

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



**“EFECTO FILLER LATERÍTICO EN UNA MEZCLA
ASFÁLTICA”**

Por:

PAULA YURQUINA CADENA

Proyecto presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

SEMESTRE II - 2017
TARIJA - BOLIVIA

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

“EFECTO FILLER LATERÍTICO EN UNA MEZCLA
ASFÁLTICA”

Por:

PAULA YURQUINA CADENA

SEMESTRE II - 2017
TARIJA - BOLIVIA

.....
M.Sc.Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
**VICEDECANA FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Mabel Zambrana V.

.....
Ing. Eusebio Ortega Alvarado

.....
Ing. Moisés Díaz Ayarde

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo únicamente responsabilidad de la autora.

DEDICATORIAS:

A Dios y a mis padres, Ramón Yurquina Reyes y Martha Cadena Olarte por ayudarme en los momentos difíciles y demostrarme que en la vida todo es posible con voluntad y esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por cuidarme y guiar mis pasos, por darme la salud, el entendimiento y la oportunidad para obtener este logro.

A mi "FAMILIA", por estar siempre apoyándome en las buenas y en las malas durante todos estos años.

PENSAMIENTO

“Comienza haciendo lo que es necesario, después lo que es posible y de repente estarás haciendo lo imposible.”

(San francisco de Asís)

ÍNDICE

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

Página

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.3.1 Determinación del problema.....	3
1.3.1.1 Situación problema.....	3
1.3.1.2 Problema	4
1.3.2 Objetivos	4
1.3.2.1 Objetivos general.....	4
1.3.2.2 Objetivos específicos	4
1.3.3 Hipótesis.....	5
1.3.4 Definición de variables independientes y dependientes.....	5
1.3.4.1 Variable independiente.....	5
1.3.4.2 Variable dependiente	5
1.3.4.3 Operacionalización y conceptualización de variables.....	5
1.3.4.4 Unidad de observación (UO):	6
1.4 DISEÑO METODOLÓGICO.....	6
1.4.1 Unidad de estudio y decisión muestral.....	6

1.4.1.1 Unidad de estudio.....	6
1.4.1.2. Población.....	6
1.4.1.3. Muestra.....	6
1.4.1.4. Muestreo.....	7
1.4.2. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.4.2.1. Experimentales.....	7
1.4.2.2. Experimento.....	7
1.4.2.3. Plan de trabajo.....	8
1.5. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	14

CAPÍTULO II: MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.1. MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	16
2.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....	16
2.2.1. Materiales utilizados para las mezclas asfálticas en caliente.....	17
2.3. PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	17
2.3.1. Estabilidad.....	17
2.3.2. Durabilidad.....	19
2.3.3. Resistencia a la fatiga.....	21
2.3.4. Resistencia al deslizamiento.....	22
2.3.5. Permeabilidad.....	23
2.3.6. Trabajabilidad.....	25
2.3.7. Flexibilidad o rigidez.....	26
2.4. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	27
2.4.1. Método de diseño Marshall.....	28
2.4.1.1. Granulometría.....	29
2.4.1.2. Especificaciones de la metodología.....	31
2.4.1.3. Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño.....	32
2.4.1.4. Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas.....	35

2.5.	PREPARACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	36
2.6.	ELECCIÓN DEL FILLER ADECUADO.....	37
2.7.	EFFECTO DEL FILLER COMO COMPONENTE DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICA.....	38
2.8.	SUELOS LATERITICOS.....	39
2.8.1.	Laterización e intemperismo.....	41
2.8.2.	Suelos lateríticos en Bolivia.....	42

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	SELECCIÓN DE LOS MATERIALES	44
3.1.1.	1.Extracción del de suelo laterítico.....	44
3.1.2.	Selección de agregado pétreo.....	44
3.1.3.	Cemento asfáltico.....	44
3.2 .	CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES.....	44
3.2.1.	Granulometría (ASTM E40 ASHTO T27-99)	44
3.2.2.	Peso específico del agregado grueso (ASTM C-127 (grava, gravilla).....	48
3.2.3.	Peso específico del agregado fino (ASTM C-128).....	52
3.2.4.	Equivalente de arena (ASTM D 2419 AASTHO T176).....	56
3.2.5.	Desgaste mediante la máquina de los ángeles (ASTM E 131 -AASHTO T96-99).....	60
3.3.	CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFALTICO.....	65
3.3.1.	Ensayo de penetración (ASTM D 5 AASHTO T49-9).....	65
3.3.2.	Ensayo de ductilidad (ASTM D 113 AASHTO T51-00).....	67
3.3.3.	Punto de inflamación mediante la copa abierta de Cleveland (ASTM D1310-01 AASHTO 79-96).....	79
3.3.4.	Punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola (ASTM D 36 AASHTO T53-96).....	71
3.3.5.	Peso específico (ASTM D71-94 AASHTO T229-97).....	73

3.4. CARACTERIZACIÓN DEL FILLER.....	76
3.4.1. Determinación del peso específico de los suelos (ASTM D-854 AASHTO T-100).....	76
3.4.2. Determinación del límite líquido de los suelos (ASTM D4318 AASHTO T89).....	82
3.4.3. Determinación del límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D4315 AASHTO T90).....	84
3.5. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA POR EL MÉTODO MARSHALL PARA DETERMINAR EL CONTENIDO ÓPTIMO DEL CEMENTO ASFÁLTICO.....	91
3.5.1. Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia Marshall.....	94

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN FUNCION AL FILLER

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	104
-----------------------------------	-----

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	124
5.2. RECOMENDACIONES.....	128

BIBLIOGRAFÍA

Anexos

Anexo 1: Métodos que se utilizaron para caracterizar del filler laterítico

Anexo 2: Características del suelo laterítico e informe del análisis por absorción atómica para determinar el contenido de hierro en el suelo

Anexo 3: Planillas Marshall para los diferentes porcentajes de filler añadidos a las mezclas asfálticas

Anexo 4: Planillas de caracterización del agregado (grueso y fino)

Anexo 5: Planilla de caracterización del cemento asfáltico

Anexo 6: Curva granulométrica empírica para el agregado de la mezcla asfáltica

Anexo 7: Costos aplicando los diferentes porcentajes de filler laterítico y polvo de roca a las mezcla asfálticas

Anexo 8: Reporte fotográfico

ÍNDICE DE ESQUEMAS

	Página
Esquema 1.1: Análisis de plan de trabajo inicial para la obtención de datos.....	10
Esquema 1.2: Análisis de plan para la elaboración de briquetas con mezclas asfálticas.....	13

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Estabilidad.....	18
Figura 2.2. Durabilidad.....	20
Figura 2.3. resistencia a la fractura.....	23
Figura 2.4. Permeabilidad.....	24
Figura 2.5. Trabajabilidad.....	25
Figura 2.6. Flexibilidad.....	27
Figura 2.7. Suelo Lateríticos.....	39
Figura 2.8. Suelo lateríticos en Bolivia.....	43

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página
Imagen 3.1: Tamizado mediante el equipo de Rop-tap.....	45
Imagen 3.2: Lavar y dejar saturar con agua por 24 horas el agregado retenido en el tamiz nº4.....	48
Imagen 3.3: Secado superficial de la muestra saturada en agua.....	49
Imagen 3.4: Peso del material superficialmente seco.....	49
Imagen 3.5: Obtención del peso sumergido en agua.....	49
Imagen 3.6: Secado de la muestra en el horno.....	50
Imagen 3.7: Se obtiene el material necesario.....	52
Imagen 3.8: Lavar y dejar saturar en agua por 24 horas el material que pasa por el tamiz nº4.....	53
Imagen 3.9: Secado superficial del material con secadora	53
Imagen 3.10: Verificación de la condición muestra saturada con superficie seca....	53
Imagen 3.11: Colocar en un matraz 500gr de material, llenar agua y pesa.....	54
Imagen 3.12 Sacar la muestra del matraz y dejar secar en el horno para posteriormente pesar.....	54
Imagen 3.13: Equipo necesario para el ensayo.....	56

Imagen 3.14: Seleccionar material que pase el tamiz n° 4.....	56
Imagen 3.15: Colocar la solución indicada hasta la medida	57
Imagen 3.16: Colocar el material y golpear en la parte baja del cilindro para evitar burbujas de aire y dejar reposar por 10 minutos.....	57
Imagen 3.17: Una vez transcurrido los 10 min, agitar el cilindro con la muestra y completar con la solución hasta la siguiente marca y dejar reposar por 20min.....	58
Imagen 3.18: Una vez transcurrido los 20 min, lecturar y obtener datos.....	58
Imagen 3.19: Lavar y secar en el horno a una temperatura de 105-110 °C el material antes de introducir en la máquina de los ángeles.....	61
Imagen 3.20: Pesar los materiales retenidos en las cantidades del método que corresponden.....	62
Imagen 3.21: Introducir la muestra y las cargas abrasivas en la máquina de los ángeles.....	62
Imagen 3.22: Sacar el material y las cargas abrasivas.....	62
Imagen 3.23: Tamizar la muestra por los tamices N°8, N°12, para luego lavar y dejar al horno a secar y pesar.....	62
Imagen 3.24: Ensayo de penetración	65
Imagen 3.25: Colocar el betún en taras.....	66
Imagen 3.26: Colocar las muestras en baño maría de 25 °C por 30 min.....	66
Imagen 3.27: Realizar el ensayo teniendo en cuenta que este limpia la aguja.....	66

Imagen 3.28: Armado y engrasado de los platos de base y los moldes.....	68
Imagen 3.29: Verter el cemento asfáltico en los moldes y dejar enfriar y después poner en baño maría.....	68
Imagen 3.30: Con una espátula enrazar los moldes para luego realizar el ensayo....	68
Imagen 3.31: Muestra en la copa de Cleveland.....	70
Imagen 3.32: Muestra en ensayo pasando la llama de fuego.....	70
Imagen 3.33: Engrasado de los anillos y base para evitar que se pegue.....	71
Imagen 3.34: Verter el cemento asfáltico en los anillos y dejar enfriar.....	71
Imagen 3.35: Poner los anillos en el poseedor y colocar hielo alrededor del vaso para poder bajar la temperatura hasta 5°C.....	72
Imagen 3.36: Alcanzada la temperatura de 5°C colocar las guías centradoras y las bolas de acero y calentar.....	72
Imagen 3.37: Peso de los picnómetros vacíos.....	74
Imagen 3.38: Calibrar y luego pesar cada uno de los picnómetros.....	74
Imagen 3.39: Verter el cemento asfáltico en los picnómetros	74
Imagen 3.40: Llenar con agua destilada cada uno de los picnómetros y dejar en baño maría por 30 minutos también en agua destilada sacar y pesar.....	75
Imagen 3.41: Materiales a ser utilizados para la calibración del frasco volumétrico.....	77
Imagen 3.42: Se Lava el frasco con agua jabonosa, luego se enjuaga con agua	

hasta eliminar el jabón, seguidamente se enjuaga con alcohol para eliminar los restos de agua	77
Imagen 3.43: 80 Gramos de diferentes muestras de filler para sacar su peso específico.....	79
Imagen 3.44: Mezclar la muestra con un poco de agua e introducir al matraz calibrado.....	79
Imagen 3.45: Poner en baño María la muestra de suelo introducida en el matraz luego pesar, hacer variar las temperaturas de 30 a 15°C y tomar su peso	79
Imagen 3.46: Mezclar el suelo hasta que tome una consistencia como de Mantequilla.....	82
Imagen 3.47: Aparato de casa grande	83
Imagen 3.48: Poner el suelo en el aparato de casa grande, suelo que no tiene límites de la comunidad el 9.....	83
Imagen 3.49: Plasticidad de los suelos.....	84
Imagen 3.50: Separación de los agregados por tamaño para armar la granulometría.....	92
Imagen 3.51: Pesar los agregados , las cantidades necesarias	93
Imagen 3.52: Una vez calientes a las temperaturas determinadas mezclada.....	93
Imagen 3.53: Compactar con 75 golpes cada lado , desmoldar y dejar enfriar.....	94
Imagen 3.54: Medir sus alturas y pesar en su estado seco al aire libre.....	95

Imagen 3.55: Sumergir las briquetas en agua durante 5 min a 25°c y después determinar el peso sumergido en agua	95
Imagen 3.56: Pesar las briquetas saturadas con superficie seca	96
Imagen 3.57: Poner en baño María a 60°c por 35 min para cada una.....	96
Imagen 3.58: Colocar las briquetas en la mordaza y lectura del dial de estabilidad (dentro del anillo Marshall) y el dial de deformación para el flujo.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1: Operacionalización y conceptualización de la variable dependiente.....	5
Tabla 1.2: Operacionalización y conceptualización de la variable independiente.....	6
Tabla 1.3: Caracterización del agregado.....	11
Tabla 1.4: Caracterización del filler.....	11
Tabla 1.5: Caracterización del cemento asfáltico.....	12
Tabla 1.6: Detalle del número de briquetas a realizarse	14
Tabla 2.1: Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.....	19
Tabla 2.2: Causa y efectos de la poca durabilidad.....	21
Tabla 2.3: Causa y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....	22
Tabla 2.4: Causa y efectos de la poca resistencia al deslizamiento.....	23
Tabla 2.5: Causa y efectos de la permeabilidad.....	24
Tabla 2.6: Causa y efectos de problemas en la trabajabilidad.....	26
Tabla 2.7: Graduaciones propuestas para mezclas asfálticas cerradas.....	30
Tabla 2.8: Criterios de diseño de mezclas Marshall	31
Tabla 2.9: Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).....	32
Tabla 2.10: Para calcular el porcentaje de asfalto a utilizarse en la mezcla.....	37
Tabla 3.1: Granulometría del agregado grueso (grava).....	45
Tabla 3.2: Granulometría del agregado medio (gravilla).....	46
Tabla 3.3: Granulometría del agregado fino (arena).....	47
Tabla 3.4: Resultados del peso específico (grava).....	51
Tabla 3.5: Resultados del peso específico (gravilla).....	51

Tabla 3.6: Resultados del peso específico (arena).....	55
Tabla 3.7: Resultados del equivalente de arena.....	59
Tabla 3.8: Pesos del agregado grueso y N° de esferas para el desgaste de los Ángeles.....	60
Tabla 3.9: Especificaciones que debe cumplir cada gradación.....	61
Tabla 3.10: Datos del desgaste de los Ángeles (grava).....	63
Tabla 3.11: Datos del desgaste de los Ángeles (gravilla).....	64
Tabla 3.12: Resultados del ensayo de penetración del cemento asfáltico.....	67
Tabla 3.13: Datos y resultados del ensayo de ductilidad.....	69
Tabla 3.14: Datos y resultados del ensayo de Ductilidad.....	70
Tabla 3.15: Datos y resultados del ensayo de Punto de Ablandamiento.....	73
Tabla 3.16: Datos y resultados del ensayo de Peso Específico.....	76
Tabla 3.17: Para la obtención de datos para la calibración de un matraz aforado de 500 ml.....	78
Tabla: Datos y resultados del ensayo de pesos específico del filler de suelo laterítico obtenido de Chorcoya Avilés.....	80
Tabla 3.19: Datos y resultados del ensayo de pesos específico del filler de suelo laterítico obtenido de Chorcoya Méndez.....	80
Tabla 3.20: Datos y resultados del ensayo de pesos específico del filler de suelo laterítico obtenido de Comunidad el 9 de Bermejo.....	81
Tabla 3.21: Datos y resultados del ensayo de pesos específico del filler de suelo laterítico obtenido de Comunidad el 9 frente al ingenio.....	81
Tabla 3.22: Para la determinación del límite líquido de Chorcoya avilés.....	85
Tabla 3.23: Datos para la determinación del límite plástico	86

Tabla 3.24: Resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.....	87
Tabla 3.25: Para la determinación del límite líquido de Chorcoya Méndez.....	87
Tabla 3.26: Datos para la determinación del límite plástico Chorcoya Méndez.....	89
Tabla 3.27: Tabla de resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad Chorcoya Méndez	88
Tabla 3.28: Determinación del límite líquido comunidad el 9 frente al ingenio	89
Tabla 3.29: Datos para la determinación del límite plástico comunidad el 9 frente al ingenio	90
Tabla 3.30: Tabla de resultados de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la comunidad el 9 frente al ingenio	91
Tabla 3.31: Resultados del ensayo Marshall para determinar el contenido óptimo..	104
Tabla 4.1: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler proveniente de Chorcoya avilés	105
Tabla 4.2: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler proveniente de Chorcoya Méndez	106
Tabla 4.3: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler proveniente de la comunidad el 9 frente al ingenio	108
Tabla 4.4: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler proveniente de la comunidad el 9.....	109
Tabla 4.5: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler polvo de roca	111
Tabla 4.6: Resultados obtenidos para mezclas asfálticas realizadas con filler proveniente de Chorcoya Avilés	112

Tabla 5.1: Porcentaje de vacíos para las mezclas asfálticas añadiéndole diferentes porcentajes de filler	121
Tabla 5.2: Valores de estabilidad al agregar diferentes porcentajes de filler laterítico a la mezcla asfáltica	122
Tabla 5.3: Valores de estabilidad al agregar diferentes porcentajes de filler polvo de roca a la mezcla asfáltica.....	122
Tabla 5.4: Fluidez de la mezcla asfáltica al añadir diferentes porcentajes de filler de origen laterítico	123
Tabla 5.5: Fluidez de la mezcla asfáltica al añadir diferentes porcentajes de filler de polvo de roca	123

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfico 3.1: Procedimiento de ensayo.....	61
Gráfico 3.2: Curva granulometría del agregado medio gravilla.....	47
Gráfico 3.3: Curva granulometría del agregado fino (arena).....	48
Gráfico 3.4: Temperatura vs. Tiempo.....	79
Gráfico 3.5: Limite líquido para filler de Chorcoya avilés.....	86
Gráfico 3.6: Limite líquido para filler de Chorcoya Méndez.....	86
Gráfico 3.7: Limite líquido para filler de la comunidad el 9 frente al ingenio.....	90
Gráfico 4.1: Gráficos de la variación de la estabilidad, porcentaje de vacíos y la fluencia con respecto a la variación de los diferentes porcentajes de filler proveniente de Chorcoya Avilés.....	105
Gráfico 4.2: Gráficos de la variación de la estabilidad, porcentaje de vacíos y la fluencia con respecto a la variación de los diferentes porcentajes de filler proveniente de Chorcoya Méndez.....	107
Gráfico 4.3: Gráficos de la variación de la estabilidad, porcentaje de vacíos y la fluencia con respecto a la variación de los diferentes porcentajes de filler proveniente de la comunidad el 9 frente al ingenio.....	108
Gráfico 4.4: Gráficos de la variación de la estabilidad, porcentaje de vacíos y la fluencia con respecto a la variación de los diferentes porcentajes de filler proveniente de la comunidad el 9	110
Gráfico 4.5: Gráficos de la variación de la estabilidad, porcentaje de vacíos	

y la fluencia con respecto a la variación de los diferentes porcentajes de filler	
polvo de roca	111
Gráfico 4.6: Gráfico comparativo de los vacíos de la mezcla al agregar 3% de	
filler de diferentes procedencias.....	112
Gráfico 4.7: Gráfico comparativo de los vacíos de la mezcla al agregar 4% de	
filler de diferentes procedencias.....	113
Gráfico 4.8: Gráfico comparativo de los vacíos de la mezcla al agregar 5% de	
filler de diferentes procedencias.....	114
Gráfico 4.9: Gráfico comparativo de los vacíos de la mezcla al agregar 6% de	
filler de diferentes procedencias.....	115
Gráfico 4.10: Grafico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar	
3% de filler de diferentes procedencias.....	116
Gráfico 4.11 : Gráfico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar	
4% de filler de diferentes procedencias.....	117
Gráfico 4.12: Gráfico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar	
5% de filler de diferentes procedencias.....	118
Gráfico 4.13: Gráfico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar	
6% de filler de diferentes procedencias.....	119
Gráfico 4.14: Gráfico comparativo de la fluencia de la mezcla al agregar	
3% de filler de diferentes procedencias.....	120

Gráfico 4.15: Gráfico comparativo de la fluencia de la mezcla al agregar
4% de filler de diferentes procedencias.....121

Gráfico 4.5: Gráfico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar 5%
de filler de diferentes procedencias.....122

Gráfico 4.5: Gráfico comparativo de la estabilidad de la mezcla al agregar
6% de filler de diferentes procedencias.....123