	139
Tabla 3.48. Cantidades de emulsión y solvente para su fabricación.....	140
Tabla 3.49. Especificaciones para asfaltos líquidos de curado rápido (RC)	141
Tabla 3.50. Dosificación seleccionada para riego de liga	141

Tabla 3.51. Cantidad de emulsión y solvente para riego de liga de curado rápido (RC-70).....	143
Tabla 3.52. Cantidad de riego de liga de curado rápido para cada probeta	146
Tabla 4.1. Cantidad de material para cada probeta en función al porcentaje óptimo de emulsión	149
Tabla 4.2. Ensayo de adherencia entre capas	152
Tabla 4.3. Requisitos que debe cumplir la dotación de obra.....	153
Tabla 4.4. Requisitos que deben cumplir los elementos de transporte y almacenamiento de emulsiones asfálticas	154
Tabla 4.5. Requisitos que deben cumplir los elementos distribuidores de emulsiones asfálticas	155
Tabla 4.6. Plan de ensayos sobre el proceso de distribución del riego de liga	159
Tabla 4.7. Plan de ensayos sobre unidad terminada.....	159
Tabla 4.8. Resultados de la evaluación de la adherencia entre carpetas asfálticas	167
Tabla 4.9. Resultados obtenido atreves del ensayo de corte LCB para determinar la adherencia entre carpetas asfálticas.....	169
Tabla 4.10. Resultados de cargas máxima vs deformación.....	170
Tabla 4.11. Resultados de cargas máxima vs adherencia	172

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Balanza digital	12
Figura 1.2. Horno eléctrico	12
Figura 1.3. Serie de tamices metálicos.....	13
Figura 1.4. Ductilímetro.....	13
Figura 1.5. Penetrómetro.....	14
Figura 1.6. Viscosímetro	14
Figura 1.7. Picnómetro.....	15
Figura 2.1. Ensayo de penetración	34
Figura 2.2. Ensayo de punto de ablandamiento	35
Figura 2.3. Ensayo de ductilidad.....	36
Figura 2.4. Ensayo de punto de inflamación.....	37
Figura 2. 5. Tipos de roca	39
Figura 2. 6. Agregados naturales	41
Figura 2. 7. Agregado triturado.....	42
Figura 2.8. Macro-textura	49
Figura 2. 9. Tipos de Superficie de los pavimentos	51
Figura 2.10. Esquema del ensayo del círculo de arena	55
Figura 2.11. Medición de la textura superficial	56
Figura 2. 12. Extensión del filler en probetas circulares.....	57
Figura 2. 13. Equipo péndulo de fricción.....	58

Figura 2. 14. Dotación de riego de liga.....	60
Figura 2. 15. Estado de esfuerzo en interfaz de adherencia.....	62
Figura 2. 16. Comparación de viga monolítica y viga multicapa	65
Figura 2. 17. Dotación de riego de liga no uniforme	65
Figura 2. 18. Esquema de fuerza de compresión y tracción en viga sometida a flexión.....	68
Figura 2. 19. Falla de tipo Shoving o corrimiento fotográfico	69
Figura 2. 20. Falla de tipo Shoving o corrimiento, esquema y fotografía	70
Figura 2. 21. Falla de tipo fisura de arco, esquema y fotografía.....	71
Figura 2. 22. Patrones de rociado.....	72
Figura 2. 23. Boquillas de distribución del camión distribuidor de riego de liga	73
Figura 2. 24. Proceso de aplicación de riego de liga.....	74
Figura 2. 25. Tasa insuficiente de aplicación del riego de liga.....	75
Figura 2. 26. Curado del riego de liga.....	76
Figura 2. 27. Camión distribuidor de riego del liga.....	78
Figura 2. 28. Superficie no uniforme	80
Figura 2. 29. Incorrecta y correcta aplicación de riego de liga por las boquillas	80
Figura 3.1. Ubicación del tramo Canaletas-Piedra Larga.....	92
Figura 3.2. Planta chancadora Servicio Departamental de Caminos (SE.DE.CA.).....	93
Figura 3.3. Materiales para ser tamizado	95
Figura 3.4. Materiales juego de tamices	96

Figura 3.26. Realización de la penetración de la muestra.....	118
Figura 3.27. Ensayo de ductilidad.....	119
Figura 3.28. Realización del ensayo de punto de inflamación.....	120
Figura 3.29. Realización del ensayo de punto de ablandamiento	121
Figura 3.30. Picnómetros utilizados para determinar el peso específico	123
Figura 3.31. Determinación del peso del picnómetro + C.A. + agua	123
Figura 3.32. Muestras extraídas de carpeta asfáltica existente tramo Canaletas-Piedra Larga.	127
Figura 3. 33. Extracción de testigos para el análisis y extracción de muestras necesarias para evaluar la adherencia entre carpetas asfálticas existentes.	127
Figura 3. 34. Testigos que actuarán como la capa inferior para realizar la evaluación de adherencia entre carpetas asfáltica	128
Figura 3.35. Ensayo de centrífugo para determinar el porcentaje de cemento asfáltico presente en la muestra o carpeta asfáltica existente	128
Figura 3.36. Agregado pétreo para la realización del análisis granulométrico al finalizar la prueba de extracción el cemento asfáltico	129
Figura 3. 37. Tamices para la realización del análisis del agregado pétreo para determinar la distribución de las partículas y control de calidad	129
Figura 3.38. Granulometría de testigos extraídos	130
Figura 3.39. Curva granulométrica formada y fajas de control	137
Figura 3.40. Colocación de cantidades de agregados y cemento asfáltico	138
Figura 3.41. Mezcla preparada.....	139
Figura 3.42. Martillo para compactación	139
Figura 3.43. Compactación de la muestra, dando 75 golpes por cara	140
Figura 3.44. Extracción de las briquetas de los moldes	140

Figura 4.12. Desplazamiento entre una capa y otra hasta alcanzar la deformación máxima	169
Figura 4.13. Curva carga vs deformación	171
Figura 4.14. Variación de la carga máxima vs deformación máxima.....	174
Figura 4.15. Variación de la carga máxima vs adherencia	176