

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



**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL POLIPROPILENO
RECICLADO FUNDIDO COMO ADITIVO EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS EN CALIENTE”**

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

Por:

JOSÉ LUIS ORTEGA HUARI

SEMESTRE I-2022

TARIJA-BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL POLIPROPILENO
RECICLADO FUNDIDO COMO ADITIVO EN MEZCLAS
ASFÁLTICAS EN CALIENTE”**

Por:

JOSÉ LUIS ORTEGA HUARI

SEMESTRE I-2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA: El presente documento está dedicado a mis padres que siempre me apoyaron en transcurso de todos mis estudios como también en la formación de mí, como persona responsable y practica para enfrentar los problemas que se presentan en el camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación problemática.....	3
1.2.1 Problema.....	4
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema	4
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 Identificación del tipo de investigación	5
1.7 Unidad de estudio y decisión muestral.....	5
1.7.1 Unidad de estudio.....	5
1.7.2 Población.....	6
1.7.3 Muestra.....	6
1.7.4 Selección de las técnicas de muestreo	6
1.8 Métodos y técnicas empleadas	6
1.8.1 Métodos.....	7
1.8.2 Técnicas.....	7
1.9 Procesamiento de la información	7
1.10 Alcance de la investigación.....	8

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS EN
CALIENTE

	Página
2.1 Mezclas asfálticas.....	9
2.1.1 Caracterizados por su temperatura	9
2.1.1.1 Mezclas asfálticas en caliente	10
2.1.2 Propiedades consideradas para el diseño de mezclas.....	11
2.1.2.1.1 Resistencia al deslizamiento.....	12
2.1.3 Dosificación de las mezclas asfálticas tradicionales	13
2.2 Mezclas modificadas con plástico.....	14
2.3 Materiales que componen una mezcla en caliente	15
2.3.1 Los agregados pétreos	15
2.3.2 Composición granulométrica para mezclas asfálticas.....	16
2.3.2.1 Agregado grueso	16
2.3.2.2 Agregado fino.....	17
2.3.2.3 Material de relleno filler.....	17
2.3.2.4 Propiedades de los agregados.....	18
2.3.2.5 Materiales asfálticos.....	21
2.3.2.5.1 Propiedades de los asfaltos.....	22
2.3.2.5.2 Clasificación de los cementos asfálticos	22
2.3.2.6 Cemento asfáltico.....	23
2.3.2.7 Asfalto líquido.....	24
2.3.2.8 Propiedades químicas del asfalto	25

2.3.2.9 Propiedades físicas del asfalto.....	25
2.4 Tipos de plastic	26
2.4.1 Plásticos de Polipropileno	27
2.4.1.1 Elaboración del polipropileno	28
2.4.1.2 Especificaciones técnicas del polipropileno.....	31
2.4.1.3 Usos del Polipropileno	32
2.4.1.4 Ventajas y desventajas del Polipropileno.....	33
2.4.1.5 Reciclado del Polipropileno	33
2.5 Producción de mezclas asfálticas en caliente en planta	35

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

	Página
3.1 Enfoque de investigación	37
3.2 Conceptualización y operacionalización de variables.....	37
3.2.1 Variables Independiente.....	37
3.2.2 Variable dependiente.....	37
3.3 Delimitación muestral	38
3.3.1 Tamaño y Muestra.....	38
3.4 Métodos.....	42
3.4.1 Método para caracterización de las propiedades físicas de los agregados	42
3.4.1.1 Ensayo de granulometría por tamizado para agregado fino y grueso	43
3.4.1.2 Ensayo de densidad real, la densidad neta y la absorcion de aridos	47

3.4.1.2.1 Para agregado grueso	47
3.4.1.2.1.1 Densidad real (ρ_{RS})	48
3.4.1.2.1.2 Densidad neta (ρ_N)	48
3.4.1.2.1.3 Absorción de agua(α)	49
3.4.1.2.2 Para agregado fino.....	49
3.4.1.2.2.1 Densidad real (ρ_{RS})	51
3.4.1.2.2.2 Densidad neta (ρ_N)	51
3.4.1.2.2.3 Absorción de agua(α)	52
3.4.1.3 Densidad aparente del agregado grueso y fino.....	52
3.4.1.3.1 Densidad aparente suelta.....	54
3.4.1.3.2 Densidad aparente compactada	55
3.4.1.4 Equivalente de arena	56
3.4.1.5 Ensayos de las caras fracturadas	58
3.4.1.5.1 Porcentaje de caras fracturadas (Ch%).....	58
3.4.1.5.2 Porcentaje de canto rodado (R%).....	59
3.4.1.6 Ensayo de los Ángeles.....	59
3.4.2 Método para caracterizar las propiedades del C.A.....	62
3.4.2.1 Ensayo de penetración.....	62
3.4.2.2 Ensayo de ductilidad	64
3.4.2.3 Densidad del C.A. (ρ_b)	65
3.4.2.4 Punto de inflamación.....	66
3.4.2.5 Punto de ablandamiento	67
3.4.2.6 Ensayo de la película delgada	68
3.4.2.7 Viscosidad Saybolt Furol	68

3.4.3 Método para determinación del porcentaje del agregado para las mezcla	71
3.4.4 Método para la determinación del porcentaje optimo del cemento asphaltico	74

CAPITULO IV
ANALISIS Y RESULTADOS

	Página
4.1 Diseño de mezclas Marshall.....	76
4.1.1 Elaboración de la briquetas	76
4.1.2 Determinación de la densidad de la mezcla	78
4.1.3 Ensayo de estabilidad y fluencia	79
4.1.3.1 Densidad máxima teórica	82
4.1.3.2 Porcentaje de vacíos	82
4.1.3.3 Porcentaje agregado mineral	82
4.1.3.4 Relación bitumen vacíos (R.B.V.)	82
4.2 Ensayo de Estabilidad, fluencia de la mezcla con P.P.	87
4.2.1 Análisis estadístico de resultados de briquetas	92
4.3 Corroboración de datos en laboratorio con P.P. óptimo.....	102
4.3.1 Resultados de las briquetas con Polipropileno optimo.....	102
4.4 Comparación de resultados entre mezcla asfálticas	105
4.5 Análisis y comparación de precios unitarios de mezclas	111
4.6 Producción a gran escala.....	114

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	115
5.2 Recomendaciones.....	118

BIBLIOGRAFIA

ANEXO A Ensayo de agregados pétreos

ANEXO B Caracterización de cemento asfáltico

ANEXO C Ensayo de mezcla asfáltica en caliente

ANEXO D Tablas

ANEXO E Fotografías y cartas

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Gradación de agregado grueso.....	16
Tabla 2: Gradación de material fino.....	17
Tabla 3: Requisitos de graduación para el material de relleno (Filler).....	17
Tabla 4: Tamaños nominales de Tamiz	19
Tabla 5: Características técnicas del polipropileno.....	31
Tabla 6: Intervalos de confianza	39
Tabla 7 : Muestra de una población	39
Tabla 8: Granulometría de grava.....	44
Tabla 9: Granulometría de gravilla	45
Tabla 10: Granulometría de arena.....	46
Tabla 11: Tabla resumen.....	49
Tabla 12: Densidad aparente, densidad real y absorción de agua.....	52
Tabla 13: Densidad aparente suelta "grava"	54
Tabla 14: Densidad aparente suelta "gravilla"	54
Tabla 15: Densidad aparente suelta "arena"	55
Tabla 16: Densidad aparente compactada "grava".....	55
Tabla 17: Densidad aparente compactado "gravilla"	56
Tabla 18: Densidad aparente compactado "arena"	56
Tabla 19: Equivalente de arena	57
Tabla 20: Porcentaje de caras fracturadas "grava"	59
Tabla 21: Porcentaje de caras fracturadas "gravilla"	59
Tabla 22: Gradación de las muestras de ensayo.....	60
Tabla 23: Carga abrasiva.....	61
Tabla 24: Desgaste de los ángeles "grava"	62
Tabla 25: Resultados de desgaste de los ángeles "grava"	62
Tabla 26: Resultados de desgaste de los ángeles "gravilla"	62

Tabla 27: Especificaciones para cementos asfálticos.....	64
Tabla 28: Caracterización de cemento asfáltico.....	70
Tabla 29: Gradaciones propuestas para mezclas según ASTM-3515.....	71
Tabla 30: Dosificación de mezcla de agregados.....	72
Tabla 31: Análisis de límites de especificaciones.....	73
Tabla 32: Grupo de briquetas para encontrar el óptimo de C.A.....	75
Tabla 33: Diseño de mezcla asfáltica.....	75
Tabla 34: Densidad promedio para diferente % de C.A.....	79
Tabla 35: Mediciones de altura de las briquetas.....	80
Tabla 36: Estabilidad y fluencia para diferentes % de C.A.....	81
Tabla 37: Promedio para diferentes % de C.A.....	83
Tabla 38: Resultados de cemento optimo.....	86
Tabla 39: Briquetas a realizar con diferentes porcentajes de polipropileno.....	88
Tabla 40: Peso de cemento asfalto y Polipropileno.....	88
Tabla 41: Alturas de briquetas con polipropileno.....	89
Tabla 42: Densidad para diferentes % de polipropileno.....	90
Tabla 43: Estabilidad y fluencia para diferente % de polipropileno.....	91
Tabla 44: Análisis estadístico para mezcla con 5% de polipropileno.....	93
Tabla 45: Análisis estadístico para mezcla con 10% de Polipropileno.....	93
Tabla 46: Análisis estadístico para mezcla con 15% de Polipropileno.....	94
Tabla 47: Análisis estadístico para mezcla con 20% de Polipropileno.....	94
Tabla 48: Análisis estadístico para mezcla con 25% de Polipropileno.....	95
Tabla 49: Análisis estadístico para mezcla con 30% de Polipropileno.....	95
Tabla 50: Análisis estadístico para mezcla con 35% de Polipropileno.....	96
Tabla 51: Análisis estadístico para mezcla con 40% de Polipropileno.....	96
Tabla 52: Promedio de la mezcla con diferente % de polipropileno.....	97
Tabla 53: Porcentaje de polipropileno óptimo de la mezcla.....	101
Tabla 54: Resultados teórico con el polipropileno óptimo.....	101
Tabla 55: Pesos de agregados para mezcla con polipropileno óptimo.....	102
Tabla 56: Análisis de altura de las briquetas.....	102

Tabla 57: Densidad de muestras con Polipropileno optimo.....	103
Tabla 58: Resultados de % de vacíos, V.M.A. y R.B.V.	103
Tabla 59: Estabilidad y flujo con polipropileno óptimo	104
Tabla 60: Análisis estadístico de resultados con P.P. óptimo	104
Tabla 61: Comparación entre mezcla con polipropileno y mezcla tradicional	105
Tabla 62: Comparación porcentual entre mezclas	109
Tabla 63 : Comparación de precios unitarios.....	112
Tabla 64: Criterio de diseño de mezclas Marshall	125
Tabla 65:Requisitos para mezclas Marshall.....	125
Tabla 66: Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral	126
Tabla 67: Factores de corrección por altura para estabilidad Marshall	127
Tabla 68: Factores de corrección por altura para estabilidad Marshall	128
Tabla 69: Factores de corrección por altura para estabilidad Marshall	129
Tabla 70: Precio unitario de una mezcla tradicional.....	130
Tabla 71: Precio unitario de una mezcla con 5% de P.P.....	131
Tabla 72: precio unitario de una mezcla con 10% de P.P.	132
Tabla 73: Precio unitario de una mezcla con 15% de P.P.....	133
Tabla 74: Precio unitario de una mezcla con 20% de P.P.....	134
Tabla 75: Precio unitario de una mezcla con 25% de P.P.....	135
Tabla 76: Precio unitario de una mezcla con 30% de P.P.....	136
Tabla 77: Precio unitario de una mezcla con 35% de P.P.....	137
Tabla 78: Precio unitario de una mezcla con 40% de P.P.....	138
Tabla 79: Precio unitario de una mezcla con P.P. óptimo	139

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1: Curva de granulometría "grava"	45
Cuadro 2: Curva granulométrica "gravilla"	46
Cuadro 3: Curva granulométrica de "arena"	47
Cuadro 4: Mezcla de agregados según especificación	73
Cuadro 5: %Cemento asfáltico vs densidad.....	83
Cuadro 6: Porcentaje de cemento asfáltico vs vacíos en la mezcla	84
Cuadro 7: Porcentaje de cemento asfáltico vs vacíos agregado mineral	84
Cuadro 8: Porcentaje de cemento asfáltico vs R.B.V.	85
Cuadro 9: Porcentaje de cemento asfáltico vs estabilidad	85
Cuadro 10: Porcentaje de cemento asfáltico vs flujo de la mezcla.....	86
Cuadro 11: Peso específico vs % de polipropileno.....	98
Cuadro 12: Porcentaje de vacíos vs % de polipropileno.....	98
Cuadro 13: Vacíos agregado mineral vs % de polipropileno.....	99
Cuadro 14: Relación bitumen vacíos vs % de polipropileno	99
Cuadro 15: Estabilidad de la mezcla vs % de polipropileno.....	100
Cuadro 16: Fluencia de la mezcla vs % de polipropileno.....	100
Cuadro 17: Comparación de densidad entre mezclas	105
Cuadro 18: Comparación de vacíos entre mezclas	106
Cuadro 19: Comparación de V.M.A. entre mezclas	106
Cuadro 20: Comparación de R.B.V. entre mezclas	107
Cuadro 21: Comparación de estabilidad entre mezclas	107
Cuadro 22: Comparación de fluencia entre mezcla con P.P. y mezcla tradicional.....	108
Cuadro 23: Comparación porcentual	109
Cuadro 24: Aumento y reducción con respecto a la mezcla tradicional	110
Cuadro 25: Variación de precios unitarios.....	112
Cuadro 26. Comparación de precios unitarios entre mezclas	113

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 : Mezcla asfáltica en caliente	10
Figura 2 : Dosificación de materiales pétreos	13
Figura 3 : Mezclas modificadas con plásticos derretido	14
Figura 4 : Agregado grueso (grava o gravilla)	15
Figura 5 : Agregado fino (arena).....	15
Figura 6 : Materiales pétreos.....	21
Figura 7 : Clasificación de cementos asfálticos	23
Figura 8 : Cementos Asfálticos	24
Figura 9 : Química del cemento asfáltico	25
Figura 10 : Propiedad física de cemento asfáltico	26
Figura 11 : Tipos de plásticos	27
Figura 12 : Estructura del polipropileno	29
Figura 13 : Destilación de propileno para polipropileno	30
Figura 14 : Plásticos de Polipropileno	32
Figura 15 : Reciclado de plástico de P.P.....	34
Figura 16 : Planta de mezclas en caliente	35
Figura 17 : Cargado de mezcla asfáltica	36
Figura 18 : Colocado de mezcla en obra.....	36
Figura 19 : Ubicación del banco de materiales	42
Figura 20 : Tamices.....	43
Figura 21 : Materiales para ensayo de absorción	47
Figura 22 : Material para ensayo de agregado fino.....	50
Figura 23 : Material para el desgaste de los ángeles.....	60
Figura 24 : Ductilímetro.....	65
Figura 25: Ensayo de punto de inflamación.....	66
Figura 26 : Material para ensayo de punto de ablandamiento	67

Figura 27 : Realización de la mezcla	76
Figura 28 : Compactación de la briqueta	77
Figura 29 : Rotura de briqueta en el aparato Marshall.....	77
Figura 30 : Maquina de rotomoldeo a flama abierta	114