

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



**“ANÁLISIS EXPERIMENTAL SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE
MEZCLAS FABRICADAS CON CENIZAS DE CELULOSA UTILIZANDO EL
MÉTODO UCL”**

POR:

ANA KAREN PAZ FARIAS

SEMESTRE II - GESTIÓN 2022
TARIJA-BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS EXPERIMENTAL SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE
MEZCLAS FABRICADAS CON CENIZAS DE CELULOSA UTILIZANDO EL
MÉTODO UCL”**

POR:

ANA KAREN PAZ FARIAS

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502

SEMESTRE II - GESTIÓN 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

ÍNDICE DE CONTENIDO
CAPÍTULO I
DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Página
1.1	Introducción 1
1.2	Justificación..... 1
1.3	Diseño teórico 3
1.3.1	Situación Problemática..... 3
1.3.2	Problema..... 3
1.4	Objetivos 4
1.4.1	Objetivo General 4
1.4.2	Objetivos específicos..... 4
1.5	Hipótesis..... 4
1.6	Conceptualización de las variables 4
1.6.1	Variable independiente..... 4
1.6.2	Variable dependiente..... 4
1.7	Alcance..... 5

CAPÍTULO II
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
2.1	Mezclas asfálticas..... 7
2.1.1	Definición..... 7
2.1.2	Cemento asfáltico..... 13
2.1.3	Agregado pétreo empleado en mezclas asfálticas 17
2.1.4	Filler en mezclas asfálticas..... 19
2.2	Diseño de mezclas asfálticas- método Marshall 23
2.2.1	Diseño de mezclas asfálticas 23
2.3	Método Universal de Caracterización de Ligantes (método UCL) 27
2.3.1	Cohesión/Poder aglomerante..... 30
2.3.2	Susceptibilidad térmica 30

2.3.3	Adhesividad.....	31
2.3.4	Envejecimiento.....	32

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

		Página
3.1	Desarrollo de la investigación.....	33
3.2	Ubicación banco de materiales.....	33
3.2.1	Ubicación banco de agregados y cemento asfáltico.....	33
3.2.2	Ubicación banco de ceniza de celulosa.....	33
3.3	Ubicación de laboratorio	34
3.4	Caracterización del material pétreo.....	34
3.4.1	Obtención de muestra.....	34
3.4.2	Selección de material	35
3.4.3	Caracterización de los agregados	35
3.5	Caracterización del cemento asfáltico.....	47
3.5.1	Ensayo de penetración.....	48
3.5.2	Ensayo de ductilidad	49
3.5.3	Punto de inflamación mediante la copa abierta de Cleveland.....	49
3.5.4	Punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola	51
3.5.5	Peso específico	52
3.6	Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall	55
3.6.1	Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia Marshall.....	57
3.6.2	Determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico	59
3.7	Método UCL	62
3.7.1	Diseño y preparación de las mezclas.....	62
3.7.2	Acondicionamiento de las muestras.....	62
3.7.3	Ensayo cántabro de pérdida por desgaste.....	65
3.7.4	Curva de estado.	68
3.8	Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica.	69
3.9	Análisis de resultados.....	72

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1 Conclusiones	78
4.2 Recomendaciones.....	79

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1: CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO

ANEXO 3: DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

ANEXO 4: PLANILLA MÉTODO MARSHALL

ANEXO 5: PLANILLA DE PRECIOS UNITARIOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.	Causas y efecto relacionado con la baja estabilidad.....9
Tabla 2.	Causas y efectos relacionados con la baja durabilidad..... 10
Tabla 3.	Causas y efecto relacionados con la baja permeabilidad..... 11
Tabla 4.	Causas y efecto con la baja trabajabilidad..... 11
Tabla 5.	Causas y efecto relacionados con la baja resistencia a la fatiga 12
Tabla 6.	Causas y efecto relacionados con la baja resistencia al deslizamiento..... 13
Tabla 7.	Granulometría agregado fino (Arena)36
Tabla 8.	Granulometría agregado grueso (Gravilla).....37
Tabla 9.	Granulometría agregado Grueso (Grava)38
Tabla 10.	Granulometría ceniza caña de azúcar39
Tabla 11.	Peso unitario agregado grueso (Grava).....40
Tabla 12.	Peso unitario agregado grueso (Gravilla)41
Tabla 13.	Peso unitario agregado fino (Arena).....41
Tabla 14.	Peso unitario ceniza caña de azúcar.....41
Tabla 15.	Peso específico agregado grueso (Grava).....43
Tabla 16.	Peso específico agregado grueso (Gravilla)43
Tabla 17.	Peso específico agregado fino (Arena)45
Tabla 18.	Agregado grueso (Grava)47
Tabla 19.	Agregado grueso (Gravilla)47
Tabla 20.	Ensayo de penetración49
Tabla 21.	Ensayo de ductilidad.....49
Tabla 22.	Ensayo punto de inflamación.....50
Tabla 23.	Ensayo punto de ablandamiento52

Tabla 24.	Ensayo peso específico	54
Tabla 25.	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico sin ceniza	59
Tabla 26.	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico con ceniza	59
Tabla 27.	Ensayo del cántabro (Filler natural)	66
Tabla 28.	Ensayo del cántabro (Filler ceniza de caña de azúcar)	67
Tabla 29.	Resultado de % desgaste de los dos tipos de mezclas	68
Tabla 30.	Dosificación de mezclas asfálticas en caliente	72

ÍNDICE DE IMAGEN

	Página
Imagen 1. Extracción de la ceniza de caña de azúcar.....	22
Imagen 2. Ceniza de caña de azúcar.....	23
Imagen 3. Ubicación Empresa Constructora Erika SRL.....	33
Imagen 4. Ubicación de Industrias Agrícolas de Bermejo S.A.	34
Imagen 5. Obtención de los agregados.....	34
Imagen 6. Tamizado mediante el equipo de ROP-TAP.....	35
Imagen 7. Peso unitario de los agregados.....	40
Imagen 8. Agregados lavados y saturados con agua por 24 horas.....	42
Imagen 9. Agregado secado superficialmente.....	42
Imagen 10. Obtención del peso sumergido en agua.....	42
Imagen 11. Obtención del peso sumergido en agua.....	43
Imagen 12. Muestra lavada y saturada en agua por 24 horas.....	44
Imagen 13. Secado superficial con secadora.....	44
Imagen 14. Verificación de la condición muestra saturada con superficie seca.....	44
Imagen 15. Colocar en un matraz 500 gr de material, llenar agua y pesar.....	45
Imagen 16. Sacar la muestra del matraz y dejar secar en el horno.....	45
Imagen 17. Lavar y secar la muestra en el horno a una temperatura de 105-110 °C.....	46
Imagen 18. Pesar los materiales retenidos.....	46
Imagen 19. Introducir la muestra y las cargas abrasivas.....	46
Imagen 20. Tamizar la muestra, para luego lavar y dejar en el horno a secar y pesar ..	47
Imagen 21. Colocar el betún en taras.....	48
Imagen 22. Colocar las muestras en baño María a 25°C por 30 min.....	48
Imagen 23. Realizando las lecturas.....	48

Imagen 24.	Muestra en la Copa de Cleveland	50
Imagen 25.	Muestra en ensayo pasando la llama de fuego.....	50
Imagen 26.	Engrasado de los anillos y base para evitar que se pegue.....	51
Imagen 27.	Verter el cemento asfáltico en los anillos	51
Imagen 28.	Poner los anillos en el poseedor y colocar hielo alrededor del vaso.	51
Imagen 29.	Colocar las guías centradoras y las bolas de acero. Luego calentar.	52
Imagen 30.	Controlar la temperatura.....	52
Imagen 31.	Determinar el peso de los picnómetros vacíos	53
Imagen 32.	Calibrar y pesar cada picnómetro	53
Imagen 33.	Verter el cemento asfáltico en cada picnómetro.....	53
Imagen 34.	Llenar con agua destilada cada uno de los picnómetros.....	54
Imagen 35.	Dejar en baño maría por 30 minutos también en agua destilada sacar	54
Imagen 36.	Pesar los agregados, las cantidades necesarias	55
Imagen 37.	Calentar los agregados y mezclar	55
Imagen 38.	Introducir la mezcla a los moldes	55
Imagen 39.	Compactar con 75 golpes cada lado, desmoldar.....	56
Imagen 40.	18 Briquetas con filler del tamizado del agregado	56
Imagen 41.	18 Briquetas con filler procedente de la caña de azúcar.....	56
Imagen 42.	Medir sus alturas y pesar en su estado seco al aire libre	57
Imagen 43.	Sumergir las briquetas en agua durante 5 min a 25 °C y pesar	57
Imagen 44.	Determinar su peso sumergido en el agua	58
Imagen 45.	Poner en baño María a 60°C por 35 min. cada briqueta.	58
Imagen 46.	Lectura de estabilidad y flujo	58
Imagen 47.	Briquetas con contenido óptimo para el método UCL	62
Imagen 48.	Briquetas a temperaturas de -5 °C, 5 °C Y 15 °C durante 24 horas	63

Imagen 49.	Briquetas en el horno	63
Imagen 50.	Briquetas en el horno a 25 °C durante 24 horas.....	63
Imagen 51.	Briquetas en el horno a 35 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 52.	Briquetas en el horno a 45 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 53.	Briquetas en el horno a 60 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 54.	Briquetas en el horno a 60 °C durante 24 horas.....	65
Imagen 55.	Máquina de abrasión Los Ángeles.....	65
Imagen 56.	Briquetas en la máquina de Los Ángeles a 300 revoluciones	65
Imagen 57.	Briquetas saliendo de la máquina de Los Ángeles	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Recopilación de información para el ensayo Marshall	24
Figura 2. Influencia de la temperatura en el comportamiento de los ligantes	30

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado fino	36
Gráfica 2. Curva granulométrica agregado grueso (Gravilla)	37
Gráfica 3. Curva granulométrica agregado grueso (Grava)	38
Gráfica 4. Curva granulométrica ceniza caña de azúcar	39
Gráfica 5. Curva de estado	68