

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



**“EVALUACIÓN DE EFECTOS DE PARTÍCULAS
PLANAS Y ALARGADAS EN MEZCLA
ASFÁLTICA CON CEMENTO CONVENCIONAL”**

Autor:

PIMENTEL RAMIREZ RIERY ALVARO

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 – 2018

TARIJA – BOLIVIA

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

**“EVALUACIÓN DE EFECTOS DE PARTÍCULAS
PLANAS Y ALARGADAS EN MEZCLA
ASFÁLTICA CON CEMENTO CONVENCIONAL”**

Autor:

PIMENTEL RAMIREZ RIERY ALVARO

SEMESTRE II – 2018

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M.Sc.Ing.Ernesto R. Alvarez Gozalvez

DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc.Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Ada López Rueda

.....
Ing. Laura Soto Salgado

.....
Ing. Weimar Mejía Mogrovejo

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

DEDICATORIA

A MI MADRE: Natividad Ramírez Donaire, por haber sabido guiarme por el camino del bien, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional y ser el motor económico que mayormente empujó este sueño, sin su apoyo la culminación de mi carrera no sería posible.

A MI PADRE: Félix Pimentel Romero, porque sé que le hubiera gustado verme triunfar como profesional y sé que en algún lugar él está feliz por este gran momento de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a Dios por ser la luz incondicional que ha guiado mi camino. A mis padres que a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino. A mis hermanas Gladys Noemí Pimentel R. y Maribel Pimentel R. porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A mis amigos que me ayudaron de una manera desinteresada y buena voluntad.

PENSAMIENTO

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

PENSAMIENTO

RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN.	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	3
1.3.1 Situación problémica.	3
1.3.2 Problema.	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	4
1.4.1 Objetivo general.	4
1.4.2 Objetivos específicos.	4
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.	5
1.5.1 Hipótesis.	5
1.5.2 Identificación de variables.	5
1.5.2.1 Conceptualización.	5
1.5.2.2 Operacionalidad de las variables.	7
1.6 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL	8
1.6.1 Unidad de estudio o muestreo.	8
Los ensayos que se realizara a las muestras.	8
1.6.2 Población.	8
1.6.3 Muestra.	8
1.6.4 Selección de las técnicas de muestreo.	8

	Página
1.7 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.8 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.	9
1.9 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS.	10
1.9.1 Listado de actividades a realizar.	10
1.9.2 Esquema de actividades en función al procedimiento definido por la perspectiva.....	11
1.9.3 Productos esperados en correspondencia con el procedimiento de la perspectiva.....	12
1.9.4 Resultados esperados.	12
1.9.5 Análisis de resultados.	12

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE PAVIMENTOS FLEXIBLES

2.1 PAVIMENTO.	15
2.1.1 Tipos de pavimentos.....	15
2.1.1.1 Pavimento rígido.	16
2.1.1.2 Pavimento flexible.	16
2.2 COMPONENTE ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.	17
2.2.1 Terreno de fundación.....	17
2.2.3 Subrasante.	17
2.2.4 Subbase.	18
2.2.4.1 Principales funciones de la subbase.	18
2.2.5 Base.....	19
2.2.5.1 Tipos de Base.	19
2.2.5.2 Principales funciones de la base.	20
2.2.6 Carpeta.	20
2.2.6.1 Procedimiento constructivo de la carpeta.	21
2.3 CLASIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFALTICAS.....	23
2.3.1 Mezclas asfálticas en caliente.	23

	Página
2.3.1.1 Mezcla asfáltica de granulometría densa.....	23
2.3.1.2 Mezcla asfáltica de granulometría abierta.	24
2.3.1.3 Mezcla asfáltica de granulometría discontinua, tipo SMA.	24
2.3.2 Mezclas asfálticas en frío.....	25
2.3.2.1 Mezcla asfáltica de granulometría densa.....	25
2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	26
2.4.1 Ventajas.	26
2.4.2 Desventajas.....	26
2.5 COMPONENTES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.	26
2.5.1 Agregados pétreos.	26
2.5.1.1 Clasificación de los agregados pétreos.....	27
2.5.1.2 Propiedades de los agregados pétreos.....	27
2.5.1.3 Ensayos realizados a los agregados.....	28
2.5.1.4 Especificaciones que deben cumplir los agregados.	30
2.5.2 Cemento asfáltico.	31
2.5.2.1 Ensayos realizados al asfalto para determinar sus propiedades.	32
2.5.2.2 Requisitos del cemento asfáltico clasificado por penetración.	33
2.6 PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	34
2.6.1 Estabilidad o resistencia a las deformaciones plásticas.	34
2.6.2 Durabilidad.....	35
2.6.3 Impermeabilidad.....	36
2.6.4 Flexibilidad.....	36
2.6.5 Resistencia a la fatiga.	37
2.6.6 Resistencia al fracturamiento por baja temperatura.....	37
2.6.7 Resistencia al daño por humedad o impermeabilidad.	37
2.6.8 Resistencia al deslizamiento.	38
2.6.9 Trabajabilidad.....	38
2.7 COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.....	39
2.7.1 Comportamiento del cemento asfáltico.	39

	Página
2.7.2 Comportamiento del agregado mineral.....	42
2.7.3 Evaluación de mezclas asfálticas.	44
2.7.3.1 Metodología.	44
2.7.3.2 Propósito de la metodología.	44
2.7.3.3 Descripción general.	44
2.7.3.4 Granulometría.	44
2.7.3.5 Especificaciones de la metodología.	45
2.7.3.6 Ensayos realizados a la mezcla asfáltica compactada.	47
2.7.3.6.1 Determinación del peso específico total.	47
2.7.3.6.2 Ensayo de estabilidad y fluencia.	47
2.7.3.6.3 Valor de estabilidad Marshall.....	47
2.7.3.6.4 Valor de fluencia Marshall.....	48
2.7.3.6.5 Análisis de densidad y vacíos.	48
2.7.3.6.6 Análisis de vacíos.	49
2.7.3.6.7 Análisis de peso unitario.....	49
2.7.3.6.8 Análisis de V.A.M.....	49
2.7.3.6.9 Análisis de V.LL.A.	50

CAPÍTULO III

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

3.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO.	51
3.2 CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO PÉTREO.....	52
3.2.1 Granulometría y mezcla de agregados.	52
3.2.2 Densidad real, densidad neta y absorción de agua en áridos.....	57
3.2.3 Equivalente de arena (ASTM D-2419 – AASHTO T-176).....	58
3.2.4 Desgaste mediante la máquina de los Ángeles (ASTM E-131–AASHTO T96).....	59
3.2.5 Desintegración sulfato de sodio (ASTM E-88 – AASHTO T-104).....	60
3.2.6 Caras fracturadas en los áridos (ASTM D-5821).....	61
3.2.7 Porcentaje de planas y alargadas en el agregado grueso (ASTM D-4791). 61	

	Página
3.2.8 Resultados de la caracterización.....	62
3.3 CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO.....	62
3.3.1 Peso específico del cemento asfáltico (AASHTO T-229-97).....	62
3.3.2 Penetración del cemento asfáltico (AASHTO T-49).	63

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	64
4.1.1 Número de ensayos.....	64
4.1.1.1 Número de ensayos para determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico.....	64
4.1.2 Diseño de la mezcla asfáltica normal.....	64
4.1.2.1 Dosificación de los especímenes (Briquetas).....	64
4.1.2.3 Cálculos y resultados de las muestras para el primer diseño.	67
4.1.2.4 Gráficos de las curvas de diseño de la mezcla asfáltica normal con 7.2% de planas y alargadas.....	73
4.1.2.5 Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico para el diseño de la mezcla asfáltica normal.....	76
4.1.3 Evaluación de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas.....	77
4.1.3.1 Dosificación de los especímenes (Briquetas).....	77
4.1.3.2 Resultados de las muestras.....	82
4.1.3.3 Resultados de las características de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas.....	86
4.1.3.4 Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con porcentajes de partículas planas y alargadas..	91
4.1.2.5 Gráfico de la granulometría después de la compactación de las mezclas con 5% de partículas planas y alargadas.....	97
4.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	98
4.2.1 Resumen de resultados de las mezclas.....	101

	Página
4.2.2 Análisis estadístico.	101
4.2.2.1. Estadística descriptiva.....	102
4.2.2.2. Estadística inferencial	113
4.2.2.2.1 Variable estabilidad.....	113
4.2.2.2.1.1 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 0% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	113
4.2.2.2.1.2 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 3% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	114
4.2.2.2.1.3 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 5% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	114
4.2.2.2.1.4 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 7.2% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	115
4.2.2.2.1.5 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 10% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	116
4.2.2.2.1.6 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 12% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	116
4.2.2.2.1.7 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 15% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	117
4.2.2.2.1.8 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 18% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	117
4.2.2.2.1.9 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 21% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	118
4.2.2.2.1.10 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 24% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	119
4.2.2.2.1.11 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 27.1% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	119
4.2.2.2.2 Variable fluencia.....	120
4.2.2.2.2.1 Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 0% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	120

4.2.2.2.2	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 3% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	120
4.2.2.2.3	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 5% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	121
4.2.2.2.4	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 7.2% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	122
4.2.2.2.5	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 10% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	122
4.2.2.2.6	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 12% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	123
4.2.2.2.7	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 15% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	123
4.2.2.2.8	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 18% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	124
4.2.2.2.9	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 21% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	125
4.2.2.2.10	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 24% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	125
4.2.2.2.11	Análisis estadístico para las mezclas asfálticas con 27.1% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	126
4.3	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.	127
4.3.1	Evaluación de la densidad de las mezclas asfálticas.....	127
4.3.2	Evaluación del % de vacíos de las mezclas asfálticas.....	128
4.3.3	Evaluación del porcentaje de vacíos en el agregado mineral (% V.A.M.).	129
4.3.4	Evaluación del porcentaje de vacíos llenos de asfalto (% R.B.V.).....	130
4.3.5	Evaluación de la estabilidad de las mezclas asfálticas.	131
4.3.6	Evaluación de la fluencia de las mezclas asfálticas.	132
4.4	ANÁLISIS DE PRECIOS DE PRODUCCIÓN PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA.....	133

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	135
5.2 RECOMENDACIONES.....	139

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO A. Caracterización de los materiales y diseño de las mezclas asfálticas

ANEXO B. Tabla para la corrección de la estabilidad

ANEXO C. Cómputos métricos, análisis de precio unitario y presupuesto

ANEXO D. Documentos de respaldo

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema de actividades en función al procedimiento definido por la perspectiva.....	11
Figura 2. Pavimento rígido.....	16
Figura 3. Pavimento flexible.....	16
Figura 4. Estructura de un pavimento flexible.....	17
Figura 5. Forma de las partículas de agregado pétreo. i. redondeada, ii. irregular, iii. angular, iv. lajosa, v. alargada, vi. alargada - lajosa.....	27
Figura 6. Comportamiento del flujo del cemento asfáltico.....	40
Figura 7. Comportamiento del agregado sometido a carga de corte.....	42
Figura 8. Esfuerzos en tensión frecuentes en las capas de superficie, causan agrietamiento.....	43
Figura 9. Vacíos de aire en la mezcla asfáltica.....	49
Figura 10. Efecto de los agregados lajosos y el V.A.M.....	50
Figura 11. Ahuellamiento por falla en la mezcla asfáltica.....	50
Figura 12. Zona de muestreo.....	51
Figura 13. Agregado pétreo constructora SEINPA S.R.L.....	52
Figura 14. Curva granulométrica de los agregados.....	56
Figura 15. % de asfalto vs densidad del diseño de la mezcla asfáltica normal..	73
Figura 16. % de asfalto vs % de vacíos del diseño de la mezcla asfáltica normal.....	73
Figura 17. % de asfalto vs % VAM del diseño de la mezcla asfáltica normal....	74
Figura 18. % de asfalto vs % RBV del diseño de la mezcla asfáltica normal....	74
Figura 19. % de asfalto vs estabilidad del diseño de la mezcla asfáltica normal.	75
Figura 20. % de asfalto vs flujo del diseño de la mezcla asfáltica normal.....	75
Figura 21. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 0% de partículas planas y alargadas.....	97
Figura 22. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 5% de partículas planas y alargadas.....	98

Figura 23. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 10% de partículas planas y alargadas.....	98
Figura 24. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 15% de partículas planas y alargadas.....	99
Figura 25. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 21% de partículas planas y alargadas.....	99
Figura 26. Granulometría después de la compactación de las mezclas con 27.1% de partículas planas y alargadas.....	100
Figura 27. Evaluación de la densidad de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	127
Figura 28. Evaluación del % de vacíos en las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	128
Figura 29. Evaluación del (%V.A.M.) de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	129
Figura 30. Evaluación del (% R.B.V.) de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	130
Figura 31. Evaluación de la estabilidad de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	131
Figura 32. Evaluación de la fluencia de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Serie de tamices utilizados para realizar la granulometría.....	28
Tabla 2. Especificaciones que debe cumplir el agregado grueso.	30
Tabla 3. Especificaciones que debe cumplir el agregado fino.	30
Tabla 4. Graduación del agregado fino de acuerdo a AASHTO M 29.	31
Tabla 5. Requisitos del cemento asfáltico clasificado por penetración.	33
Tabla 6. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.	35
Tabla 7. Causas y efectos de una poca durabilidad.	35
Tabla 8. Causas y efectos de una poca durabilidad.	36
Tabla 9. Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....	37
Tabla 10. Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento.	38
Tabla 11. Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad.....	38
Tabla 12. Uso de cementos asfálticos graduados por penetración en función al clima.....	41
Tabla 13. Requisitos de graduación para la mezcla.....	45
Tabla 14. Criterio de diseño de mezclas Marshall.	46
Tabla 15. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).	46
Tabla 16. Granulometría de grava de 3/4".	52
Tabla 17. Granulometría de gravilla de 3/8".	53
Tabla 18. Granulometría de la arena triturada.....	53
Tabla 19. Dosificación de los agregados para el diseño normal.	55
Tabla 20. Peso específico y absorción del agregado grueso.	57
Tabla 21. Peso específico y absorción del agregado fino.	57
Tabla 22. Equivalente de arena.	58
Tabla 23. Desgaste mediante la máquina los Ángeles del agregado de 3/4".	59
Tabla 24. Desgaste mediante la maquina los Ángeles del agregado de 3/8".	59
Tabla 25. Desintegración sulfato de sodio del agregado pétreo.....	60
Tabla 26. Caras fracturadas del agregado pétreo.....	61
Tabla 27. Porcentaje de planas y alargadas en el agregado grueso.	61

Tabla 28. Resultados finales de la caracterización de los agregados para la mezcla asfáltica normal.....	62
Tabla 29. Peso específico del cemento asfáltico.....	62
Tabla 30. Penetración del cemento asfáltico.....	63
Tabla 31. Porcentajes calculados para cada fracción de agregado.....	65
Tabla 32. Dosificación para una Briqueta de 4.5% de Asfalto.....	66
Tabla 33. Dosificación para el diseño de la mezcla asfáltica normal con 7.2% de planas y alargadas.....	66
Tabla 34. Resultados de la dosificación para el diseño de la mezcla asfáltica normal con 7.2% de planas y alargadas.....	72
Tabla 35. Contenido óptimo de cemento asfáltico con 7.2 % de planas y alargadas.....	76
Tabla 36. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 7.2 % de planas y alargadas.....	76
Tabla 37. Dosificación para la mezcla asfáltica con 0% de planas y alargadas..	77
Tabla 38. Dosificación para la mezcla asfáltica con 3% de planas y alargadas..	78
Tabla 39. Dosificación para la mezcla asfáltica con 5% de planas y alargadas..	78
Tabla 40. Dosificación para la mezcla asfáltica con 10% de planas y alargadas.	79
Tabla 41. Dosificación para la mezcla asfáltica con 12% de planas y alargadas.	79
Tabla 42. Dosificación para la mezcla asfáltica con 15% de planas y alargadas.	80
Tabla 43. Dosificación para la mezcla asfáltica con 18% de planas y alargadas.	80
Tabla 44. Dosificación para la mezcla asfáltica con 21% de planas y alargadas.	81
Tabla 45. Dosificación para la mezcla asfáltica con 24% de planas y alargadas.	81
Tabla 46. Dosificación para la mezcla asfáltica con 27.10% de planas y alargadas.....	82
Tabla 47. Resultados de la dosificación para la evaluación de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas.....	83
Tabla 48. Resultados de la dosificación para la evaluación de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas.....	84

Tabla 49. Resultados de la dosificación para la evaluación de mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas.....	85
Tabla 50. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 0% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	86
Tabla 51. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 3% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	86
Tabla 52. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 5% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	87
Tabla 53. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 10% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	87
Tabla 54. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 12% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	88
Tabla 55. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 15% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	88
Tabla 56. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 18% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	89
Tabla 57. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 21% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	89
Tabla 58. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 24% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	90
Tabla 59. Resultados de las características de la mezcla asfáltica con 27.10% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	90
Tabla 60. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 0% de partículas planas y alargadas.....	91
Tabla 61. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 5% de partículas planas y alargadas.....	92
Tabla 62. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 10% de partículas planas y alargadas...	93
Tabla 63. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 15% de partículas planas y alargadas...	94

Tabla 64. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 21% de partículas planas y alargadas....	95
Tabla 65. Resultados del análisis granulométrico después de la compactación de las mezclas asfálticas con 27.1% de partículas planas y alargadas.	96
Tabla 66. Resumen de resultados de las mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de planas y alargadas en el agregado grueso.....	101
Tabla 67. Resultados de la mezcla asfáltica con 0% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	102
Tabla 68. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 0% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	102
Tabla 69. Resultados de la mezcla asfáltica con 3% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	103
Tabla 70. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 3% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	103
Tabla 71. Resultados de la mezcla asfáltica con 5% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	104
Tabla 72. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 5% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	104
Tabla 73. Resultados de la mezcla asfáltica con 7.2% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	105
Tabla 74. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 7.2% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	105
Tabla 75. Resultados de la mezcla asfáltica con 10% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	106
Tabla 76. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 10% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	106
Tabla 77. Resultados de la mezcla asfáltica con 12% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	107
Tabla 78. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 12% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	107

Tabla 79. Resultados de la mezcla asfáltica con 15% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	108
Tabla 80. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 15% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	108
Tabla 81. Resultados de la mezcla asfáltica con 18% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	109
Tabla 82. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 18% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	109
Tabla 83. Resultados de la mezcla asfáltica con 21% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	110
Tabla 84. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 21% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	110
Tabla 85. Resultados de la mezcla asfáltica con 24% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	111
Tabla 86. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 24% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	111
Tabla 87. Resultados de la mezcla asfáltica con 27.1% de planas y alargadas en el agregado grueso para realizar el análisis estadístico.....	112
Tabla 88. Estadística descriptiva para la mezcla asfáltica con 27.1% de planas y alargadas en el agregado grueso.....	112
Tabla 89. Dosificación para la mezcla asfáltica normal.	133
Tabla 90. Dosificación para 1 m³ de la mezcla asfáltica normal.....	133
Tabla 91. Precio de producción para 1 m³ de la mezcla asfáltica normal.....	134