

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON
INCORPORACIÓN DE RAP (CARPETA ASFÁLTICA RECICLADA) PARA LA
REHABILITACIÓN DE VÍAS URBANAS”**

POR:

CLAUDIA ALEJANDRA SORUCO SORUCO

SEMESTRE II - 2022

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON
INCORPORACIÓN DE RAP (CARPETA ASFÁLTICA RECICLADA) PARA LA
REHABILITACIÓN DE VÍAS URBANAS”**

POR:

CLAUDIA ALEJANDRA SORUCO SORUCO

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 II - 2022

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mi madre

Por tus sabios consejos, por tu amor incondicional que me ofreciste hasta el último momento de tu vida.

Por ti aprendí a definir mi camino que tenía que seguir, gracias a ello estoy en el camino de concluir mis estudios de licenciatura.

Te querré y recordaré por siempre.

A mi padre

Doy gracias a Dios por tenerte conmigo y que en este momento importante lo sea también para ti y así mismo agradezco todo tu apoyo, consejos y todo el amor que me brindas.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Situación problemática.....	2
1.2.1 Problema.....	2
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3 Delimitación temporal y espacial de la investigación.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	4
1.6 Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1 Variable independiente.....	5
1.6.2 Variable dependiente.....	5
1.7 Identificación del tipo de Investigación.....	6
1.8 Unidades de estudio y decisión muestral.....	6
1.8.1 Unidad de estudio.....	6
1.8.2 Población.....	6
1.8.3 Muestra.....	7
1.8.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.9 Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.9.1 Métodos.....	7
1.9.2 Técnicas.....	8
1.10 Procesamiento de la información.....	8
1.11 Alcance de la investigación.....	11

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
2.1 Pavimento flexible.....	13
2.1.1 Componentes de un pavimento.....	13
2.1.2 Características de carpeta de rodadura.....	15
2.2 Mezcla asfáltica.....	17
2.2.1 Clasificación de mezclas asfálticas.....	17
2.2.2 Componentes de una mezcla asfáltica.....	20
2.2.3 Características de las mezclas asfálticas.....	20
2.3 Propiedades de las mezclas asfálticas.....	23
2.4 Granulometría en la mezcla asfáltica.....	27
2.4.1 Origen de la gráfica de Fuller.....	27
2.4.2 Importancia de la gráfica de Fuller.....	29
2.4.3 Mecanismos de control de la granulometría.....	29
2.5 Método Marshall.....	31
2.5.1 Consideraciones preliminares.....	31
2.5.2 Descripción del método Marshall.....	32
2.6 Ensayo Marshall.....	36
2.6.1 Procedimiento de ensayo.....	36
2.6.2 Presentación de resultados.....	38
2.6.3 Determinación del contenido óptimo de asfalto.....	39
2.6.4 Tendencias y relaciones de los resultados de ensayo.....	39
2.6.5 Curvas método Marshall.....	40

CAPÍTULO III
MEZCLAS ASFÁLTICAS RECICLADAS EN CALIENTE

	Página
3.1 Diseño de mezclas asfálticas recicladas.....	43
3.2 Reciclado de capas bituminosas.....	46

3.2.1	Tipos de mezclas bituminosas recicladas.....	46
3.3	Utilización del RAP.....	47
3.3.1	Características del RAP y su tratamiento.....	48
3.3.2	Instalaciones y tratamiento del RAP original.....	50
3.3.3	Consideraciones generales.....	50
3.3.4	Caracterización de los acopios del RAP tratado.....	50
3.3.5	Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.....	51
3.4	Carpetas recicladas ralizadas en Bolivia.....	53
3.4.1	Reciclado de pavimentos flexibles in situ con cemento hidráulico en Bolivia....	53
3.4.2	Revista del instituto de ensayo de materiales.....	54

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página	
4.1	Mezclas asfálticas recicladas en caliente con aporte de RAP.....	55
4.2	Ubicación geográfica.....	55
4.3	Características de los materiales de la mezcla.....	59
4.3.1	Características del banco de materiales.....	59
4.4	Muestreo de los materiales para una mezcla asfáltica.....	59
4.5	Ensayos de caracterización de los agregados nuevos.....	61
4.5.1	Ensayos de granulometría (ASTM C 33 AASHTO T 27).....	62
4.5.2	Ensayo de equivalente de arena (ASTM D 2419 AASHTO T 176-00).....	69
4.5.3	Ensayo de peso unitario de los agregados (ASTM C 29 AASHTO T 19 M-00).72	
4.5.4	Ensayo peso específico del agregado fino (ASTM C 128 AASHTO T 84).....	78
4.5.5	Ensayo peso específico del agregado grueso (ASTM C 127 AASHTO T-85)	82
4.5.6	Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los Ángeles (ASTM C-131 AASHTO T 96).....	86
4.5.7	Ensayo determinación de partículas laminares, chatas y alargadas (ASTM D-791).....	90
4.6	Ensayos de caracterización de cemento asfáltico.....	92

4.6.1	Ensayo de viscosidad Saybolt-Furol (ASTM D 244 AASHTO T-72).....	92
4.6.2	Ensayo de penetración (ASTM D5 AASHTO T 49-97).....	93
4.6.3	Ensayo de ductilidad (ASTM D 113 AASHTO T 51-00).....	95
4.6.4	Ensayo para determinar la densidad real o peso específico cemento asfáltico (ASTM D71-94 AASHTO T229-97).....	97
4.6.5	Resultado de la caracterización de los materiales.....	99
4.6.6	Análisis y comparación de resultados de cemento asfáltico de PEN 85/100....	100
4.7	Dosificación de una mezcla convencional en caliente.....	100
4.7.1	Determinación de proporciones de agregados.....	100
4.7.2	Determinación de proporción de cemento asfáltico.....	104
4.7.3	Cálculos y resultados ensayo Marshall de una mezcla convencional.....	108
4.7.4	Análisis de resultados propiedades mecánicas.....	116
4.8	Material de aporte RAP.....	122
4.8.1	Triturado del material de aportación RAP.....	122
4.9	Dosificación de mezcla asfáltica reciclada.....	125
4.9.1	Granulometría del agregado pétreo del RAP (método extracción centrifuga)..	125
4.9.2	Contenido de cemento asfáltico (método de extracción centrifuga)	125
4.10	Dosificación de mezclas asfálticas recicladas en caliente con aportación de RAP.....	129
4.10.1	Análisis de resultados de mezclas recicladas con variaciones de aportación de RAP.....	139
4.11	Verificación granulométrica de mezclas recicladas con aportación de RAP (método de extracción centrifuga).....	144
4.12	Obtención de contenido óptimo de cemento asfáltico para mezclas asfálticas recicladas.....	157
4.12.1	Mezclas recicladas con variación de cemento asfáltico y porcentaje de RAP constante de 20%.....	157
4.12.2	Análisis de resultados de mezclas recicladas con variaciones de Cemento Asfáltico.....	163
4.13	Comportamiento de mezcla ASFÁLTICA reciclada.....	169
4.14	Guía para el diseño de una mezcla asfáltica reciclada.....	175

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	182
5.2 Recomendaciones.....	186

Bibliografía

Anexos

- Anexo A. Ficha técnica de cemento asfáltico 85/100.
- Anexo B. Ensayos de caracterización de los agregados pétreos.
- Anexo C. Ensayos de caracterización del cemento asfáltico 85/100.
- Anexo D. Ensayo Marshall para mezcla asfáltica convencional en caliente.
- Anexo E. Ensayos de caracterización del rap de granulometría y contenido de cemento asfáltico.
- Anexo F. Diseño de mezclas recicladas método Marshall (ASTM D-3515).
- Anexo G. Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico de las briquetas con mezcla reciclada.
- Anexo H. Diseño de mezclas recicladas con aportación del 20% de rap y variación de cemento asfalto.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1	Estructura típica de un pavimento asfáltico flexible.....13
Figura 2.2	Sección de corte de las capas del pavimento flexible.....14
Figura 2.3	Distribución de cargas en un pavimento asfáltico.....16
Figura 2.4	Clasificación de las mezclas asfálticas por su temperatura de Fabricación.....18
Figura 2.5	Clasificación de mezclas según las temperaturas de mezclado.....25
Figura 4.1	Mapa político del Estado Plurinacional de Bolivia.....56
Figura 4.2	Mapa político del departamento de Tarija.....57
Figura 4.3	Mapa de la provincia Cercado.....57
Figura 4.4	Ubicación de la comunidad de La Pintada -Tarija.....58
Figura 4.5	Ubicación planta asfáltica C.I.B.E.R de la Alcaldía Municipal de Tarija- La Pintada.....58
Figura 4.6	Chancadora Garzón.....59
Figura 4.7	Acopio de grava.....60
Figura 4.8	Acopio de la arena y de gravilla.....60
Figura 4.9	Cemento asfáltico 85/100 procedencia colombiana.....61
Figura 4.10	Cuarteo del agregado grueso “grava” y pesaje.....63
Figura 4.11	Juego de tamices con la muestra en el vibrador o raptor.....63
Figura 4.12	Probetas y materiales para el ensayo.....70
Figura 4.13	Probetas después de la mezcla.....70
Figura 4.14	Mezclando de la muestra con agua y el defloculante.....71
Figura 4.15	Materiales para el ensayo, molde de 3 L, varilla y la muestra de Arena.....73
Figura 4.16	Volumen suelto de arena.....73
Figura 4.17	Materiales para el ensayo, molde de 10 L, varilla y la muestra de Grava.....73
Figura 4.18	Volumen suelto de la grava.....74

Figura 4.19	Volumen compactado de la grava.....	74
Figura 4.20	Enrazando con la varilla para la obtención del peso.....	74
Figura 4.21	Muestra saturada.....	79
Figura 4.22	Introduciendo la muestra en el cono en 3 capas con 25 golpes y enrasando después del secado.....	79
Figura 4.23	Verificación que la Muestra de Arena seca.....	79
Figura 4.24	Vaciado de la muestra en el matraz.....	80
Figura 4.25	Llenando de agua al matraz con muestra.....	80
Figura 4.26	Agitando el matraz y vaciando en un plato toda la muestra esté listo para introducir al horno y pesar posteriormente.....	80
Figura 4.27	Muestra saturada.....	83
Figura 4.28	Introducción la muestra al canastillo para luego obtener el peso de la muestra saturada, peso sumergido y con superficie seca.....	83
Figura 4.29	Vaciado de la muestra saturada en un recipiente para secado en horno y proceder al pesaje.....	83
Figura 4.30	Tamizado de muestra por los tamices 1/2" y 3/8" peso retenido de 2500 gr.....	87
Figura 4.31	Máquina de los Ángeles donde introducimos las muestras de los 2 recipientes.....	87
Figura 4.32	Una vez terminado las 500 revoluciones, hacemos girar la máquina para que salga la muestra desgastada.....	87
Figura 4.33	Tamizando la muestra en el tamiz N°12.....	88
Figura 4.34	Equipo de penetración.....	94
Figura 4.35	Llenar de agua el equipo del ductilímetro a una temperatura de 25°c.; armar los moldes y colocar glicerina con maicena.....	95
Figura 4.36	Colocar cemento asfáltico en los moldes dejando por 30 minutos secando enrasar y posteriormente dejarlo en el agua por 30 minutos.....	96
Figura 4.37	Colocando los moldes en el ductilímetro después de los 30 min en agua.....	96
Figura 4.38	Limpieza de los vasos precipitados y determinación de la masa.....	97

Figura 4.39	Se debe llenar el vaso precipitado del ligante asfáltico y dejarlo por 30 minutos.....	97
Figura 4.40	Luego se procede agregar el agua destilada hasta los 50 ml y se deja por 30 minutos en agua y luego se procede al pesaje.....	98
Figura 4.41	Procedimiento del ensayo de Marshall para la determinación del óptimo de cemento asfáltico.....	107
Figura 4.42	Acopio de carpetas asfálticas removidas de las vías urbanas de la ciudad de Tarija.....	122
Figura 4.43	Se procedió a triturar el material en la chancadora de Santa Ana Chancadora de mandíbulas.....	123
Figura 4.44	Equipos de trituración.....	123
Figura 4.45	Materiales triturados RAP.....	123
Figura 4.46	Traslado de RAP.....	124
Figura 4.47	Acopio de RAP.....	124
Figura 4.48	Tamizado del RAP.....	125
Figura 4.49	Contenido de cemento asfáltico del RAP.....	126
Figura 4.50	Granulometría del agregado pétreo extraído del RAP.....	126
Figura 4.51	Agregado y porcentajes de RAP.....	132
Figura 4.52	Preparación de la mezcla y compactación de la briqueta.....	132
Figura 4.53	Extracción de la briqueta del molde.....	133
Figura 4.54	Muestras de briquetas con variación de aportación de RAP.....	133
Figura 4.55	Peso seco y peso seco superficialmente mojado.....	133
Figura 4.56	Peso sumergido.....	134
Figura 4.57	Reposo previo a la ruptura de briqueta en la prensa Marshall.....	134
Figura 4.58	Prensa Marshall, medición de fluencia y estabilidad.....	134
Figura 4.59	Pesaje y ablandamiento de la briqueta con mezcla reciclada.....	145
Figura 4.60	Extracción del cemento asfáltico de la briqueta con mezcla Reciclada.....	145
Figura 4.61	Obtención del agregado pétreo de la briqueta con mezcla Reciclada.....	145
Figura 4.62	Granulometría de la briqueta de mezcla reciclada.....	145

Figura 4.63	Procedimiento ensayo Marshall mezcla reciclada con 20% de RAP.....	158
-------------	--	-----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 2.1	Representación de granulometrías según la FHWA28
Gráfico 2.2	Granulométrica SCT para un tamaño nominal de 19 mm y $\Sigma L \leq 106$ 31
Gráfico 2.3	Curva viscosidad-temperatura para cementos asfálticos..... 35
Gráfico 2.4	Curva estabilidad vs. porcentaje de asfalto.....40
Gráfico 2.5	Curva de peso unitario vs. porcentaje de asfalto..... 40
Gráfico 2.6	Curva porcentaje de vacíos en la mezcla vs. porcentaje de asfalto41
Gráfico 2.7	Curva flujo vs. porcentaje de asfalto.....41
Gráfico 2.8	Curva porcentaje de vacíos en el agregado vs. porcentaje de asfalto42
Gráfico 4.1	Curva granulométrica del agregado grueso (grava).....65
Gráfico 4.2	Curva granulométrica del agregado grueso (gravilla).....67
Gráfico 4.3	Curva granulométrica del agregado fino (arena).....69
Gráfico 4.4	Curva de la granulometría formada.....104
Gráfico 4.5	Análisis curva densidad vs. % cemento asfáltico convencional.....116
Gráfico 4.6	Análisis curva estabilidad vs. % C.A. convencional.....117
Gráfico 4.7	Curva fluencia vs. % C.A. convencional.....118
Gráfico 4.8	Curva porcentaje total de vacíos vs. porcentaje de cemento asfáltico convencional.....119
Gráfico 4.9	Curva granulométrica muestra 1 de RAP.....128
Gráfico 4.10	Dosificación RAP para la mezcla.....130
Gráfico 4.11	Análisis curva densidad vs. % de aportación de RAP.....139
Gráfico 4.12	Análisis curva estabilidad vs. % de aportación de RAP.....140
Gráfico 4.13	Análisis curva fluencia vs. % de aportación de RAP.....141
Gráfico 4.14	Análisis de curva de % vacíos en la mezcla vs. % de portación de RAP.....142

Gráfico 4.15	Análisis de curva de relación betún % de vacíos versus. % de aportación de RAP.....	143
Gráfico 4.16	Curva granulométrica de mezcla reciclada con 10% de aportación de RAP.....	147
Gráfico 4.17	Curva granulométrica de mezcla reciclada con 15% de aportación de RAP.....	149
Gráfico 4.18	Curva granulométrica de mezcla reciclada con 20% de aportación de RAP.....	151
Gráfico 4.19	Curva Granulométrica de mezcla reciclada con 25% de aportación de RAP.....	153
Gráfico 4.20	Curva granulométrica de mezcla reciclada con 30% de aportación de RAP.....	155
Gráfico 4.21	Curva granulométrica de mezcla reciclada con 35% de aportación de RAP.....	157
Gráfico 4.22	Análisis de curva de densidad vs. % de cemento asfáltico.....	163
Gráfico 4.23	Análisis de curva de estabilidad vs. % de cemento asfáltico.....	164
Gráfico 4.24	Análisis de curva de fluencia vs. % de cemento asfáltico.....	164
Gráfico 4.25	Análisis de curva de porcentaje de Vacíos del agregado vs. % de cemento asfáltico.....	165
Gráfico 4.26	Análisis de curva de relación de betúmen y porcentaje de vacíos vs. % de cemento asfáltico.....	165
Gráfico 4.27	Análisis curvo de % de vacíos de la mezcla vs. % de cemento Asfáltico.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

	Página	
Tabla 1.1	Variable independiente.....	5
Tabla 1.2	Variabes dependientes.....	6
Tabla 2.1	Clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura.....	26
Tabla 2.2	Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas	

	asfálticas de granulometría densa (para $\Sigma L \leq 106$).....	30
Tabla 3.1	Criterios de aplicación de las técnicas de reciclado.....	45
Tabla 3.2	Clasificación de las mezclas bituminosas recicladas.....	47
Tabla 4.1	Granulometría del agregado grueso (grava).....	64
Tabla 4.2	Granulometría agregado grueso(gravilla).....	66
Tabla 4.3	Granulometría agregado fino (arena).....	68
Tabla 4.4	Datos del ensayo de equivalente de arena.....	71
Tabla 4.5	Resultados del ensayo equivalente de arena.....	72
Tabla 4.6	Datos del ensayo de peso unitario de la arena suelta.....	75
Tabla 4.7	Datos del ensayo de peso unitario de la arena compactada.....	75
Tabla 4.8	Datos de peso unitario de la gravilla 3/8".....	76
Tabla 4.9	Resultado del ensayo de gravilla 3/8".....	77
Tabla 4.10	Datos del peso unitario de la grava 3/4".....	77
Tabla 4.11	Resultados del ensayo de grava 3/4".....	78
Tabla 4.12	Datos del ensayo peso específico del agregado fino.....	81
Tabla 4.13	Resultados del ensayo de peso específico del agregado fino.....	82
Tabla 4.14	Datos del ensayo de peso específico de la grava 3/4".....	84
Tabla 4.15	Resultados del ensayo de peso específico de la grava 3/4".....	85
Tabla 4.16	Datos del ensayo se realiza para la gravilla de 3/8".....	85
Tabla 4.17	Resultados del ensayo de peso específico de la gravilla 3/8".....	86
Tabla 4.18	Franjas granulométricas de agregados gruesos y numero de esferas para ensayo de desgaste por la máquina de los Ángeles.....	88
Tabla 4.19	Datos del ensayo de desgaste por la máquina de los Ángeles (grava).....	89
Tabla 4.20	Datos del ensayo de desgaste por la máquina de los Ángeles (Gravilla).....	90
Tabla 4.21	Datos del ensayo partículas laminares.....	91
Tabla 4.22	Resultados del ensayo para agregados gruesos.....	91
Tabla 4.23	Datos del ensayo de partículas alargadas.....	91
Tabla 4.24	Resultado del ensayo de partículas chatas y alargadas.....	92
Tabla 4.25	Datos del ensayo de viscosidad del cemento asfáltico 85/100.....	93

Tabla 4.26	Datos del Ensayo de penetración del cemento asfáltico 85/100.....	94
Tabla 4.27	Datos del ensayo de ductilidad del cemento asfáltico 85/100.....	96
Tabla 4.28	Datos del ensayo de peso específico o densidad relativa del cemento asfáltico.....	98
Tabla 4.29	Resultados de los ensayos de caracterización de los agregados.....	99
Tabla 4.30	Resultados de los ensayos de caracterización del cemento asfáltico.....	99
Tabla 4.31	Comparación de resultados de cemento asfáltico de PEN 85/100.....	100
Tabla 4.32	Graduaciones propuestas para mezclas cerradas o densas.....	101
Tabla 4.33	Dosificación de acuerdo a la granulometría de agregados.....	102
Tabla 4.34	Granulometría de curva de dosificación.....	103
Tabla 4.35	Diseño de dosificación Marshall (determinación de contenido óptimo de cemento asfáltico).....	105
Tabla 4.36	Lecturas de altura de briquetas de mezcla convencional.....	108
Tabla 4.37	Lectura de pesos de briquetas de mezcla convencional.....	109
Tabla 4.38	Lectura de prensa Marshall de estabilidad y fluencia.....	111
Tabla 4.39	Características de los componentes de una mezcla asfáltica.....	111
Tabla 4.40	Datos medidos de altura de briquetas, peso seco, peso saturado, superficialmente seco y peso sumergido.....	113
Tabla 4.41	Determinación de volumen, densidad y porcentaje de vacíos de briquetas de mezcla en caliente.....	114
Tabla 4.42	Lecturas de estabilidad y fluencia de mezcla convencional en la prensa Marshall.....	115
Tabla 4.43	Contenido óptimo de cemento asfáltico para una mezcla caliente convencional.....	121
Tabla 4.44	Granulometría del agregado pétreo extraído del RAP y contenido de cemento asfáltico.....	127
Tabla 4.45	Resumen granulometría extraídas de muestras de RAP.....	129
Tabla 4.46	Datos característicos de los componentes de la mezcla.....	130
Tabla 4.47	Dosificación de mezclas recicladas con porcentaje de cemento óptimo de una mezcla convencional y variación en el porcentaje	

	de aportación de RAP.....	131
Tabla 4.48	Características de los componentes de la mezcla.....	135
Tabla 4.49	Datos medidos de alturas y pesos de briquetas de mezcla con variación de aporte de RAP.....	136
Tabla 4.50	Determinación de volumen, densidad y porcentaje de vacíos de mezclas recicladas con variación de aporte de RAP.....	137
Tabla 4.51	Lectura de estabilidad y fluencia de mezcla reciclada con variación de aporte de RAP.....	138
Tabla 4.52	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N°1 con 10% de RAP).....	146
Tabla 4.53	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N°4 con 15% de RAP.).....	148
Tabla 4.54	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N° 7 con 20% de RAP.).....	150
Tabla 4.55	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N° 10 con 25% de RAP.).....	152
Tabla 4.56	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N° 13 con 30% de RAP.).....	154
Tabla 4.57	Verificación granulométrica y contenido de cemento asfáltico (briqueta N° 16 con 35% de RAP.).....	156
Tabla 4.58	Dosificación para mezclas recicladas con aportación de RAP del 20% y variación de cemento asfáltico.....	159
Tabla 4.59	Datos medidos de alturas de briquetas con 20% de RAP., peso seco, peso saturado superficialmente seco y peso sumergido.....	160
Tabla 4.60	Determinación de volumen, densidad y porcentaje de vacíos de mezcla reciclada con 20% de aportación de RAP.....	161
Tabla 4.61	Lectura de estabilidad y fluencia de mezcla reciclada con aportación de 20% de RAP. Y variación de cemento asfáltico.	162
Tabla 4.62	Determinación de porcentaje óptimo de cemento asfáltico para mezclas recicladas con aportación de 20% de RAP.....	168
Tabla 4.63	Propiedades mecánicas de muestras con variación de aportación	

	de RAP.....	169
Tabla 4.64	Propiedades mecánicas de muestras con variación de aportación de cemento asfáltico.....	170
Tabla 4.65	Especificaciones Marshall de Diseño.....	171
Tabla 4.66	Comparación de resultados.....	174