

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“APLICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA GAP GRADED EN
VÍAS URBANAS”**

Por:

EFRAÍN EDUARDO TEZANOS PINTO RIVERO

Proyecto presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Gestión 2015

TARIJA-BOLIVIA

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

“APLICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA GAP GRADED EN
VÍAS URBANAS”

Por:

EFRAÍN EDUARDO TEZANOS PINTO RIVERO

Gestión 2015

TARIJA-BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez
Gozalvez

**DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez

**VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
M. Sc. Ing. Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo

.....
.Ing. Carola Sanchez Lopez

.....
M. Sc. Ing. Joel Paco Sarzuri

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ellos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mis padres, Efraín y Yolanda, a mis hermanos por el esfuerzo y ayuda incalculable, por guiarme en el camino de la superación y ser la constante motivación en la conclusión del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la dicha de alcanzar una profesión, sin su voluntad y su bendición nada es realidad.

A mis padres, por el apoyo y compañía incondicionales, por los consejos y deseos llenos de esperanza que me supieron brindar a lo largo de estos años.

A mis Docente guía, Ingeniero Jhonny Orgaz por el apoyo brindado durante la realización y revisión de este trabajo.

A mis hermanos: Silvia y Carlos, ya que con mucha esperanza y sacrificio me acompañaron en el camino de la vida.

A cada uno de mis amigos/as y personas que me brindaron su apoyo para la realización de este trabajo.

PENSAMIENTO

“Dar gracias a Dios por lo que se tiene, allí comienza el arte de vivir”

Doménico Cierí Estrada.

ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

Página

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3 DISEÑO TEÓRICO.....	2
1.3.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.3.1.1 Situación problemática.....	2
1.3.1.2 Problema.....	3
1.3.2 Objetivos de Investigación.....	3
1.3.2.1 Objetivo general.....	3
1.3.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3.3 Hipótesis.....	4
1.3.4 Definición de Variables Dependiente e Independiente.....	4
1.3.4.1 Variable dependiente.....	4
1.3.4.2 Variable independiente.....	5
1.4 DISEÑO METODOLÓGICO.....	6
1.4.1 Unidad de Estudio.....	6
1.4.2 Población.....	6
1.4.3 Muestra.....	6
1.4.4 Muestreo.....	6
1.4.5 Métodos y Técnicas.....	6
1.4.6 Análisis Estadístico.....	8
1.4.7 Esquema Metodológico.....	11

CAPÍTULO II
ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y
LA UTILIZACIÓN DE ASFALTO MODIFICADO TIPO GAP GRADED

2.1 EL ASFALTO.....	12
2.1.1 Definición.....	12
2.1.2 Producción del Asfalto.....	13
2.1.3 Composición del Asfalto.....	14
2.1.4 Tipos de Asfalto.....	15
2.1.5 Comportamiento Físico-Mecánico del Asfalto.....	17
2.1.6 Propiedades Físicas del Asfalto de Pavimentación.....	18
2.1.7 Función del Asfalto en los Pavimentos.....	19
2.2 EL POLÍMERO.....	19
2.2.1 Definición.....	19
2.2.2 Elaboración de los Polímeros.....	20
2.2.3 Producción de los Polímeros.....	20
2.2.4 Clasificación de los Polímeros.....	20
2.2.5 Polímeros Utilizados en la Modificación de Asfaltos.....	21
2.3 ASFALTOS MODIFICADOS.....	21
2.3.1 Definición.....	21
2.3.2 Modificación del Asfalto.....	21
2.3.3 Asfaltos Modificados con Polímeros Tipo Elastómeros.....	22
2.4 CLASIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	22
2.4.1 Por el Árido Empleado.....	22
2.4.2 Por la Temperatura de Puesta en Obra.....	23
2.4.3 Por el Porcentaje de Huecos en la Mezcla.....	23
2.4.4 Por el Tamaño Máximo de los Áridos.....	25
2.4.5 Por la Granulometría de los Áridos.....	26
2.4.6 Por la Estructura del Árido.....	26
2.5 GRADUACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICA EMPLEADA PARA NUESTRO ESTUDIO.....	26
2.5.1 Mezclas Asfálticas de Graduación Semidensa o Media (Gap Graded) ...	27
2.6 APLICACIÓN DEL GCR (GRANOS DE CAUCHO RECICLADOS) EN LOS PAVIMENTOS.....	27

2.6.1 Proceso por Vía Húmeda.....	28
2.6.2 Proceso por Vía Seca.....	29
2.7 MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON CAUCHO DE GRADUACIÓN MEDIA (GAP GRADED).....	29

CAPITULO III

INVESTIGACION SOBRE MEZCLAS ASFALTICAS TIPO GAP GRADED

3.1 MUESTRAS DE LOS MATERIALES.....	32
3.1.1 Materiales Granulares.....	32
3.1.2 Cemento Asfáltico a ser Modificado.....	33
3.1.3 Grano de Caucho Reciclado (GCR).....	34
3.1.4 Principios de la Investigación.....	35
3.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES.....	35
3.2.1 Caracterización del Asfalto.....	35
3.2.1.1 Penetración a 25°C, 100gr, 5seg, (mm/10), punto de inflamación y combustión.....	35
3.2.1.2 Punto de ablandamiento.....	38
3.2.1.3 Viscosidad Saybolt Furol.....	39
3.2.1.4 Peso específico del asfalto.....	40
3.2.2 Caracterización del Material Granular.....	42
3.2.2.1 Granulometría.....	42
3.2.2.2 Peso específico del agregado grueso y fino.....	45
3.2.2.3 Caras fracturadas.....	47
3.2.2.4 Equivalente de arena.....	47
3.2.2.5 Ensayo de desgaste de Los Ángeles.....	49
3.3 DOSIFICACIÓN PARA LA GRADACIÓN TIPO GAP GRADED.....	51
3.3.1 Dosificación de los Agregados.....	51
3.3.1.1 Composición granulométrica de la curva de proyección de los agregados.....	52
3.3.1.2 Pesos específicos de los agregados.....	53
3.3.2 Dosificación del Asfalto.....	53
3.3.2.1 Contenido mínimo de cemento asfáltico.....	53
3.3.2.2 Dosificación para la fabricación de las briquetas.....	54
3.3.2.3 Valores característicos de la mezcla asfáltica.....	55

3.3.2.4 Diseño Marshall de la mezcla patrón.....	57
3.3.2.5 Determinación del óptimo contenido de asfalto.....	60
3.3.3 Dosificación del Caucho.....	62
3.3.4 Caracterización del Asfalto-Caucho.....	62
3.3.5 Dosificación del Agregado para las Mezclas Asfálticas Modificadas con Caucho.....	64
3.3.6 Dosificación del Caucho para las Briquetas.....	65
3.3.7 Resumen de los Resultados.....	65
3.3.8 Ensayo de Desgaste en el Cántabro.....	66
3.4 EVALUACIÓN DE PROPIEDADES EN MEZCLAS TIPO GAP GRADED.....	
3.4.1 Estabilidad.....	66
3.4.2 Densidad.....	67
3.4.3 Vacíos de Agregado Mineral (VAM).....	67
3.4.4 Vacíos con Aire.....	67
3.4.5 Relación Bitumen Vacíos (RBV).....	68
3.4.6 Fluencia.....	68
3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	69
3.6 VALORACIÓN PARA SU APLICACIÓN.....	71
3.7 FACTIBILIDAD DEL USO DE GAP GRADED Y ASFALTO MODIFICADO CON CAUCHO.....	72

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	74
4.2 RECOMENDACIONES.....	76

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.....	78
-------------------	----

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Asfalto Natural Lago Peach Lake en la Isla de Trinidad.....	12
Figura 2 Asfalto Refinado.....	12
Figura 3 Productos y Temperaturas Típicas de Destilación (Instituto del Asfalto. Manual del Asfalto).....	18
Figura 4 Conducta Visco-Elástica.....	32
Figura 5 Planta de Áridos Charaja.....	32
Figura 6 Chancadora de Charaja.....	32
Figura 7 Grava $\frac{3}{4}$	32
Figura 8 Arena.....	32
Figura 9 Grava $\frac{3}{8}$	33
Figura 10 Embolsado de Materiales.....	33
Figura 11 Stratura Asfaltos (Brasil) Betupen.....	33
Figura 12 Obtención del Asfalto.....	34
Figura 13 Obtención del Asfalto.....	34
Figura 14 Asfalto de Charaja.....	34
Figura 15 Obtención del Grano de Caucho de Llanta en Desuso.....	34
Figura 16 Embolsado de los Granos de Caucho.....	34
Figura 17 Raspaje del Caucho de Llanta en Desuso.....	35
Figura 18 Asfalto a 25°C.....	36
Figura 19 Control de Temperatura.....	36
Figura 20 Penetración del Asfalto.....	36
Figura 21 Punto de Inflamación.....	36
Figura 22 Punto de Inflamación.....	36
Figura 23 Punto de Combustión.....	37
Figura 24 Asfalto en Anillos.....	38
Figura 25 Asfalto a 5°C.....	38
Figura 26 Control de Temperatura.....	38
Figura 27 Proceso del Punto de Ablandamiento.....	39
Figura 28 Proceso del Punto de Ablandamiento.....	39
Figura 29 Punto de Ablandamiento.....	39
Figura 30 Control de Temperatura.....	40

Figura 31 Medición del Peso del Picnómetro.....	40
Figura 32 Peso del Picnómetro + Asfalto.....	41
Figura 33 Cuarteo Mecánico de los Agregados.....	42
Figura 34 Cuarteo Mecánico de los Agregados.....	42
Figura 35 Secado de los Materiales.....	43
Figura 36 Materiales a Temperatura Ambiente.....	43
Figura 37 Pesado de los Materiales.....	43
Figura 38 Serie de Tamices Empleados para la Granulometría.....	43
Figura 39 Lavado de Material Fino.....	44
Figura 40 Secado de Material Fino.....	44
Figura 41 Tamizado Manual de los Agregados Finos.....	44
Figura 42 Peso del Picnómetro.....	45
Figura 43 Sacando las Burbujas.....	45
Figura 44 Picnómetro + Muestra Seca.....	45
Figura 45 Muestra Saturada de Agua.....	45
Figura 46 Pesando las Muestras.....	45
Figura 47 Peso de la Muestra en Agua.....	46
Figura 48 Cesto.....	46
Figura 49 Muestra para Analizar.....	47
Figura 50 Separando las Caras Fracturadas.....	47
Figura 51 Utilizando el Pisón.....	48
Figura 52 Mezclando la Muestra.....	48
Figura 53 Desgaste de Los Ángeles.....	50
Figura 54 Desgaste de Los Ángeles.....	50
Figura 55 Control a 100 Vueltas.....	50
Figura 56 Peso Final después de 300 Vueltas.....	50
Figura 57 Dosificación de los Agregados.....	55
Figura 58 Calentando el Asfalto y los Moldes.....	55
Figura 59 Calentado de los Agregados.....	56
Figura 60 Diseño de la Mezcla Asfáltica.....	56
Figura 61 Preparación de la Mezcla.....	56
Figura 62 Preparación de la Mezcla.....	56
Figura 63 Control de Temperatura.....	56

Figura 64 Preparando el Martillo.....	56
Figura 65 Desmoldando las Briquetas.....	56
Figura 66 Briquetas.....	56
Figura 67 Igualando Bordes.....	57
Figura 68 Midiendo la Altura con el Vernier.....	57
Figura 69 Peso al Aire.....	57
Figura 70 Balanza para Peso Sumergido.....	57
Figura 71 Sumergido de Briquetas 40 min.....	58
Figura 72 Peso Sumergido.....	58
Figura 73 Secado Superficial.....	58
Figura 74 Peso Saturado Superficialmente Seco.....	58
Figura 75 Sumergido a 60°C.....	58
Figura 76 Lectura Dial de la Estabilidad y Fluencia.....	59
Figura 77 Briquetas Desgastadas.....	66
Figura 78 Peso final de la Briqueta.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Gradación de Materiales Granulares para Mezclas Densas y Abiertas	25
Cuadro 2 Graduación Gap Graded.....	27
Cuadro 3 Resultados Obtenidos del Punto de Ablandamiento.....	39
Cuadro 4 Resultado de las Granulometrías.....	42
Cuadro 5 Especificaciones.....	49
Cuadro 6 Resultados.....	49
Cuadro 7 Granulometrías Promediadas.....	51
Cuadro 8 Graduación Gap Graded.....	51
Cuadro 9 Porcentaje de Cada Material.....	52
Cuadro 10 Curva dentro del Rango de la Graduación Gap Graded.....	52
Cuadro 11 Porcentajes de C.A. Asumidos a Partir del % C.A. Mínimo.....	53
Cuadro 12 Dosificaciones de las Briquetas.....	54
Cuadro 13 Cantidad de Material Granular Necesario.....	54
Cuadro 14 Resultados Marshall.....	60
Cuadro 15 Resultados con el Óptimo de Asfalto.....	61
Cuadro 16 Verificación de las Especificaciones.....	61
Cuadro 17 Relación Materiales/Asfalto.....	61
Cuadro 18 Adopción del % de Caucho.....	62
Cuadro 19 Resultados de la Caracterización del Asfalto-Caucho.....	62
Cuadro 20 Dosificación de los Agregados para las Mezclas Asfálticas modificadas con Caucho.....	64
Cuadro 21 Dosificación del Caucho para las Briquetas.....	65
Cuadro 22 Resultados Marshall.....	65
Cuadro 23 Resultado de Desgaste.....	66
Cuadro 24 Caracterización del Asfalto-Caucho.....	69
Cuadro 25 Caracterización de los Agregados.....	70
Cuadro 26 Resultados Finales.....	70
Cuadro 27 Resultados Finales.....	72

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica N°1 Resultados del Ensayo de Penetración	62
Gráfica N°2 Resultados del Ensayo de Punto de Ablandamiento del Asfalto	63
Gráfica N°3 Resultados del Ensayo de Peso Específico del Asfalto.....	63
Gráfica N°4 Resultados del Ensayo de Punto de Inflamación del Asfalto....	63
Gráfica N°5 Resultados del Ensayo de Punto de Combustión del Asfalto ...	64
Gráfica N°6 Estabilidad Marshall.....	66
Gráfica N°7 Densidad Real.....	67
Gráfica N°8 %Vacíos Agregado Mineral (VAM)	67
Gráfica N°9 %Vacíos Mezcla Total	68
Gráfica N°10 %Relación Bitumen Vacíos (RBV).....	68
Gráfica N°11 Flujo.....	69
Gráfica N°12 Gráficas de Comparaciones.....	71
Gráfica N°13 % Desgaste	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1 Ensayo de Penetración, Inflamación y Combustión del Asfalto.....	37
Tabla N°2 Resultados de Penetración, Inflamación y Combustión del Asfalto	38
Tabla N°3 Ensayo de Peso Específico del Asfalto.....	41
Tabla N°4 Determinación del Peso Específico del agregado fino y grueso.....	46
Tabla N°5 Determinación del Porcentaje de Caras Fracturadas.....	47
Tabla N°6 Determinación del Equivalente de Arena.....	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Caracterización del Asfalto

Anexo 2. Caracterización del Agregado

Anexo 3. Dosificación De Los Materiales y Método de Diseño Marshall