

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE ACEITE DE MOTOR DESECHADO DE
VEHÍCULOS CON MATERIAL RECICLADO ASFÁLTICO APLICANDO EL MÉTODO
MARSHALL”**

Por:

RICHARD BEIMAR NINA CONDE

Proyecto de grado presentado a consideración de la **“UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado
académico 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 DE LA INCIDENCIA DE ACEITE DE MOTOR DESECHADO DE
VEHÍCULOS CON MATERIAL RECICLADO ASFÁLTICO APLICANDO EL MÉTODO
MARSHALL"**

Por:

RICHARD BEIMAR NINA CONDE

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV – 502 (M. VÍAS)

SEMESTRE I – 2023

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Con mucho cariño y gratitud, dedico el presente proyecto a mis tres soles. Vuestra presencia y apoyo incondicional han sido fundamentales en mi formación profesional y en el logro de esta meta.

Mamá, desde mi infancia me has inculcado valores y virtudes que han sido pilares en mi desarrollo académico y personal. Tus consejos sabios y tu amor incondicional me han dado la fuerza para perseverar y superar cualquier obstáculo en este camino.

Mamá Adelia, desde que ingresé a tu vida, me has brindado un apoyo invaluable. Tus palabras de aliento, tu sabiduría y tu guía han sido una inspiración constante en mi formación profesional. Tu amor y dedicación han sido un regalo que siempre atesoraré.

Ambas, me han dado un ejemplo de tenacidad, compromiso y perseverancia. Han estado a mi lado, brindándome ánimos y motivación en los momentos de desafío. Vuestras palabras de aliento y vuestro constante apoyo me han impulsado a alcanzar mis metas.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes. Vuestra dedicación y amor han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Vuestras enseñanzas y valores están presentes en cada página de este proyecto.

Agradezco desde lo más profundo de mi corazón todo lo que han hecho por mí. Vuestra influencia ha sido fundamental en mi formación y en el ser humano en el que me he convertido y quiero que sepan que siempre estarán presentes en cada éxito que alcance.

Al amor de mi vida, quiero dedicarte este logro, con todo mi amor y gratitud. Tu presencia en mi vida ha sido una fuente inagotable de inspiración y apoyo, y no puedo imaginar haber llegado hasta aquí sin ti a mi lado, quiero que sepas que eres mi mayor inspiración y mi motor para lograr mis metas. Tu amor, ternura y apoyo incondicional han sido una luz brillante en mi vida, y cada logro que alcanzo es gracias a ti.

ÍNDICE GENERAL
CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Situación problémica.....	2
1.2.1. Problema.....	2
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.3. Conceptualización y operacionabilidad de variables.....	6
1.7. Identificación del tipo de investigación.....	7
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral.....	7
1.8.1. Unidad de estudio.....	7
1.8.2. Población.....	7
1.8.3. Muestra.....	8
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo.....	9
1.9. Métodos y técnicas empleadas de la obtención de los materiales.....	9
1.9.1. Método para la obtención de los materiales.....	9
1.9.2. Técnicas empleadas al trasporte de los materiales.....	15
1.10. Procesamiento de la información.....	19
1.11. Alcance de la investigación.....	19

CAPITULO II
MEZCLAS ASFÁLTICAS
RECICLADAS EN CALIENTE

	Página
2.1. Asfalto.....	21
2.2. Beneficios del asfalto.....	21
2.3. Carpetas asfálticas.....	22
2.4. Pavimentos.....	23
2.5. Objetivos de una pavimentación.....	24
2.5.1. Soporte de las cargas producidas por el tráfico.....	24
2.5.2. Protección contra el agua.....	24
2.5.3. Textura superficial adecuada.....	24
2.5.4. Flexibilidad para adaptarse a las fallas de la sub-base:.....	24
2.5.5. Resistencia a la oxidación.....	24
2.6. Pavimentos flexibles.....	25
2.7. Capas que conforman un pavimento.....	25
1.3.1. Subrasante.....	26
2.7.1. Sub-base.....	26
2.7.2. Base.....	26
2.7.3. Carpeta de rodadura.....	26
2.8. Funciones de un pavimento flexible.....	27
2.9. Carpeta asfáltica de un pavimento flexible.....	28
2.10. Cemento asfáltico.....	29
2.11. Diseño de pavimentos flexibles.....	29
2.11.1. Tipo de agregado.....	29
2.11.2. Tipo de ligante.....	29
2.12. Materiales de los Pavimentos Flexibles.....	29
2.12.1. Granulometría.....	30
2.12.2. Resistencia al Desgaste.....	30
2.12.3. Densidad Relativa y Absorción.....	31
2.12.4. Porcentaje que Pasa el Tamiz N° 200.....	32

2.12.5.Limpieza y Pureza.....	32
2.12.6.Adherencia con el Asfalto.....	32
2.13. Métodos de diseño de pavimentos flexibles.....	33
2.14. Prueba mediante el método de Marshall.....	33
2.14.1.Equipo necesario mínimo.....	34
2.14.2.Elaboración de los especímenes.....	35
2.14.3.Compactación de los especímenes.....	36
2.14.4.Prueba a compresión de los especímenes.....	36
2.15. Aceite usado de motor.....	41
2.16. Aceite usado de motor y el medio ambiente.....	41
2.17. El aceite de motor y sus perjuicios a la salud.....	42
2.18. Reciclaje del aceite usado de motor.....	42
2.19. Aceite de motor 5w30 y 15w40.....	43
2.20. Material RAP.....	44

CAPITULO III
DISEÑO METODOLÓGICO Y
RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. Ubicación de la zona de aplicación.....	46
3.1.1. Mapa con coordenadas geográficas y UTM.....	46
3.1.2. Material RAP.....	47
3.1.3 Aceite desechado de motor (Gas - gasolina).....	48
3.1.4 Aceite desechado de motor (diesel).....	49
3.2. Caracterización de los materiales.....	50
3.2.1. Materiales naturales de aportación.....	50
3.2.2. Caracterización del material reciclado RAP.....	65
3.2.3. Caracterización del cemento asfaltico nuevo.....	70
3.2.4. Caracterización del aceite desechado de motor.....	78
3.2.4.1. Punto de inflamación y combustión (AASTHO T-48, ASTM D-92).....	78
3.2.4.2. Ensayo peso específico del aceite (AASTHO T-43, ASTM D-70).....	80

CAPITULO IV
ANÁLISIS Y VALIDACIÓN
DE RESULTADOS

	Página
4.1. Resultados para el inicio del tratamiento correspondiente.....	83
4.1.1. Método Marshall con mezclas asfálticas convencionales.....	83
4.1.2. Método Marshall con material RAP.....	84
4.1.3. Método Marshall con material RAP + 5% aceite de motor desechado.....	84
4.1.4. Método Marshall con material RAP + 5% aceite de motor desechado.....	85
4.1.5. Método Marshall con material RAP + 10% aceite de motor desechado.....	85
4.1.6. Método Marshall con material RAP + 15% aceite de motor desechado.....	86
4.1.7. Método Marshall con material RAP + 20% aceite de motor desechado.....	86
4.2. Gráficos de comparación.....	87
4.2.1. Estabilidad Marshall.....	87
4.2.2. Densidad máxima.....	88
4.2.3. Vacíos de la mezcla.....	89
4.2.4. Fluencia.....	90
4.2.5. V.A.M. Vacío del Agregado Mineral.....	91
4.2.6. R.B.V. Relación Betún Vacíos.....	92
4.3. Prueba de hipótesis.....	93
4.3.1. Hipótesis de la investigación.....	93
4.3.2. Análisis de estabilidad Marshall.....	93
4.3.3. Análisis de densidad máxima.....	94
4.3.4. Análisis de % de vacíos de la mezcla.....	95
4.3.5. Análisis de Fluencia.....	96
4.3.6. Análisis de V.A.M.....	97
4.3.7. Relación Betún Vacíos.....	99
4.3.8. Punto de comparación del 5% de aceite de motor desechado de vehículo gas-gasolina y diésel.....	100

**CAPITULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

	Página
5.1. Conclusiones.....	102
5.2. Recomendaciones.....	103

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Caracterización de los materiales naturales.

Anexo 2. Caracterización del cemento asfáltico.

Anexo 3. Caracterización del material RAP

Anexo 4. Diseño Marshall.

Anexo 5. Planillas.

Anexo 6. Documentación.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Variable independiente.....	6
Tabla 2. Variable dependiente.....	6
Tabla 3. Población.....	7
Tabla 4. Muestra.....	8
Tabla 5. Técnicas de muestreo.....	9
Tabla 6. Factores de corrección.....	38
Tabla 7. Tabla de coordenadas geografías y UTM.....	46
Tabla 8. Granulometría agregado grueso (Grava).....	51
Tabla 9. Granulometría agregado grueso (Gravilla).....	52
Tabla 10. Granulometría agregado Fino (Arena).....	53
Tabla 11. Peso específico de la grava.....	55
Tabla 12. Peso específico de la gravilla.....	55
Tabla 13. Peso específico (Arena).....	56
Tabla 14. Peso unitario Suelto y compactado (Grava).....	58
Tabla 15. Peso unitario Suelto y compactado (Gravilla).....	58
Tabla 16. Peso unitario Suelto y compactado (Arena).....	58
Tabla 17. Carga abrasiva.....	59
Tabla 18. Granulometría de la muestra de agregado para ensayo.....	59
Tabla 19. % De desgaste Maquina de los ángeles (grava).....	60
Tabla 20. % De desgaste Maquina de los ángeles (gravilla).....	60
Tabla 21. Porcentaje de caras fracturadas (Gravas).....	61
Tabla 22. Porcentaje de caras fracturadas (Gravillas).....	61
Tabla 23. Determinación de partículas largas y achatadas GRAVA 3/4".....	63
Tabla 24. Determinación de partículas largas y achatadas GRAVILLA 3/8".....	63
Tabla 25. Resultado ensayo de equivalente de arena.....	64
Tabla 26. % de asfalto presente en el material reciclado RAP.....	66
Tabla 27. Granulometría del agregado RAP grueso y fino.....	67
Tabla 28. Peso específico del fino RAP.....	69
Tabla 29. Peso específico del grueso gravilla RAP.....	70

Tabla 30. Viscosidad Saybolt.....	71
Tabla 31. Resultado del ensayo de ductilidad.....	72
Tabla 32. Peso específico del cemento asfáltico.....	74
Tabla 33. Punto de ablandamiento.....	75
Tabla 34. Punto de inflamación y combustión.....	76
Tabla 35. Punto de penetración.....	78
Tabla 36. Punto de inflamación aceite de motor. (Nuevo).....	79
Tabla 37. Punto de inflamación y combustión del aceite (gas-gasolina).....	79
Tabla 38. Punto de inflamación y combustión del aceite (diésel).....	80
Tabla 39. Peso específico aceite de motor desechado gas-gasolina.....	80
Tabla 40. ..Peso específico aceite de motor desechado diésel.....	81
Tabla 41. Resultados briquetas con mezcla asfáltica convencional.....	83
Tabla 42. Resultados finales mezcla asfáltica convencional.....	83
Tabla 43. Resultados briquetas con material asfáltico reciclado.....	84
Tabla 44. Resultados finales mezcla asfáltica reciclada.....	84
Tabla 45. Resultados briquetas con RAP + 5% aceite de motor.....	84
Tabla 46. Resultados briquetas RAP + 5% aceite d motor desechado (diésel)...	85
Tabla 47. Resultados briquetas con RAP + 10% aceite de motor desechado (gas- gasolina).....	85
Tabla 48. Resultados briquetas con RAP + 15% aceite de motor desechado (gas- gasolina).....	86
Tabla 49. Resultados briquetas con RAP + 20% aceite de motor desechado (gas- gasolina).....	86
Tabla 50. Resumen de mezclas y % de adición (estabilidad).....	87
Tabla 51. Resumen de mezclas y % de adición (densidad máxima).....	88
Tabla 52. Resumen de mezclas y % de adición (% vacíos de mezcla).....	89
Tabla 53. Resumen de mezclas y % de adición (Fluencia).....	90
Tabla 54. Resumen de mezclas y % de adición (V.A.M.).....	91
Tabla 55. Resumen de mezclas y % de adición (R.B.V.).....	92
Tabla 56. Comparativo aceite de motor desechado de vehículo (gas-gasolina) y (diésel).....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Solicitud de materiales agregados.....	10
Figura 2. Solicitud de material RAP o pavimento reciclado.....	11
Figura 3. Solicitud de cemento asfáltico.....	12
Figura 4. Carpeta de rodadura.....	27
Figura 5. Pavimento flexible.....	28
Figura 6. Máquina de los ángeles.....	31
Figura 7. Pavimento al 0%,20% y 70% de RAP.....	44
Figura 8. Banco de acopio La Pintada.....	47
Figura 9. Agregados La Pintada.....	47
Figura 10. Extracción de RAP.....	48
Figura 11. Extracción de RAP.....	48
Figura 12. Aceite desechado de motor (Gas – gasolina).....	49
Figura 13 Aceite desechado de motor (diesel).....	49
Figura 14. Granulometría los agregados (Grava (3/4”), gravilla (3/8”) y arena).....	50
Figura 15. Calibración de la balanza.....	54
Figura 16. Pesado del material.....	54
Figura 17. Peso sumergido más material.....	54
Figura 18. Molde compactado con el pisón.....	56
Figura 19. Secado superficial del fino.....	56
Figura 20. Peso la arena humedad óptima, peso del matraz + agua + arena.....	56
Figura 21. Peso unitario Suelto.....	57
Figura 22. Peso unitario Compactado.....	57
Figura 23. Peso del volumen del molde.....	57
Figura 24. Peso del material (gravilla).....	60
Figura 25. Agregado grueso triturado por la máquina de los ángeles.....	60
Figura 26. Peso del material (grava).....	60
Figura 27. % De caras fracturadas (gravilla).....	61
Figura 28. % De caras fracturadas (grava).....	61
Figura 29. Caras Alargadas.....	62

Figura 30. Caras Aplanadas.....	62
Figura 31. Llenado de agua destilada más reactivo mezclado.....	64
Figura 32. Enrasado de fino hasta la línea de referencia.....	64
Figura 33. Enrasado de Agua destilada hasta la línea de referencia.....	64
Figura 34. Eliminación de aire de la probeta.....	64
Figura 35. Introducir e material RAP a la centrifugadora.....	65
Figura 36. Colocado del filtro previamente pesado.....	65
Figura 37. Calentado del RAP.....	65
Figura 38. Introducir solvente (gasolina) a la máquina de centrifugado.....	65
Figura 39. Resultado del centrifugado con solvente (Gasolina).....	66
Figura 40. Material RAP.....	67
Figura 41. Peso del material RAP.....	67
Figura 42. Granulometría del Fino RAP.....	67
Figura 43. Granulometría del grueso RAP.....	67
Figura 44. Secado del material fino RAP.....	68
Figura 45. Molde para saber si esta superficial mente seco.....	68
Figura 46. Medición de la temperatura.....	69
Figura 47. Peso del matraz + agua + arena.....	69
Figura 48. Secado del agregado RAP (Gravilla).....	70
Figura 49. Peso sumergido RAP (Gravilla).....	70
Figura 50. Peso muestra RAP (Gravilla).....	70
Figura 51. Viscosidad Saybolt.....	71
Figura 52. Temperatura a 135 °C para realizar el ensayo.....	71
Figura 53. Verificación de la temperatura.....	71
Figura 54. Medición de la ductilidad del cemento asfáltico.....	72
Figura 55. Moldes para el ensayo de ductilidad.....	72
Figura 56. Medición de las distancias.....	72
Figura 57. Rompimiento del cemento asfaltico.....	72
Figura 58. Envase más cemento asfaltico.....	73
Figura 59. Peso del envase.....	73
Figura 60. Muestra a 25 °C.....	73

Figura 61. Llenado de agua destilada a 25°C.....	73
Figura 62. Agregado de cemento asfaltico a molde de anillos.....	75
Figura 63. Anillo con cemento asfaltico.....	75
Figura 64. Punto de ablandamiento.....	75
Figura 65. Proceso de calentado del agua.....	75
Figura 66. Punto de inflamación y combustión.....	76
Figura 67. Cocinilla especial para calentar el C.A.....	76
Figura 68. Punto de penetración antes de la medición.....	77
Figura 69. 25°C cemento asfaltico sumergido.....	77
Figura 70. Medición punto de penetración.....	77
Figura 71. Temperatura en °C.....	79
Figura 72. Copa de Cleveland.....	79
Figura 73. Aceite de motor desechado.....	79
Figura 74. Peso específico del aceite motor desechado gas-gasolina y diésel.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Diseño experimental.....	14
Gráfico 2. Esquema de procesamiento de RAP.....	16
Gráfico 3. Mezclas asfálticas convencionales.....	17
Gráfico 4. Porcentajes de aceite desechado de motor (diésel).....	18
Gráfico 5. Porcentajes de aceite desechado de motor (gas – gasolina).....	18
Gráfico 6. Estabilidad de método Marshall.....	39
Gráfico 7. Densidad de método Marshall.....	39
Gráfico 8. % de vacíos ocupados vs C.A. de método Marshall.....	40
Gráfico 9. % de vacíos vs C.A. de método Marshall.....	40
Gráfico 10. Curva granulométrica promedio agregado grueso (Grava).....	51
Gráfico 11. Curva granulométrica promedio agregado grueso (Gravilla).....	52
Gráfico 12. Curva granulométrica promedio agregado Fino (Arena).....	53
Gráfico 13. Curva granulométrica del agregado grueso y fino (RAP).....	68
Gráfico 14. Estabilidad Marshall.....	87
Gráfico 15. Densidad máxima.....	88
Gráfico 16. % de vacíos de la mezcla.....	89
Gráfico 17. Fluencia.....	90
Gráfico 18. Vacíos del agregado mineral.....	91
Gráfico 19. R.B.V. Relación Betún Vacíos.....	92
Gráfico 20. Tendencia de estabilidad Marshall.....	93
Gráfico 21. Variación de la densidad máxima.....	94
Gráfico 22. Variación de % de vacíos de la mezcla.....	95
Gráfico 23. Variación de fluencia.....	97
Gráfico 24. Variación del V.A.M.....	98
Gráfico 25. Variación de R.B.V.....	99