

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



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
MODIFICADA RESPECTO A OTRA MEZCLA ASFÁLTICA  
MODIFICADA ADICIONANDO FIBRAS DE  
POLIPROPILENO (PP)”**

**Por:**

**PATRIK MAURICIO RAMÍREZ ALLES**

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

**SEMESTRE I - 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

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

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
MODIFICADA RESPECTO A OTRA MEZCLA ASFÁLTICA  
MODIFICADA ADICIONANDO FIBRAS DE  
POLIPROPILENO (PP)”**

**POR:**

**PATRIK MAURICIO RAMÍREZ ALLES**

**SEMESTRE I - 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A mis padres: René Ramírez Flores y Miriam Alles Castro, por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos, por apoyarme siempre, por haber confiado en mí, y tenerme paciencia durante todos estos años, y así poder cumplir con esta gran meta.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Diseño teórico .....	3
1.3.1. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1.1 Situación problemática.....	3
1.3.1.2 Problema .....	3
1.3.2 Objetivo de la investigación.....	3
1.3.2.1. Objetivo general .....	3
1.3.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3.3 Hipótesis.....	4
1.3.4. Definición de variables.....	4
1.3.4.1 Variables independientes .....	4
1.3.4.2 Variables dependientes .....	4
1.4. Diseño metodológico.....	5
1.4.1 Métodos y técnicas empleadas .....	5
1.4.1.1 Definición, selección y elaboración de métodos y técnicas .....	5
1.4.1.2. Técnicas de muestreo .....	5
1.4.1.2.1. Ensayos a realizar para los agregados .....	5
1.4.1.2.2. Ensayos a realizar para el cemento asfáltico .....	6
1.4.1.3. Procedimiento de aplicación.....	8
1.4.1.4. Metodología de la práctica .....	9
1.4.2. Procedimiento para el análisis y la interpretación de información .....	10
1.4.2.1 Análisis estadístico.....	10
1.4.3. Alcance de la investigación .....	13

CAPÍTULO II  
FUNDAMENTACIÓN TEÒRICA

	Página
2.1. Antecedentes del asfalto.....	14
2.2. Mezclas asfálticas.....	15
2.2.1 Clasificación de las mezclas asfálticas.....	17
2.2.2. Mezcla en sitio.....	17
2.2.3. Mezcla en planta.....	17
2.2.4. Mezcla en frío.....	18
2.2.5. Mezcla en caliente.....	18
2.2.6. Mezclas abiertas.....	18
2.2.7. Mezclas cerradas.....	18
2.3. Mezclas asfálticas modificadas.....	19
2.3.1. Modificación de asfalto con elastómero.....	19
2.4. Diseño de una mezcla asfáltica.....	20
2.4.1 Diseño de una mezcla asfáltica adicionada con fibras de polipropileno.....	21
2.5. Materiales.....	21
2.5.1. Polipropileno (PP).....	22
2.5.2. Características del polipropileno.....	22
2.5.3. Propiedades.....	23
2.6. Comportamiento de las mezclas asfálticas.....	24
2.6.1. Contenido de asfaltos densidad de las mezclas.....	25
2.6.2. Vacíos de aire o simplemente vacíos.....	25
2.6.3. Vacíos de agregado mineral.....	26
2.6.4. Contenido de asfalto.....	27
2.7. Adhesividad de los agregados.....	29
2.8. Reología del asfalto.....	29
2.9. Comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas.....	30
2.9.1. Asfalto modificado con betuflex 60/85 E.....	32
2.10. Tipos de mezclas asfálticas.....	33
2.11. Diseño de mezclas asfálticas método Marshall.....	33

2.12. Marco referencial.....	34
2.13. Marco conceptual de agregados.....	35
2.14. Punto de vista del investigador.....	38

### CAPÍTULO III

#### CARACTERIZACION Y DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

	Página
3.1. Componentes.....	40
3.1.1 Unidades de estudio .....	40
3.1.2 Población.....	60
3.1.3 Muestra.....	40
3.2. Selección de materiales .....	40
3.2.1 Criterio para selección del material.....	40
3.2.2. Criterios para la selección de la fibra de polipropileno .....	40
3.2.3. Criterios para selección de agregados pétreos.....	41
3.2.4 Criterios para la selección de cemento asfáltico.....	41
3.3. Criterio para determinar el número de ensayos.....	41
3.4. Criterio del número de ensayos para la caracterización de agregados.....	41
3.5. Criterio del número de ensayos para el cemento asfaltico convencional .....	42
3.5.1. Criterio del número de ensayos para el cemento modificado betuflex .....	43
3.6. Levantamiento de la información.....	45
3.6.1. Ubicación de la fuente de los materiales a utilizarse.....	45
3.6.1.1 Agregado pétreo .....	45
3.6.1.2 Cemento asfáltico.....	46
3.6.1.3 Fibra de polipropileno .....	47
3.7. Levantamiento de información del producto .....	47
3.7.1. Cemento asfaltico convencional.....	47
3.7.2. Cemento asfaltico modificado con betuflex 60/85 E .....	48
3.8. Caracterización de los agregados .....	50
3.8.2. Peso específico del agregado grueso (ASTM C -127) .....	54
3.8.3. Peso específico del agregado fino (ASTM C-128).....	57

3.8.4. Equivalente de arena (ASTM D -2419).....	60
3.8.5. Ensayo de peso unitario agregados (ASTM C-29).....	63
3.8.6. Ensayo de desgaste mediante máquina desgaste de los ángeles( ASTM C-131)....	67
3.9. Caracterización del cemento asfáltico.....	70
3.9.1. Ensayo de penetración (ASTM D-5).....	70
3.9.2. Ensayo de Punto de inflamación (ASTM D-92) .....	72
3.9.3. Ensayo de la película delgada (ASTM D-1754).....	74
3.9.4. Ensayo peso específico del asfalto (ASTM D-70) .....	76
3.9.5. Ensayo de punto de ablandamiento (ASTM D-36) .....	78
3.9.6. Ensayo de ductilidad (ASTM D-113) .....	80
3.9.7. Ensayo de viscosidad Saybolt Furol (AASTHO T-84) (ASTM E-102) .....	82
3.10. Diseño de mezclas asfálticas .....	83
3.10.1. Diseño granulométrico .....	84
3.10.2. Dosificación de mezclas asfálticas inicial .....	85
3.10.3. Dosificación de mezclas asfálticas con porcentajes de polipropileno .....	86
3.10.4. Elaboración de briquetas .....	89
3.10.5. Roturas de briquetas .....	91
3.10.6. Datos y resultados de propiedades Marshall.....	94
3.10.7. Determinación de porcentaje óptimo de cemento asfáltico .....	108

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS MODIFICADAS

	Página
4.1. Resumen de resultados de caracterización de los componentes de las mezclas asfálticas de diseño.....	119
4.2. Contenidos óptimos de cemento asfáltico de las mezclas modificadas .....	120
4.3. Análisis del comportamiento de propiedades Marshall con polipropileno.....	122
4.4. Determinación del contenido óptimo de fibra de polipropileno .....	128
4.5. Dosificaciones finales con porcentajes óptimos para cada mezcla modificada.....	131
4.6. Determinación de propiedades Marshall con valores óptimos modificados.....	133

4.7. Análisis comparativo de óptimo de fibra de polipropileno y betuflex 60/85 E .....	136
4.8. Especificaciones técnicas .....	142
4.8.1. Producción en planta de mezclas modificadas con fibra de polipropileno.....	142
4.8.1.1 Ciclo de producción de mezclas asfálticas caliente en una planta.....	142
4.9. Análisis de costos .....	148
4.9.1. Cálculo de costos para carpeta asfáltica convencional con asfalto 85/100.....	149
4.9.2 Cálculo de costos para carpeta asfáltica modificada con betuflex 60/85 E.....	152
4.9.3 Cálculo de costos para carpeta asfáltica modificada con fibra de polipropileno ...	155
4.9.4 Resultados finales de costos de las carpetas asfálticas .....	158

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones .....	159
5.2. Recomendaciones .....	160

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS

Anexo 1. Planillas de caracterización de agregados

Anexo 2. Planillas de caracterización de cementos asfálticos

Anexo 3. Planillas de diseño granulométrico

Anexo 4. Planillas de dosificaciones con porcentajes de cemento asfáltico y fibra de polipropileno.

Anexo 5. Planillas Marshall para diferentes porcentajes de cemento asfáltico y fibra de polipropileno.

Anexo 6. Planillas de dosificación con porcentajes óptimos de cemento asfáltico y fibra de polipropileno.

Anexo 7. Planillas Marshall con porcentajes óptimos de cemento asfáltico y fibra de polipropileno.



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Fibra de polipropileno .....	23
Figura 2.2. Ilustración del V.M.A en una probeta de mezcla compactada .....	26
Figura 2.3. Vacíos en el agregado mineral (requisitos de V.M.A).....	27
Figura 2.4. Asfalto modificado betuflex 60/85 E.....	32
Figura 3.1. Ubicación, banco de agregados Garzón.....	45
Figura 3.2. Banco de agregado pétreo.....	46
Figura 3.3. Ubicación de la planta asfáltica del SEDECA .....	46
Figura 3.4. Ubicación de la distribuidora de la fibra de polipropileno .....	47
Figura 3.5. Agregado pétreo.....	50
Figura 3.6. Agregado utilizado para el ensayo .....	54
Figura 3.7. Obtención del peso sumergido en agua .....	55
Figura 3.8. Secado superficial del material .....	58
Figura 3.9. Preparación del matraz para el pesado para muestra .....	58
Figura 3.10. Equivalente de arena y agitación del cilindro graduado con la muestra.....	61
Figura 3.11. Lectura de la altura de arena que contiene.....	61
Figura 3.12. Peso unitario compactado del agregado 3/4” .....	63
Figura 3.13. Compactado del agregado suelto 3/4” apisonado .....	63
Figura 3.14. Máquina de desgaste por abrasión con material .....	67
Figura 3.15. Agregado grueso – grava .....	68
Figura 3.16. Agregado grueso – gravilla ylas 8 esferas.....	69
Figura 3.17. Realización del ensayo de penetración del cemento asfaltico .....	71
Figura 3.18. Realización del ensayo punto de inflamación del cemento asfaltico .....	73
Figura 3.19. Realización del ensayo película delgada.....	74
Figura 3.20. Horno rotatorio para ensayo película delgada.....	74
Figura 3.15. Agregado grueso – grava .....	68
Figura 3.16. Agregado grueso – gravilla ylas 8 esferas.....	69
Figura 3.17. Realización del ensayo de penetración del cemento asfaltico .....	71
Figura 3.18. Realización del ensayo punto de inflamación del cemento asfaltico .....	73
Figura 3.19. Realización del ensayo película delgada.....	74

Figura 3.20. Horno rotatorio para ensayo película delgada.....	74
Figura 3.21. Realización del ensayo peso específico del cemento asfáltico .....	77
Figura 3.22. Ensayo de punto de ablandamiento.....	79
Figura 3.23. Ensayo de ductilidad del cemento asfaltico .....	81
Figura 3.24. Colocación de moldes con cemento asfaltico en baño María .....	81
Figura 3.25. Realización del ensayo viscosidad Saybolt del cemento asfaltico .....	83
Figura 3.26. Pesaje de los materiales .....	90
Figura 3.27. Elaboración y compactado de las briquetas .....	91
Figura 3.28. Extracción de las briquetas con extractor hidráulico.....	91
Figura 3.29. Proceso de medición y pesaje de briquetas sumergidas .....	92
Figura 3.30. Briquetas sumergidas y pesadas en balanza con canastillo.....	92
Figura 3.31. Marcación de las briquetas para realizar ensayo Marshall .....	93
Figura 3.32. Inmersión de briquetas a una temperatura 60°C.....	94
Figura 3.33. Lectura de briquetas a una temperatura 60°C.....	94
Figura 4.1 Acopio de los agregados pétreos en la planta de asfalto.....	142
Figura 4.2 Alimentación de tolva con arena y piedra chancada 1/2”.....	145
Figura 4.3 Tambor mezclador .....	146
Figura 4.4 Transportador y elevador de la mezcla asfáltica en caliente.....	147

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 3.1. Curva granulométrica - grava .....	51
Gráfico 3.2. Curva granulométrica - gravilla.....	52
Gráfico 3.3. Curva granulométrica- arena.....	53
Gráfico 3.4. Representación gráfica curva granulométrica método Marshall.....	85
Gráfico 3.5. Curvas de propiedades volumétricas Marshall para betuflex 60/85E.....	109
Gráfico 3.6. Curvas de propiedades mecánicas Marshall para betuflex 60/85E.....	109
Gráfico 3.7. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 0% polipropileno.....	110
Gráfico 3.8. Curvas de estabilidad y fluencia Marshall 0% polipropileno.....	110
Gráfico 3.9. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 0,5% polipropileno.....	111

Gráfico 3.10. Curvas de estabilidad yfluencia Marshall 0,5% polipropileno.....	111
Gráfico 3.11. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 1% polipropileno.....	112
Gráfico 3.12. Curvas de estabilidad yfluencia Marshall para 1 % polipropileno .....	112
Gráfico 3.13. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 1,5% polipropileno.....	113
Gráfico 3.14. Curvas de estabilidad yfluencia Marshall 1,5 % polipropileno.....	113
Gráfico 3.15. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 2% polipropileno.....	114
Gráfico 3.16. Curvas de estabilidad yfluencia Marshall 2 % polipropileno.....	114
Gráfico 3.17. Curvas de propiedades volumétricas Marshall 2,5% polipropileno.....	115
Gráfico 3.18. Curvas de estabilidad volumétricas Marshall 2,5% polipropileno.....	115
Gráfico 4.1. Representación gráfica del contenido óptimo de los C.A.....	121
Gráfico 4.2. Resultados finales de densidades de la mezcla modificada.....	123
Gráfico 4.3. Resultados finales del % de vacíos en las mezclas modificadas .....	124
Gráfico 4.4. Resultados finales de R.B.V en las mezclas modificadas .....	125
Gráfico 4.5. Resultados finales de V.A.M. en mezclas modificadas .....	126
Gráfico 4.6. Resultados finales estabilidades en mezclas modificadas.....	127
Gráfico 4.7. Resultados finales fluencia en mezclas modificadas .....	128
Gráfico 4.8. Determinación del porcentaje óptimo de polipropileno, según densidad.	130
Gráfico 4.9. Obtención del porcentaje óptimo de polipropileno, según estabilidad.....	130
Gráfico 4.10.Determinación del porcentaje óptimo de polipropileno según vacíos .....	131
Gráfico 4.11.Resultados finales de la densidad de las mezclas modificadas con el porcentaje óptimo.....	138
Gráfico 4.12 Resultado final de estabilidad de mezclas modificadas con el porcentaje óptimo .....	138
Gráfico 4.13.Resultados final de la fluencia de mezclas modificadas con el porcentaje óptimo .....	139
Gráfico 4.14.Resultados finales del porcentaje de vacíos de las mezclas modificadas con el porcentaje óptimo .....	140
Gráfico 4.15 Resultados finales del porcentaje de vacíos de agregado mineral las mezclas modificadas con el porcentaje óptimo.....	140
Gráfico 4.16.Resultados finales del porcentaje de relación betún vacíos de las mezclas modificadas con el porcentaje óptimo.....	141

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Historia del asfalto.....	14
Tabla 2.2. Marco normativo tipos de cementos asfálticos y sus ensayos.....	37
Tabla 2.3. Normas aplicadas para los agregados cemento asfáltico y ensayos.....	37
Tabla 3.1. Numero de ensayos de los agregados pétreos.....	42
Tabla 3.2. Numero de ensayos del cemento asfáltico 85/100.....	43
Tabla 3.3. Numero de ensayos del cemento asfáltico modificado betuflex.....	44
Tabla 3.4. Especificaciones técnicas del cemento asfáltico convencional 85/100.....	48
Tabla 3.5. Especificaciones técnicas del cemento modificado betuflex 60/85 E.....	49
Tabla 3.6. Planilla de resultados de la granulometría de la grava 3/4”.....	51
Tabla 3.7. Planilla de resultados de la granulometría de la gravilla 3/8”.....	52
Tabla 3.8. Planilla de resultados de la granulometría de la arena N°4.....	53
Tabla 3.9. Datos del ensayo de peso específico del agregado grueso (grava).....	55
Tabla 3.10. Resultados del ensayo de peso específico para grava.....	56
Tabla 3.11. Datos del ensayo de peso específico para agregado grueso (gravilla).....	57
Tabla 3.12. Resultados del ensayo de peso específico para gravilla 3/8”.....	57
Tabla 3.13. Datos del ensayo de peso específico para arena.....	58
Tabla 3.14. Resultados del ensayo de peso específico para agregado fino.....	60
Tabla 3.15. Datos del ensayo equivalente de arena.....	62
Tabla 3.16. Resultados del ensayo equivalente de arena.....	62
Tabla 3.17. Datos de ensayo peso unitario suelto de la grava 3/4”.....	64
Tabla 3.18. Datos de ensayo peso unitario compactado de la grava 3/4”.....	64
Tabla 3.19. Resultados del ensayo peso unitario de la grava 3/4”.....	65
Tabla 3.20. Datos del ensayo peso unitario suelto gravilla 3/8”.....	65
Tabla 3.21. Datos del ensayo peso unitario compactado gravilla 3/8”.....	65
Tabla 3.22. Resultados del ensayo de la gravilla 3/8”.....	66
Tabla 3.23. Datos del peso unitario suelto de la arena.....	66
Tabla 3.24. Datos del peso unitario compactado de la arena.....	66
Tabla 3.25. Resultados del ensayo de la arena.....	67
Tabla 3.26. Datos del ensayo de desgaste para grava 3/4”.....	68

Tabla 3.27. Datos del ensayo de desgaste para la gravilla 3/8” .....	69
Tabla 3.28. Datos del ensayo penetración del cemento asfaltico 85/100 .....	71
Tabla 3.29. Datos del ensayo penetración del cemento asfaltico betuflex 60/85 E .....	72
Tabla 3.30. Datos del ensayo punto de inflamación cemento asfaltico 85/100.....	73
Tabla 3.31. Datos ensayo punto de inflamación cemento asfaltico betuflex 60/85 E .....	73
Tabla 3.32. Datos del ensayo película delgada del cemento asfaltico 85/100.....	75
Tabla 3.33. Resultados del ensayo película delgada en horno 163°C.....	75
Tabla 3.34. Datos del ensayo película delgada del cemento betuflex 60/85E.....	76
Tabla 3.35. Resultados del ensayo película delgada en horno 163°C.....	76
Tabla 3.36. Datos del ensayo peso específico C.A convencional 85/100 .....	77
Tabla 3.37. Datos del ensayo peso específico C.A betuflex 60/85 E.....	78
Tabla 3.38. Resultados de los ensayos de peso específico del C.A.....	78
Tabla 3.39. Datos y resultado del ensayo de punto de ablandamiento .....	80
Tabla 3.40. Datos y resultados de ensayo de ductilidad a 25°C AASTHO T-51 .....	82
Tabla 3.41. Resultados del ensayo viscosidad Saybolt Furol 85-100 y 60/85 E.....	83
Tabla 3.42. Datos de los porcentajes de los agregados pétreos.....	84
Tabla 3.43. Porcentajes de agregados según diseño granulométrico.....	85
Tabla 3.44. Variaciones de porcentajes del cemento asfáltico .....	86
Tabla 3.45. Cantidades de briquetas a realizar para cada diseño .....	86
Tabla 3.46. Dosificación con porcentajes cemento asfaltico 0,5% polipropileno.....	87
Tabla 3.47. Dosificación con porcentajes cemento asfáltico 1 % polipropileno.....	87
Tabla 3.48. Dosificación con porcentajes cemento asfáltico 1,5 % polipropileno.....	88
Tabla 3.49. Dosificación con porcentajes cemento asfáltico 2 % polipropileno.....	88
Tabla 3.50. Dosificación con porcentajes cemento asfáltico 2,5 % polipropileno.....	89
Tabla 3.51. Propiedades volumétricas de la mezcla modificada betuflex 60/85 E.....	95
Tabla 3.52. Estabilidad y fluencia de la mezcla modificada betuflex 60/85E. ....	96
Tabla 3.53. Propiedades volumétricas de la mezcla con 0% polipropileno .....	97
Tabla 3.54. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 0% polipropileno.....	98
Tabla 3.55. Propiedades volumétricas de la mezcla con 0,5% polipropileno .....	99
Tabla 3.56. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 0,5% polipropileno.....	100
Tabla 3.57. Propiedades volumétricas de la mezcla con 1% polipropileno .....	101

Tabla 3.58. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 1% polipropileno .....	102
Tabla 3.59. Propiedades volumétricas de la mezcla con 1,5% polipropileno .....	103
Tabla 3.60. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 1,5% polipropileno .....	104
Tabla 3.61. Propiedades volumétricas de la mezcla con 2% polipropileno. ....	105
Tabla 3.62. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 2% polipropileno .....	106
Tabla 3.63. Propiedades volumétricas de la mezcla con 2,5% polipropileno .....	107
Tabla 3.64. Estabilidad y fluencia de la mezcla con 2,5% polipropileno .....	108
Tabla 3.65. Porcentaje óptimo de C.A. modificada con betuflex 60/85E. ....	116
Tabla 3.66. Porcentaje óptimo de C.A. convencional con 0% polipropileno .....	117
Tabla 3.67. Porcentaje óptimo de C.A. modificada con 0,5% polipropileno .....	117
Tabla 3.68. Porcentaje óptimo de C.A.modificada con 1% polipropileno .....	117
Tabla 3.69. Porcentaje óptimo de C.A.modificada con 1,5 % polipropileno .....	118
Tabla 3.70. Porcentaje óptimo de C.A.modificada con 2 % polipropileno .....	118
Tabla 3.71. Porcentaje óptimo de C.A.modificada con 2,5% polipropileno .....	118
Tabla 4.1. Resultados de la caracterización de los agregados pétreos.....	119
Tabla 4.2. Resultados de ensayos de caracterización C.A. 85/100 .....	120
Tabla 4.3. Resultados de ensayos de caracterización C.A. betuflex 60/85E .....	120
Tabla 4.4. Resultados de los contenidos óptimos de los cementos asfálticos .....	121
Tabla 4.5. Resultados óptimos de propiedades Marshall de mezclas modificadas con fibra de polipropileno.....	122
Tabla 4.6. Determinación del porcentaje óptimo de la fibra de polipropileno .....	129
Tabla 4.7. Dosificaciones finales con porcentajes óptimos de ambas mezclas modificadas .....	132
Tabla 4.8. Dosificaciones finales con el porcentaje óptimo con betuflex .....	132
Tabla 4.9. Dosificación final del porcentaje óptimo C.A. 85/100 y óptimo de fibra polipropileno .....	132
Tabla 4.10. Propiedades volumétricas finales con óptimos modificados con cemento asfáltico betuflex 60/85 E.....	133
Tabla 4.11. Propiedades mecánicas finales con óptimos modificados con cemento asfáltico betuflex 60/85 E.....	134

Tabla 4.12. Propiedades volumétricas finales con óptimos de la mezcla modificada con fibra de polipropileno.....	135
Tabla 4.13. Propiedades mecánicas finales con óptimos de la mezcla modificada con fibra de polipropileno .....	136
Tabla 4.14. Resultados finales de porcentajes óptimos de las mezclas modificadas.....	137
Tabla 4.15. Resultados finales de propiedades Marshall de las mezclas modificadas ....	137
Tabla 4.16. Cantidad total de asfalto y agregado para mezcla convencional .....	150
Tabla 4.17. Cantidad total de cada tipo de agregado para mezcla convencional .....	150
Tabla 4.18. Rendimientos para una carpeta asfáltica convencional.....	150
Tabla 4.19. Precios unitarios para una carpeta asfáltica convencional .....	151
Tabla 4.20. Cantidad total de asfalto y agregado para carpeta asfáltica con betuflex .....	152
Tabla 4.21. Cantidad total de cemento asfáltico para cada tipo de agregado para una carpeta asfáltica con betuflex.....	153
Tabla 4.22. Rendimientos para una carpeta asfáltica con betuflex .....	153
Tabla 4.23. Precios unitarios para una carpeta asfáltica con betuflex.....	154
Tabla 4.24. Cantidad total de cemento asfáltico y agregado para carpeta asfáltica con fibra de polipropileno.....	155
Tabla 4.25. Cantidad total de cada tipo de agregado para carpeta asfáltica con fibra de polipropileno .....	156
Tabla 4.26. Rendimiento para una carpeta asfáltica con polipropileno .....	156
Tabla 4.27. Precios unitarios para una carpeta asfáltica con polipropileno.....	157
Tabla 4.28. Resultados finales de costos de las carpetas asfálticas .....	158