

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS PARA BACHEO “BACHEFLEX” Y MEZCLA  
CONVENCIONAL APLICADAS EN CALLES DE LA CIUDAD DE  
TARIJA”**

Por:

**HIGUERAS HUMACATA CARLOS DANIEL**

Proyecto de investigación presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en **INGENIERÍA CIVIL**.

**SEMESTRE II - 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 DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS PARA BACHEO “BACHEFLEX” Y MEZCLA  
CONVENCIONAL APLICADAS EN CALLES DE LA CIUDAD DE  
TARIJA”**

Por:

**HIGUERAS HUMACATA CARLOS DANIEL**

**SEMESTRE II - 2022**

**TARIJA- BOLIVIA**

### **DEDICATORIA:**

A mis padres, Dominga Humacata Vargas y Alberto Higuera Jerez, porque creyeron en mí.

En especial a mi Madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores y motivación constante que me permitió lograr mis objetivos y así llegar hasta donde estoy ahora y más que todo por su amor incondicional brindado todo el tiempo.

A mi Hermana María Isela por su apoyo y constante interés de verme lograr y terminar la carrera de Ingeniería Civil.

A mi Hermano Ángel Alberto que a pesar de todas las adversidades me demostró que se puede seguir adelante cuando crees en ti mismo.

A mi pareja Ghisell Adriana Calle por su apoyo, confianza y amor a mi persona hizo que luche por mi meta y mi gran sueño de ser profesional.

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I

### DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	<b>Página</b>
1. Cuerpo de la propuesta.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación del proyecto.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	3
1.4. Objetivos de investigación.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.4.3. Hipótesis.....	4
1.4.4. Variables.....	5
1.5. Alcance del estudio de aplicación.....	5
1.6. Diseño metodológico.....	6
1.6.1. Componentes.....	6
1.7. Métodos y técnicas empleadas.....	6
1.8. Medios.....	7
1.9. Procedimiento de aplicación.....	7
1.9.1. Flujoograma de la metodología aplicada.....	8
1.10. Procedimiento descriptivo.....	9

**CAPÍTULO II**  
**FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

	<b>Página</b>
2. Referencia teórica.....	10
2.1. Definición de mezcla asfáltica.....	10
2.2. Funcionalidad de las mezclas asfálticas en los firmes.....	11
2.3. Aspectos preocupantes para el usuario en la aplicación de mezclas asfálticas en pavimentos.....	11
2.4. Propiedades de las mezclas asfálticas para capas de rodadura.....	12
2.5. Clasificación de las mezclas asfálticas.....	12
2.5.1. Por fracciones de agregado pétreo empleado.....	13
2.5.2. Por la temperatura de puesta en obra.....	13
2.5.3. Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica.....	13
2.5.4. Por el tamaño máximo del agregado pétreo.....	14
2.5.5. Por estructura del agregado pétreo.....	14
2.5.6. Por granulometría.....	14
2.6. Mezcla asfáltica en caliente.....	14
2.7. Mezcla asfáltica en frío.....	15
2.8. Características de las Capas de Rodadura.....	15
2.8.1. Tipos de capas de rodadura.....	16
2.8.2. Función de la capa de Rodadura.....	17
2.9. Análisis de la falla estructural del estudio.....	17
2.9.1. Pérdida de agregados (calaveras o surcos).....	18
2.9.2. Pérdida de la capa de rodadura (peladura).....	19
2.9.3. Pérdida de base (calavera o bache superficial).....	20

2.9.4. Deterioros por defectos constructivos.....	21
2.10. Requisitos que deben cumplir los materiales.....	22
2.10.1. Agregados pétreos.....	22
2.10.2. Filler o material de relleno.....	22
2.10.3. Materiales especiales de aporte.....	23
2.10.4. Ligantes asfálticos.....	23
2.10.5. Agua.....	23
2.10.6. Aditivos.....	23
2.10.7. Granulometrías.....	23
2.10.8. Condiciones de acopio de los materiales.....	24
2.11. Requerimientos constructivos.....	25
2.11.1. Alternativas de diseño y ejecución.....	25
2.11.2. Espesores constructivos.....	26
2.11.3. Equipos.....	26
2.11.4. Condiciones para el inicio de los trabajos de bacheo .....	29
2.11.5. Preparación de la superficie de asiento.....	29
2.11.6. Trabajos de extensión de la mezcla.....	30
2.11.7. Proceso de compactación.....	30
2.11.8. Limitaciones de la ejecución.....	31
2.11.9. Habilitación al tránsito.....	31
2.12. Ficha técnica del producto “Bacheflex” (mezcla asfáltica para bacheo).....	31
2.12.1. Descripción del producto.....	31
2.12.2. Ventajas del uso de Bacheflex.....	32
2.12.3. Proceso de aplicación.....	32

2.12.4. Especificaciones técnicas del producto.....	33
2.12.5. Usos y aplicaciones del producto.....	33
2.13. Mezclas asfálticas o bituminosas.....	34
2.13.1. Propiedades consideradas en el diseño de mezclas.....	34
2.13.2. Cemento Asfáltico.....	36
2.14. Características Volumétricas de las mezclas asfálticas.....	37
2.14.1. Gravedad específica bruta “Bulk” (Gmb).....	37
2.14.2. Densidad máxima teórica (Gmm).....	38
2.14.3. Porcentaje de vacíos con aire (Va).....	38
2.14.4. Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA) .....	39
2.14.5. Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto (VFA).....	40
2.14.6. Contenido de asfalto efectivo (Pbe).....	40
2.15. Ensayos para mezclas asfálticas.....	40
2.15.1. Ensayo Marshall lujo y estabilidad.....	41
2.16. Procedimiento de bacheo asfáltico.....	42
2.16.1. Equipo necesario y procedimiento correcto de bacheo asfáltico.....	42
2.17. Ensayo Viga Benkelman (Normas ASTM D4965-03).....	45
2.17.1. Procedimiento del ensayo.....	46
2.18. Ensayo de la regla. (Norma EN13036-7).....	51
2.18.1. Procedimiento del ensayo.....	51
2.19. Comparación Técnico-Económica de las mezclas asfálticas aplicadas para el bacheo.....	54
2.19.1. Selección de criterios. ....	54
2.19.2. Evaluación Técnico - económica de producto bacheflex.....	54

2.19.3. Evaluación Técnico - Económica de la mezcla asfáltica convencional para bacheo.....	59
2.19.4. Evaluación social de la aplicación de las mezclas asfálticas.....	62

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN PRÁCTICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA BACHEO BACHEFLEX Y MEZCLA CONVENCIONAL EN PUNTOS CRÍTICOS DONDE EXISTEN ESTAS FALLAS EN LA CIUDAD DE TARIJA**

	Página
3. Aplicación práctica de mezclas asfálticas para bacheo bacheflex y mezcla convencional.....	64
3.1. Ensayo sobre la mezcla asfáltica.....	64
3.2. Caracterización de los materiales.....	64
3.2.1. Criterios utilizados.....	64
3.2.2. Materiales de aporte.....	64
3.2.3. Métodos de diseño.....	65
3.2.4. Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall.....	66
3.2.5. Procedimientos e instrumentos para la realización del diseño Marshall.....	66
3.2.6. Franja aceptable de granulometría del material pétreo para mezclas asfálticas.....	68
3.3. Procedimiento del ensayo realizado en laboratorio.....	69
3.3.1. Procedimiento para la construcción de briquetas.....	69
3.4. Descripción de la zona de estudio.....	80
3.4.1. Determinación de los puntos estratégicos de aplicación.....	81
3.5. Características del área de estudio.....	81
3.5.1. Características del área de la falla.....	81

3.6.	Resultados obtenidos del ensayo de estabilidad y fluencia para la mezcla convencional.....	126
3.6.1.	Interpretación de resultados del ensayo Marshall con mezcla asfáltica convencional.....	128
3.7.	Resultados obtenidos del ensayo de estabilidad y fluencia para la mezcla asfáltica BACHEFLEX.....	129
3.7.1.	Interpretación de resultados del ensayo Marshall con mezcla asfáltica Bacheflex.....	131
3.7.2.	Interpretación comparativa de resultados.....	133
3.8.	Interpretación comparativa de resultados de la aplicación de mezclas asfálticas en campo.....	134
3.9.	Proceso de medición pre- bacheo (Dimensión aproximada de baches).....	146
3.9.1.	Procedimiento de medición.....	146
3.9.2.	Datos de medición obtenidos.....	148

#### **CAPÍTULO IV**

##### **ENSAYO DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL CON REGLA Y ANÁLISIS DEL ASENTAMIENTO DEL ÁREA APLICADA DESPUÉS DEL BACHEO ENSAYO DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL CON VIGA BENKELMAN**

		Página
4.	Ensayo de la regla. (Norma EN13036-7).....	150
4.1.	Procedimiento del ensayo.....	150
4.2.	Resultado de las mediciones del ensayo para la mezcla convencional.....	153
4.3.	Seguimiento de asentamiento (compactación) después del bacheo según un tiempo de análisis.....	154
4.3.1.	Análisis del asentamiento para la mezcla asfáltica convencional aplicada por la alcaldía.....	154

4.4.	Resultado de las mediciones del ensayo para BACHEFLEX.....	170
4.5.	Análisis del asentamiento para la mezcla asfáltica BACHEFLEX.....	171
4.6.	Ensayo Viga Benkelman (Normas ASTM D4965-03).....	187
4.6.1.	Procedimiento del ensayo.....	188
4.6.2.	Aplicación de viga Benkelman en las mezclas asfálticas aplicadas para bacheo.....	192
4.6.3.	Resultados del ensayo realizado para el producto BACHEFLEX.....	202
4.6.4.	Análisis de resultados comparados entre ambos productos.....	210

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página	
5.	Conclusiones.....	224
5.1.	Recomendaciones.....	227

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

**ANEXO A** Datos proporcionados por los fabricantes de las mezclas asfálticas para bacheo bacheflex y mezcla convencional de la alcaldía de Tarija.

**ANEXO B** Procedimiento para la elaboración de briquetas Marshall con cemento asfáltico 85/100 para mezcla convencional.

**ANEXO C** Procedimiento para la elaboración de briquetas Marshall con cemento asfáltico con polímero modificado CAP PEN 85/100 BACHEFLEX

**ANEXO D** Ensayo de la regla. (Norma EN13036-7)

**ANEXO E** Ensayo Viga Benkelman (Normas ASTM D4965-03)

**ANEXO F** Fotografías de participación en bacheo

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2. 1 Clasificación de mezclas asfálticas.....	13
Tabla 2. 2. Deterioro por Pérdida de agregados (calaveras o surcos).....	18
Tabla 2. 3. Pérdida de la capa de rodadura (peladuras).....	19
Tabla 2. 4. Pérdida de base (calavera o bache superficial).....	20
Tabla 2. 5. Deterioro por defecto constructivo- instalaciones.....	21
Tabla 2. 6 Condiciones que debe cumplir los agregados pétreos.....	22
Tabla 2. 7 Husos Granulométricos.....	24
Tabla 2. 8 Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de áridos.....	25
Tabla 2. 9 Espesores Constructivos.....	26
Tabla 2. 10 Especificaciones técnicas BACHEFLEX.....	33
Tabla 2. 11 Variables que influyen en las propiedades del cemento asfáltico.....	35
Tabla 2. 12 Análisis de precio unitario Bacheflex.....	55
Tabla 2. 13 Análisis del factor técnico del producto Bacheflex.....	57
Tabla 2. 14 Análisis de precio unitario Mezcla Convencional.....	60
Tabla 2. 15 Análisis del factor técnico de la mezcla convencional.....	61
Tabla 3. 1 Franjas Granulométricas de control.....	68
Tabla 3. 2 Peso específico de los Materiales Mezcla Asfáltica convencional.....	126
Tabla 3. 3 Planilla resultados del método Marshall para mezcla convencional.....	127
Tabla 3. 4 Resultados del ensayo Marshall para mezcla asfáltica convencional.....	128
Tabla 3. 5 Peso específico de los materiales de la mezcla asfáltica Bacheflex.....	129
Tabla 3. 6 Planilla resultados del método Marshall para Bacheflex.....	130
Tabla 3. 7 Resultados del ensayo Marshall para mezcla asfáltica Bacheflex.....	131

Tabla 3. 8 Interpretación comparativa de resultados ensayo Marshall.....	133
Tabla 3. 9 Interpretación de la aplicación de mezclas asfálticas en campo (asentamiento y durabilidad).....	134
Tabla 3. 10 Interpretación de la aplicación de mezclas asfálticas en campo (Rigidez y resistencia al desgaste).....	140
Tabla 3. 11 Datos de medición de bacheo para mezcla convencional.....	148
Tabla 3. 12 Datos de medición de bacheo para mezcla Bacheflex.....	149
Tabla 4. 1 Lecturas realizadas por el instrumento de la Regla para la mezcla convencional.....	153
Tabla 4. 2 Niveles de Reducción de altura que existe en los puntos de acuerdo a la semana de análisis.....	154
Tabla 4. 3 Lecturas realizadas por el instrumento de la Regla para BACHEFLEX....	170
Tabla 4. 4 Niveles de Reducción que existe en los puntos de acuerdo a la semana de análisis “BACHEFLEX”.....	171
Tabla 4. 5 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Mezcla Convencional).....	194
Tabla 4. 6 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Mezcla Convencional).....	196
Tabla 4. 7 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Mezcla Convencional).....	198
Tabla 4. 8 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Mezcla Convencional).....	200
Tabla 4. 9 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Bacheflex).....	202
Tabla 4. 10 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex).....	204

Tabla 4. 11 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex).....	206
Tabla 4. 12 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Bacheflex).....	208
Tabla 4. 13 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Miraflores- Villa Fátima - German Busch (Bacheflex vs Mezcla Asfáltica Convencional).....	211
Tabla 4. 14 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	215
Tabla 4. 15 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	218
Tabla 4. 16 Planilla de resultados de viga Benkelman zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	221

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2. 1 Ensayo Marshall.....	41
Figura 2. 2 Perfilado del área a reparar.....	42
Figura 2. 3 Retirado de material afectado.....	43
Figura 2. 4 Riego de liga previamente al bacheo.....	43
Figura 2. 5 Aplicación de la mezcla asfáltica.....	44
Figura 2. 6 Compactado de la mezcla.....	44
Figura 2. 7 Equipo Benkelman.....	46
Figura 2. 8 Punto de ubicación del extremo de la Viga Benkelman.....	46
Figura 2. 9 Geometría de colocación de la viga Benkelman.....	47
Figura 2. 10 Proceso de medición.....	47
Figura 2. 11 Lectura de los valores arrojados de deflexión.....	48
Figura 2. 12 Manipuleo de la viga para una nueva lectura.....	48
Figura 2. 13 Procedimiento de medición de deflexión.....	49
Figura 2. 14 Posición para la medición de temperatura.....	50
Figura 2. 15 Regla con dos cuñas.....	51
Figura 2. 16 Regla de aluminio.....	51
Figura 2. 17 Señalización de la calle a ser evaluada.....	52
Figura 2. 18 Colocado de la regla sobre el bache.....	52
Figura 2. 19 Lectura de las mediciones de asentamiento.....	53
Figura 2. 20 Procedimiento y lectura de los asentamientos en todos los puntos de aplicación.....	53
Figura 2. 21 Presentación de bacheflex en bolsas de 40 kg.....	58
Figura 2. 22 Mezcla Asfáltica convencional aplicada por la alcaldía de Tarija.....	62

Figura 3. 1 Ubicación de la planta de áridos.....	65
Figura 3. 2 Construcción de Briquetas in situ.....	69
Figura 3. 3 Pesado de la mezcla asfáltica.....	70
Figura 3. 4 Llenado de mezcla asfáltica al molde.....	70
Figura 3. 5 Compactado de Briquetas.....	71
Figura 3. 6 Extracción de briquetas.....	71
Figura 3. 7 Medición de briquetas.....	72
Figura 3. 8 Determinación del peso seco de la briqueta.....	72
Figura 3. 9 Sumergido de briquetas y obtención del peso saturado.....	73
Figura 3. 10 Obtención del peso sumergido.....	73
Figura 3. 11 Baño María a 60 °C.....	74
Figura 3. 12 Rotura de briquetas ensayo de estabilidad y fluencia.....	74
Figura 3. 13 Producto Bacheflex.....	75
Figura 3. 14 Pesaje de la muestra Bacheflex.....	75
Figura 3. 15 Llenado y colocado del papel filtro en el molde.....	76
Figura 3. 16 Compactación automática.....	76
Figura 3. 17 Extracción de briquetas Bacheflex.....	77
Figura 3. 18 Medición de Briquetas Bacheflex.....	77
Figura 3. 19 Determinación del peso seco y sumergido.....	78
Figura 3. 20 Baño María de briquetas Bacheflex a 25 °C.....	78
Figura 3. 21 Rotura de Briquetas, ensayo de estabilidad y Fluencia.....	79
Figura 3. 22 Calles de Tarija antes de realizar el bacheo.....	80
Figura 3. 23 Mancha Urbana de la ciudad de Tarija.....	81

Figura 3. 24 Ubicación punto 1 calle comercio zona Tobogán-Mercado Campesino.....	82
Figura 3. 25 Identificación del área de la falla de la zona.....	82
Figura 3. 26 Limpieza del área a ser reparada.....	83
Figura 3. 27 Aplicación del producto bacheflex.....	83
Figura 3. 28 Compactado de la mezcla asfáltica.....	84
Figura 3. 29 Ubicación punto 2 Avenida Panamericana pasaje Hugo Mealla.....	84
Figura 3. 30 Identificación de la falla.....	85
Figura 3. 31 Zona de alto tráfico.....	85
Figura 3. 32 Aplicado de la mezcla asfáltica.....	85
Figura 3. 33 Compactado con rodillo y motoniveladora.....	86
Figura 3. 34 Ubicación punto 3 calle Nazaret barrio Juan Pablo II.....	86
Figura 3. 35 Identificación del área a refaccionar.....	87
Figura 3. 36 Rellenado de la zona con material para capa base.....	87
Figura 3. 37 Perfilado y encuadrado del área a reparar.....	87
Figura 3. 38 Compactado del área aplicada.....	88
Figura 3. 39 Riego de liga antes de aplicar la mezcla asfáltica.....	88
Figura 3. 40 Compactado con rodillo.....	88
Figura 3. 41 Ubicación punto 4 Calle Tomas O'connor D'arlach.....	89
Figura 3. 42 Identificación del bache.....	89
Figura 3. 43 Compactado del área bacheada.....	90
Figura 3. 44 Ubicación Punto 5 Av. Octavio Campero Echazú.....	90
Figura 3. 45 Identificación de la falla.....	91
Figura 3. 46 Limpieza y recuadre de la zona.....	91
Figura 3. 47 Aplicación del ligante.....	91

Figura 3. 48 Vehículos que transitan por el lugar.....	92
Figura 3. 49 Compactado y limpieza del área.....	92
Figura 3. 50 Ubicación punto 6 ruta Nacional zona Nueva Terminal.....	93
Figura 3. 51 Identificación de la falla.....	93
Figura 3. 52 Aplicación de la mezcla asfáltica y limpieza de la zona.....	93
Figura 3. 53 Aplicado del producto.....	94
Figura 3. 54 Compactado y limpieza del área.....	94
Figura 3. 55 Habilitación del tráfico inmediatamente.....	94
Figura 3. 56 Ubicación punto 7 ruta San Jacinto cruce ENDE.....	95
Figura 3. 57 Aplicado de la mezcla asfáltica.....	95
Figura 3. 58 Identificación del área.....	95
Figura 3. 59 Compactado de la mezcla asfáltica.....	96
Figura 3. 60 Ubicación punto 8 Av. Bicentenario B/ Miraflores.....	96
Figura 3. 61 Identificación del área.....	97
Figura 3. 62 Aplicación y compactado.....	97
Figura 3. 63 Recolección de desechos y material suelto.....	97
Figura 3. 64 Ubicación punto 9 pasaje Cerezos barrio Rosedal.....	98
Figura 3. 65 Aplicación de la mezcla asfáltica.....	98
Figura 3. 66 Identificación del área.....	98
Figura 3. 67 Compactación y limpieza.....	98
Figura 3. 68 Ubicación punto 10 calle 12 de Octubre B/ 12 de Octubre.....	99
Figura 3. 69 Limpieza de la zona.....	99
Figura 3. 70 Aplicación de la mezcla asfáltica.....	100
Figura 3. 71 Compactado de la mezcla aplicada.....	100

Figura 3. 72 Ubicación punto 11 B/ Lourdes final calle Colón.....	100
Figura 3. 73 Limpieza del área a reparar.....	101
Figura 3. 74 Compactado de la mezcla.....	101
Figura 3. 75 Ubicación punto 12 calle Hugo Mealla/ av. Luis campero.....	101
Figura 3. 76 Aplicación de la mezcla asfáltica.....	102
Figura 3. 77 Ubicación de la falla (bache).....	102
Figura 3. 78 Compactado y limpieza de residuos.....	102
Figura 3. 79 Ubicación punto 13 B/Senac av. Julio Arce entre Hermanos Ruiloba .y Francisco Uriondo.....	103
Figura 3. 80 Mezcla aplicada en acometida.....	103
Figura 3. 81 Aplicación del producto.....	103
Figura 3. 82 Compactación y limpieza del área.....	104
Figura 3. 83 Ubicación punto 14 Calle Lazcano casi Av. Belgrano.....	104
Figura 3. 84 Identificación de la falla y aplicación del producto.....	105
Figura 3. 85 Habilitación del tráfico luego del bacheo.....	105
Figura 3. 86 Limpieza después de su reparación.....	106
Figura 3. 87 Ubicación punto 15 Calle final Comercio/rotonda carboneras.....	106
Figura 3. 88 Limpieza y aplicado de la mezcla asfáltica.....	107
Figura 3. 89 Limpieza del área reparada.....	107
Figura 3. 90 Ubicación punto 16 Av. Potosí /Pasaje Güemes.....	108
Figura 3. 91 Identificación y aplicación de la mezcla.....	108
Figura 3. 92 Compactado y limpieza.....	108
Figura 3. 93 Ubicación punto 17 Av. Circunvalación/ frente mercado San Bernardo.....	109
Figura 3. 94 Ubicación de la falla y aplicación de mezcla asfáltica.....	109

Figura 3. 95 Limpieza del área.....	110
Figura 3. 96 Ubicación punto 18 Av. Daniel Zamora/ zona venta de parrilladas.....	110
Figura 3. 97 Limpieza y aplicado del producto.....	111
Figura 3. 98 Compactado sobre el área reparada.....	111
Figura 3. 99 Ubicación punto 19 Calle Luis Campero casi Av. Daniel Zamora.....	112
Figura 3. 100 Limpieza y aplicado de la mezcla.....	112
Figura 3. 101 Compactado del área.....	113
Figura 3. 102 Ubicación punto 20 Parque temático casi Puente Bolívar.....	113
Figura 3. 103 Aplicación y compactado.....	114
Figura 3. 104 Ubicación punto 21 Calle Ingavi/ Pasaje las Rosas.....	114
Figura 3. 105 Aplicación, nivelado y compactado de la mezcla.....	115
Figura 3. 106 Ubicación punto 22 Av. Froilán Tejerina esq. Hugo Mealla.....	115
Figura 3. 107 Aplicado del producto en la zona.....	116
Figura 3. 108 Compactado y limpieza del área.....	116
Figura 3. 109 Ubicación punto 23 B/ Morros Blancos calle Fray Quebracho.....	117
Figura 3. 110 Ubicación del bache y reparación del mismo.....	117
Figura 3. 111 Ubicación punto 24 Av. Libertad / quebrada Verdun.....	118
Figura 3. 112 Bacheflex en su presentación en bolsas.....	118
Figura 3. 113 Aplicación y compactado de la mezcla asfáltica.....	119
Figura 3. 114 Ubicación punto 25 Av. San Andrés y Av. Los Molles.....	119
Figura 3. 115 Limpieza y aplicado del producto.....	120
Figura 3. 116 Compactado del área reparada.....	120
Figura 3. 117 Ubicación Punto 26 Calle Lazcano y calle Delfín Pino.....	121
Figura 3. 118 Limpieza y aplicado de la mezcla.....	121

Figura 3. 119 Compactado de la mezcla asfáltica.....	122
Figura 3. 120 Ubicación punto 27 Av. Hermanos Ruiloba y calle Mario Cossío.....	122
Figura 3. 121 Limpieza y aplicación de mezcla asfáltica.....	123
Figura 3. 122 Ubicación Punto 28 Av. los Ceibos y calle Isidoro Pantoja.....	123
Figura 3. 123 Aplicación, compactación y limpieza.....	124
Figura 3. 124 Ubicación punto 29 Av. Los Sauces B/ German Busch.....	124
Figura 3. 125 Aplicación y compactación de la mezcla.....	125
Figura 3. 126 Ubicación punto 30 Av. Guadalquivir final.....	125
Figura 3. 127 Aplicación y compactado en la zona.....	126
Figura 3. 128 Medición del largo del bache.....	146
Figura 3. 129 Medición del ancho o sección transversal del bache.....	146
Figura 3. 130 Medición de altura o profundidad del bache.....	147
Figura 4. 1 Regla con dos cuñas.....	150
Figura 4. 2 Regla de aluminio.....	150
Figura 4. 3 Señalización de la calle a ser evaluada.....	151
Figura 4. 4 Colocado de la regla sobre el bache.....	151
Figura 4. 5 Lectura de las mediciones de asentamiento.....	152
Figura 4. 6 Procedimiento y lectura de los asentamientos en todos los puntos de aplicación.....	152
Figura 4. 7 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 1.....	155
Figura 4. 8 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 2.....	155
Figura 4. 9 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 3.....	156
Figura 4. 10 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 4.....	156
Figura 4. 11 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 5.....	157
Figura 4. 12 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 6.....	157

Figura 4. 13 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 7.....	158
Figura 4. 14 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 8.....	158
Figura 4. 15 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 9.....	159
Figura 4. 16 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 10.....	159
Figura 4. 17 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 11.....	160
Figura 4. 18 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 12.....	160
Figura 4. 19 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 13.....	161
Figura 4. 20 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 14.....	161
Figura 4. 21 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 15.....	162
Figura 4. 22 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 16.....	162
Figura 4. 23 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 17.....	163
Figura 4. 24 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 18.....	163
Figura 4. 25 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 19.....	164
Figura 4. 26 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 20.....	164
Figura 4. 27 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 21.....	165
Figura 4. 28 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 22.....	165
Figura 4. 29 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 23.....	166
Figura 4. 30 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 24.....	166
Figura 4. 31 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 25.....	167
Figura 4. 32 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 26.....	167
Figura 4. 33 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 27.....	168
Figura 4. 34 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 28.....	168
Figura 4. 35 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 29.....	169
Figura 4. 36 Alturas de reducción de acuerdo al tiempo de análisis punto 30.....	169

Figura 4. 37 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 1.....	172
Figura 4. 38 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 2.....	172
Figura 4. 39 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 3.....	173
Figura 4. 40 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 4.....	173
Figura 4. 41 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 5.....	174
Figura 4. 42 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 6.....	174
Figura 4. 43 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 7.....	175
Figura 4. 44 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 8.....	175
Figura 4. 45 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 9.....	176
Figura 4. 46 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 10.....	176
Figura 4. 47 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 11.....	177
Figura 4. 48 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 12.....	177
Figura 4. 49 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 13.....	178

Figura 4. 50 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 14.....	178
Figura 4. 51 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 15.....	179
Figura 4. 52 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 16.....	179
Figura 4. 53 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 17.....	180
Figura 4. 54 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 18.....	180
Figura 4. 55 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 19.....	181
Figura 4. 56 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 20.....	181
Figura 4. 57 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 21.....	182
Figura 4. 58 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 22.....	182
Figura 4. 59 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 23.....	183
Figura 4. 60 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 24.....	183
Figura 4. 61 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 25.....	184
Figura 4. 62 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 26.....	184

Figura 4. 63 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 27.....	185
Figura 4. 64 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 28.....	185
Figura 4. 65 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 29.....	186
Figura 4. 66 Altura de reducción de acuerdo al tiempo de análisis Bacheflex punto 30.....	186
Figura 4. 67 Equipo Benkelman.....	187
Figura 4. 68 Punto de ubicación del extremo de la viga Benkelman.....	188
Figura 4. 69 Geometría de colocación de la viga Benkelman.....	189
Figura 4. 70 Proceso de medición.....	189
Figura 4. 71 Lectura de los valores arrojados de deflexión.....	190
Figura 4. 72 Manipuleo de la viga para una nueva lectura.....	190
Figura 4. 73 Procedimiento de medición de deflexión.....	191
Figura 4. 74 Posición para la medición de temperatura.....	192
Figura 4. 75 Ensayo de viga Benkelman.....	193
Figura 4. 76 Deflexión Máxima zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Mezcla Convencional).....	195
Figura 4. 77 Radios de curvatura zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Mezcla Convencional).....	195
Figura 4. 78 Deflexión Máxima zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Mezcla Convencional).....	197
Figura 4. 79 Radios de curvatura zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Mezcla Convencional).....	197

Figura 4. 80 Deflexión Máxima zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Mezcla Convencional).....	199
Figura 4. 81 Radios de Curvatura zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Mezcla Convencional).....	199
Figura 4. 82 Deflexión Máxima zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Mezcla Convencional).....	201
Figura 4. 83 Radios de Curvatura zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Mezcla Convencional).....	201
Figura 4. 84 Deflexiones Máximas zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Bacheflex).....	203
Figura 4. 85 Radios de Curvatura zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Bacheflex).....	203
Figura 4. 86 Deflexiones Máximas zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex).....	205
Figura 4. 87 Radios de Curvatura zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex).....	205
Figura 4. 88 Deflexiones Máximas zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex).....	207
Figura 4. 89 Radios de Curvatura zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex).....	207
Figura 4. 90 Deflexiones Máximas zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Bacheflex).....	209
Figura 4. 91 Radios de Curvatura zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (Bacheflex).....	209
Figura 4. 92 Deflexiones máximas zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Bacheflex vs Mezcla Asfáltica Convencional).....	213

Figura 4. 93 Radio de curvatura zona Miraflores- Villa Fátima- German Busch (Bacheflex vs Mezcla Asfáltica Convencional).....	214
Figura 4. 94 Deflexiones máximas zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	217
Figura 4. 95 Radios de curvatura zona Morros Blancos - Torrecillas Nueva terminal (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	217
Figura 4. 96 Deflexiones máximas zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	220
Figura 4. 97 Radios de curvatura zona Senac- Luis de Fuentes- Tabladita (Bacheflex vs Mezcla Convencional).....	220
Figura 4. 98 Deflexiones máximas zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (BACHEFLEX vs Mezcla Convencional).....	223
Figura 4. 99 Radios de curvatura zona Campesino (mercado)- Juan Pablo Segundo (BACHEFLEX vs Mezcla Convencional).....	223