

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



**“ANÁLISIS DEL EFECTO EN LA VARIACIÓN DE CARGA COMO EJES  
EQUIVALENTES EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLE Y RÍGIDO MEDIANTE EL MÉTODO AASHTO 93”**

**Por:**

**JOSÉ MANUEL RÍOS PERALTA**

**PROYECTO DE APLICACIÓN** presentado a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en **INGENIERÍA CIVIL**

**SEMESTRE I - 2023**

**TARIJA - BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de aplicación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados ya que gracias a él logré concluir mi carrera.

A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejo he llegado a realizar la más grande de mis metas la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mis hermanas y sobrinos por sus palabras, compañía, apoyo, aliento y estímulo mismos que posibilitaron la conquista de esta meta.

A mis amigos, compañeros, y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3 SITUACIÓN PROBLÉMICA .....	3
1.3.1 Formulación del problema .....	3
1.4 OBJETIVOS. ....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	4
1.6 IDENTIFICACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES .....	4
1.6.1 Variable independiente: .....	4
1.6.2 Variable dependiente:.....	4
1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	5
1.8 ALCANCE.....	6

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

	<b>Página</b>
2.1 GENERALIDADES .....	7
2.1.1 Estructura del pavimento.....	7
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO .....	7

2.3	TIPOS DE PAVIMENTO.....	8
2.3.1	Pavimentos flexible.....	8
2.3.1.1	Capa de rodadura.....	8
2.3.1.2	Subrasante .....	9
2.3.1.3	Capa subbase.....	10
2.3.1.4	Capa base .....	10
2.3.2	Pavimento rígido .....	11
2.3.3	Pavimentos semirrígidos .....	12
2.4	TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	12
2.4.1	Pavimento de concreto simple .....	12
2.4.1.1	Sin pasadores.....	12
2.4.1.2	Con pasadores .....	13
2.4.1.3	Pavimentos de concreto reforzado con juntas.....	14
2.4.1.4	Pavimentos de concreto con refuerzo continuo .....	14
2.5	COMPONENTES DE LA LOSA DE HORMIGÓN.....	15
2.6	JUNTAS.....	15
2.6.1	Tipos de junta.....	16
2.6.1.1	Juntas de contracción .....	16
2.6.1.2	Juntas de construcción.....	16
2.6.1.3	Juntas de expansión o aislación.....	17
2.6.1.4	Espaciamiento entre juntas.....	17
2.7	DIÁMETROS COMERCIALES Y DILATACIÓN DEL ACERO .....	18
2.8	SELLOS .....	18
2.9	DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	19
2.10	VARIABLES DEL DISEÑO .....	20

2.10.1	Periodo de análisis.....	20
2.10.2	Tránsito .....	21
2.10.2.1	Análisis de tránsito.....	21
2.10.2.2	Programación de los aforos.....	21
2.10.3	Volúmenes de tránsito.....	22
2.11	EJES EQUIVALENTES.....	24
2.12	PESOS NORMADOS EN BOLIVIA .....	24
2.13	TIPOS DE EJES.....	26
2.13.1	Eje simple.....	26
2.13.2	Eje tándem.....	26
2.13.3	Eje trídem .....	26
2.14	FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA .....	27
2.14.1	Factor camión.....	27
2.15	DETERMINACIÓN DE EJES EQUIVALENTES .....	28
2.15.1	Procesamiento riguroso de ejes equivalentes .....	29
2.16	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR DIRECCIÓN (DD) .....	37
2.17	FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (LD).....	37
2.18	ÍNDICE DE CRECIMIENTO ANUAL .....	37
2.19	CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTANDAR.....	41
2.20	MÓDULO RESILIENTE.....	43
2.21	MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K).....	45
2.22	SERVICIABILIDAD .....	48
2.23	DRENAJE.....	48
2.24	COEFICIENTES ESTRUCTURALES .....	50
2.25	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE .....	52

2.25.1	Ecuación de pavimento flexible .....	52
2.25.2	Nomograma de diseño pavimento flexible AASHTO 93 .....	53
2.26	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO .....	55
2.26.1	Ecuación de pavimento rígido.....	56
2.27	VARIABLES DE ENTRADA .....	56
2.28	MATERIALES QUE FORMAN PARTE DEL HORMIGÓN.....	56
2.28.1	Módulo de rotura del concreto .....	56
2.28.2	Módulo de elasticidad .....	58
2.28.3	Coefficiente de transferencia de carga .....	59
2.28.4	Nomograma del diseño .....	61
2.29	VARIABLES PARA EL CÁLCULO DE ARMADURAS EN PAVIMENTOS CON JUNTAS.....	63
2.29.1	Longitud de losa.....	63
2.29.2	Tensiones de trabajo.....	63
2.29.3	Factor de fricción .....	63
2.29.4	Resistencia a la tracción del hormigón.....	64
2.29.5	Retracción del hormigón.....	65
2.29.6	Coefficiente de dilatación del hormigón .....	65
2.29.7	Cálculo de las barras de unión transversal .....	68
2.30	APLICACIÓN .....	68
2.31	PROGRAMA ECUACIÓN AASHTO 93 .....	68
2.31.1	Desarrollo del programa.....	69
2.31.2	Operación .....	69

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA SOBRE EL EFECTO DE CARGAS EN LOS**  
**PAVIMENTOS**

	<b>Página</b>
3.1	UBICACIÓN ..... 70
3.2	CARACTERÍSTICAS DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO..... 73
3.2.1	Avenida Circunvalación..... 74
3.2.2	Avenida Víctor Paz Estenssoro..... 76
3.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES EN EL ÁREA DE PROYECTO..... 78
3.3.1	Características de la Avenida Circunvalación..... 78
3.3.2	Características de la Avenida Víctor Paz Estenssoro..... 78
3.4	EFFECTO DE LAS CARGAS ..... 79
3.4.1	Medición de volúmenes en las áreas de estudio..... 79
3.4.2	Aforos..... 79
3.4.3	Tipos de aforo ..... 79
3.4.4	Procedimiento de Aforo ..... 80
3.4.5	Resultados de las horas pico en los subtramos de estudio ..... 81
3.4.6	Número equivalente de ejes de 80 Kn (ESALs) ..... 81
3.4.6.1	Cálculo de tráfico promedio diario (TPD) ..... 81
3.4.6.2	Índice de crecimiento ..... 82
3.4.6.3	Factor de crecimiento..... 85
3.4.6.4	Factor equivalente de carga (LEF, por sus siglas en inglés)..... 86
3.4.6.5	Pesos normados en Bolivia ley de cargas N° 441 ..... 87
3.4.7	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes ..... 92

3.4.7.1	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes para el subtramo Av Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	92
3.4.7.2	Volumen diario a partir del TPH, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	98
3.4.8	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes para el subtramo Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	99
3.4.8.1	Volumen diario a partir del TPH, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	100
3.4.8.2	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	101
3.4.8.3	Volumen diario a partir del TPH, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	102
3.4.8.4	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	104
3.4.8.5	Volumen diario a partir del TPH, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	105
3.4.8.6	Procedimiento riguroso de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	106
3.4.9	Procedimiento simplificado de ejes equivalentes .....	107
3.4.9.1	Procedimiento simplificado de ejes equivalentes para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	107



3.4.9.2	Procedimiento Simplificado de ejes equivalentes para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	111
3.4.9.3	Procedimiento Simplificado de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	113
3.4.9.4	Procedimiento Simplificado de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	115
3.4.9.5	Procedimiento Simplificado de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	118
3.4.10	Aplicación de cálculo de ejes equivalentes W18 de pavimento flexible por el método AASHTO 93, mediante el software Ecuación AASHTO 93.....	120
3.4.10.1	Cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	124
3.4.10.2	Cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	124
3.4.11	Aplicación de cálculo de ejes equivalentes W18 de pavimento rígido por el método AASHTO 93, mediante el software Ecuación AASHTO 93.....	125
3.4.11.1	Cálculo de ejes equivalentes parciales mediante el método riguroso en el subtramo de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	130
3.4.11.1.1	Análisis de resultados porcentuales en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	132

3.4.11.2	Cálculo de ejes equivalentes parciales mediante el método riguroso en el subtramo de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	133
3.4.11.2.1	Análisis de resultados porcentuales en la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	135
3.4.11.3	Cálculo de ejes equivalentes parciales mediante el método riguroso en el subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	136
3.4.11.3.1	Análisis de resultados porcentuales en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	138
3.4.11.4	Cálculo de ejes equivalentes parciales mediante el método riguroso en el subtramo de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	139
3.4.11.4.1	Análisis de resultados porcentuales en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	141
3.4.11.5	Cálculo de ejes equivalentes parciales mediante el método riguroso en el subtramo de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	142
3.4.11.5.1	Análisis de resultados porcentuales en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	144
3.4.12	Resumen de ejes equivalentes de todos los pavimentos estudiados .....	145
3.5	DETERMINACIÓN DEL EFECTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	145
3.5.1	Procedimiento de cálculo .....	145
3.5.2	Parámetros de cálculo para el software Ecuación AASHTO 93 para pavimentos flexibles y rígidos .....	153
3.5.2.1	Cálculo del número estructural .....	153
3.5.2.2	El nivel de confiabilidad (R).....	153

3.5.2.3	Desviación estándar total (So) .....	154
3.5.2.4	El módulo resiliente de la subrasante (MR) y de materiales granulares (CBR) .....	155
3.5.2.5	La pérdida de nivel de servicio durante el periodo de diseño $\Delta PSI = P_o - P_t$ .....	155
3.5.3	Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	156
3.5.3.1	Aplicación de diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93, mediante el software Ecuación AASHTO 93 .....	157
3.5.3.2	Cálculo del número estructural de los ejes equivalentes actuales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	160
3.5.3.3	Cálculo del número estructural de los vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	160
3.5.3.4	Resultados obtenidos de ejes equivalentes y número estructural de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	163
3.5.3.5	Cálculo del espesor total del pavimento flexible de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	164
3.5.3.6	Valores de acuerdo a normativa y son mas usados en nuestro medio para el cálculo del espesor de la Subbase (D3) .....	165
3.5.3.7	Resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	165
3.5.3.8	Espesor total vs ejes equivalentes de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	166

3.5.4	Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	166
3.5.4.1	Cálculo del número estructural de los ejes equivalentes actuales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	167
3.5.4.2	Resultados obtenidos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	170
3.5.4.3	Cálculo del espesor total del pavimento flexible de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	171
3.5.4.4	Valores de acuerdo a normativa y son mas usados en nuestro medio para el cálculo del espesor de la subbase (D3).....	172
3.5.4.5	Resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín...	172
3.6	DETERMINACIÓN DEL EFECTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS .....	173
3.6.1	Procedimiento de cálculo del espesor del pavimento rígido.....	173
3.6.1.1	Coeficiente de drenaje Cd .....	173
3.6.1.2	Transferencia de carga .....	174
3.6.1.3	Propiedades estructurales básicas .....	176
3.6.1.4	Módulo promedio de ruptura del hormigón a los 28 días (S´c) .....	176
3.6.1.5	Módulo de elasticidad (Ec) .....	176
3.6.1.6	Módulo efectivo de reacción de la subrasante (K).....	177
3.6.1.7	Aplicación de diseño de pavimento rígido por el método AASHTO 93, mediante el software Ecuación AASHTO 93 .....	178
3.6.2	Valores de los ejes equivalentes actuales y de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	181

3.6.2.1	Cálculo del espesor de losa actuales y de los vehículos más representativos de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	181
3.6.2.2	Resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	185
3.6.3	Valores de los ejes equivalentes actuales y de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	186
3.6.3.1	Cálculo del espesor de losa actuales y de los vehículos más representativos de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	186
3.6.3.2	Resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	190
3.6.4	Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	191
3.6.4.1	Cálculo del espesor de losa actuales y de los vehículos más representativos de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	191
3.6.4.2	Resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	195
3.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	196

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
4.1 CONCLUSIONES .....	201
4.2 RECOMENDACIONES DEL PROYECTO .....	202

**BIBLIOGRAFÍA**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO I	Aforo vehicular en la Avenida Víctor Paz Estenssoro y Avenida Circunvalación.
ANEXO II	Aforo vehicular en las Avenidas estudiadas.
ANEXO III	Horas pico en los subtramos seleccionados.
ANEXO IV	Parque automotor de la ciudad de Tarija, datos obtenidos del INE.
ANEXO V	Ecuación ajustada del crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija.
ANEXO VI	Cálculo del porcentaje de dirección aforando una hora pico en cada dirección de cada subtramo

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla N° 1.1 Variables independientes.....	5
Tabla N° 1.2 Variables dependientes .....	5
Tabla N° 2.1 Dimensiones en pasadores en pavimentos urbanos.....	17
Tabla N° 2.2 Periodo de análisis .....	20
Tabla N° 2.3 Clasificación vehicular .....	23
Tabla N° 2.4 Límites de cargas de vehículos pesados .....	24
Tabla N° 2.5 Límites de cargas vehículos livianos.....	25
Tabla N° 2.6 Procedimiento riguroso de ejes equivalentes .....	29
Tabla N° 2.7 Planilla tipo de aforo vehicular de 12 tipos.....	30
Tabla N° 2.8 Planilla resumen de aforo vehicular de 12 tipos.....	30
Tabla N° 2.9 Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples Pf= 2.0 .....	30
Tabla N° 2.10 Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples Pf= 2.0 .....	32
Tabla N° 2.11 Factores equivalentes de carga para todo el tráfico.....	33
Tabla N° 2.12 Factores equivalentes de carga para diferentes configuraciones de ejes y cargas.....	33
Tabla N° 2.13 Factores equivalentes de carga para el tráfico de factor camión.....	35
Tabla N° 2.14 Denominación de ejes para el cálculo de factor equivalente.....	35

Tabla N° 2.15 Denominación de ejes para el cálculo de factor equivalente.....	36
Tabla N° 2.16 Factor de distribución direccional (LD) .....	37
Tabla N° 2.17 Parque automotor, según departamento, 2019 – 2020 .....	38
Tabla N° 2.18 Parque automotor, según clase de vehículo, 2019 – 2020.....	38
Tabla N° 2.19 Consumo de gasolina y diésel .....	40
Tabla N° 2.20 Indicadores de población según departamento y municipio censo 2012..	40
Tabla N° 2.21 Nivel de confiabilidad aconsejado.....	41
Tabla N° 2.22 Desviación estándar bajo condiciones de diseño.....	42
Tabla N° 2.23 Relación de confiabilidad y el valor de $Z_R$ .....	43
Tabla N° 2.24 Aumento de k debido a presencia de subbase granular .....	47
Tabla N° 2.25 Índice de serviciabilidad.....	48
Tabla N° 2.26 Capacidad de drenaje.....	49
Tabla N° 2.27 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....	49
Tabla N° 2.28 Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos .....	49
Tabla N° 2.29 Valores de contracción del hormigón.....	57
Tabla N° 2.30 Coeficiente de dilatación del hormigón.....	58
Tabla N° 2.31 Tensiones de trabajo del acero en MPa (ksi).....	58
Tabla N° 2.32 Coeficientes de transferencia de cargas.....	60
Tabla N° 2.33 Propiedades de los aceros .....	63
Tabla N° 2.34 Valores del factor de fricción .....	64



Tabla N° 2.35 Valores de contracción del hormigón.....	65
Tabla N° 2.36 Coeficiente de dilatación del hormigón.....	65
Tabla N° 2.37 Tensiones de trabajo del acero en MPa (ksi).....	67
Tabla N° 2.38 Dimensiones en pasajuntas en pavimentos urbanos .....	67
Tabla N° 3.1 Datos Avenida Circunvalación.....	78
Tabla N° 3.2 Granulometría del agregado pétreo .....	78
Tabla N° 3.3 Resultado de las horas pico promedio en todos los subtramos de estudio .....	81
Tabla N° 3.4 Volumen de tráfico promedio diario Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	82
Tabla N° 3.5 Ecuación ajustada del crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija.....	83
Tabla N° 3.6 Volumen de tráfico para la ciudad de Tarija 2021-2022. ....	84
Tabla N° 3.7 Índice de crecimiento .....	85
Tabla N° 3.8 Factor de crecimiento .....	86
Tabla N° 3.9 Límites de cargas de vehículos pesados .....	87
Tabla N° 3.10 Límites de cargas vehículos livianos .....	88
Tabla N° 3.11 Factores de Equivalencia de Carga.....	88
Tabla N° 3.12 Factor equivalente de carga (LEF), configuración de ejes .....	89
Tabla N° 3.13 Factor equivalente de carga (LEF), ejes en Toneladas.....	90
Tabla N° 3.14 Factor equivalente de carga (LEF), ejes en Kilonewton .....	91

Tabla N° 3.15 Factor equivalente de carga (LEF), sumatoria total de los factores .....	91
Tabla N° 3.16 Tabla de volumen diario columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	93
Tabla N° 3.17 Tabla de volumen diario columna “A” y factores de crecimiento "B" para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	94
Tabla N° 3.18 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B" y tránsito de diseño "C", para para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	95
Tabla N° 3.19 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C" y factor de equivalencia de carga "D", para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	96
Tabla N° 3.20 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C", factor de equivalencia de carga "D" y ESAL diseño "E", para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	97
Tabla N° 3.21 Tabla de volumen diario, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	98
Tabla N° 3.22 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C", factor de equivalencia de carga "D" y ESAL diseño "E", para el subtramo Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	99

Tabla N° 3.23 Tabla de volumen diario, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	100
Tabla N° 3.24 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C", factor de equivalencia de carga "D" y ESAL diseño "E", para el subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	101
Tabla N° 3.25 Tabla de volumen diario, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	103
Tabla N° 3.26 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C", factor de equivalencia de carga "D" y ESAL diseño "E", para el subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	104
Tabla N° 3.27 Tabla de volumen diario, columna “A”, para el cálculo de ejes equivalentes para el subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	105
Tabla N° 3.28 Tabla de volumen diario columna “A”, factores de crecimiento "B", tránsito de diseño "C", factor de equivalencia de carga "D" y ESAL diseño "E", para el subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	106
Tabla N° 3.29 Porcentaje de camiones pesados (%CP) para el Subtramo de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	108
Tabla N° 3.30 Factor de crecimiento promedio.....	109
Tabla N° 3.31 Factor de equivalencia de carga en camiones.....	110

Tabla N° 3.32 Porcentaje de camiones pesados (%CP) para el Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	112
Tabla N° 3.33 Porcentaje de camiones pesados (%CP) para el Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	114
Tabla N° 3.34 Porcentaje de camiones pesados (%CP) para el Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	116
Tabla N° 3.35 Porcentaje de camiones pesados (%CP) para el Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	119
Tabla N° 3.36 Comparación de valores de número de ejes equivalentes mediante el método riguroso, simplificado y mediante el software Ecuación AASHTO 93 .....	129
Tabla N° 3.37 Ejes equivalentes parciales de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	131
Tabla N° 3.38 Ejes equivalentes parciales de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	133
Tabla N° 3.39 Ejes equivalentes parciales de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	136
Tabla N° 3.40 Ejes equivalentes parciales de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	139
Tabla N° 3.41 Ejes equivalentes parciales de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	142
Tabla N° 3.42 Resumen de ejes equivalentes de todos los pavimentos estudiados .....	145

Tabla N° 3.43 Cálculo del efecto de la carga como de ejes equivalentes por tipo de vehículo de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	146
Tabla N° 3.44 Tipos de vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	147
Tabla N° 3.45 Cálculo del efecto de la carga como de ejes equivalentes por tipo de vehículo de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	147
Tabla N° 3.46 Tipos de vehículos más representativos de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	148
Tabla N° 3.47 Cálculo del efecto de la carga como de ejes equivalentes por tipo de vehículo de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	149
Tabla N° 3.48 Tipos de vehículos más representativos Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	150
Tabla N° 3.49 Cálculo del efecto de la carga como de ejes equivalentes por tipo de vehículo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	150
Tabla N° 3.50 Tipos de vehículos más representativos de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	151
Tabla N° 3.51 Cálculo del efecto de la carga como de ejes equivalentes por tipo de vehículo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz ....	152
Tabla N° 3.52 Tipos de vehículos más representativos de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	153
Tabla N° 3.53 Valores de “R” de confiabilidad.....	154

Tabla N° 3.54 Valores de Desviación estándar.....	154
Tabla N° 3.55 Valores de CBR para subrasante .....	155
Tabla N° 3.56 Valores pavimento flexible.....	156
Tabla N° 3.57 Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	156
Tabla N° 3.58 Tabla de resultados obtenidos de ejes equivalentes y número estructural de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	163
Tabla N° 3.59 Valores para el cálculo del espesor de la subbase de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	165
Tabla N° 3.60 Resumen de resultados de ejes equivalentes y espesores totales Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	165
Tabla N° 3.61 Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	166
Tabla N° 3.62 Tabla de resultados obtenidos de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	170
Tabla N° 3.63 Valores para el cálculo del espesor de la subbase de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	172
Tabla N° 3.64 Resumen de resultados de ejes equivalentes y espesores totales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	172
Tabla N° 3.65 Valores recomendables del coeficiente de drenaje (cd). .....	174

Tabla N° 3.66 Coeficientes de transferencia de cargas.....	175
Tabla N° 3.67 Propiedades estructurales básicas .....	176
Tabla N° 3.68 Tabla de valores pavimento rígido .....	177
Tabla N° 3.69 Valores de los ejes equivalentes actuales y de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	181
Tabla N° 3.70 Tabla de resultados obtenidos de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	185
Tabla N° 3.71 Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón ....	186
Tabla N° 3.72 Tabla de resultados obtenidos de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	190
Tabla N° 3.73 Valores de los ejes equivalentes de los vehículos más representativos Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	191
Tabla N° 3.74 Tabla de resultados obtenidos de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	195
Tabla N° 3.75 Tabla resumen del efecto de carga ejes equivalentes de los vehículos tipo más representativos .....	197
Tabla N° 3.76 Tabla Resumen de espesores de los vehículos tipo más representativos, espesor proyectado y espesor actual en centímetros .....	198

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 2.1 Estructura del pavimento .....	7
Figura 2.2 Estructura del pavimento flexible .....	8
Figura 2.3 Subrasante de terreno.....	9
Figura 2.4 Aspecto de capa base en obra .....	11
Figura 2.5 Pavimento rígido sobre subrasante .....	11
Figura 2.6 Pavimento rígido sobre capa subbase .....	12
Figura 2.7 Pavimento rígido simple sin pasadores.....	13
Figura 2.8 Pavimento rígido con pasadores .....	13
Figura 2.9 Pavimento de concreto reforzado .....	14
Figura 2.10 Pavimento de concreto reforzado .....	14
Figura 2.11 Componentes del pavimento rígido .....	15
Figura 2.12 Tipos de junta de contracción .....	16
Figura 2.13 Tipos de junta de construcción .....	16
Figura 2.14 Tipos de junta de expansión .....	17
Figura 2.15 diseño de modelo de pavimento AASHTO .....	20
Figura 2.16 Configuración vehicular por tipo de ejes.....	23
Figura 2.17 Tipos de eje simple .....	26
Figura 2.18 Ejes tándem.....	26



Figura 2.19 Ejes trídem.....	27
Figura 2.20 Producto Interno Bruto (PIB) Anual.....	39
Figura 2.21 Correlación CBR y módulo de reacción de la subrasante .....	45
Figura 2.22 Correlación CBR y coeficiente de reacción de la subrasante .....	46
Figura 2.23 Módulo compuesto de reacción de la subrasante .....	46
Figura 2.24 Coeficiente estructural de capa asfáltica.....	50
Figura 2.25 Coeficiente estructural para base granular.....	50
Figura 2.26 Coeficiente estructural para subbase granular .....	51
Figura 2.27 Coeficiente estructural para base granular y tratada con cemento .....	51
Figura 2.28 Coeficiente estructural para base tratada con cemento.....	52
Figura 2.29 Número estructural .....	54
Figura 2.30 Transferencia de carga nula= 0 % .....	59
Figura 2.31 Transferencia de carga excelente= 100 % .....	60
Figura 2.32 Espaciamiento máximo recomendado para barras de unión de 13 mm. en pavimentos de hormigón simple. acero grado 40.....	66
Figura 2.33 Programa Ecuación AASHTO 93.....	68
Figura 3.1 Mapa de Bolivia.....	70
Figura 3.2 Plano regional de Tarija.....	71
Figura 3.3 Plano de la Provincia Cercado.....	71
Figura 3.4 Plano de la ciudad de Tarija .....	72

Figura 3.5 Vista Satelital de la Ciudad de Tarija .....	72
Figura 3.6 Avenida Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	75
Figura 3.7 Avenida Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina la calle Colón.....	75
Figura 3.8 Avenida Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	76
Figura 3.9 Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.	77
Figura 3.10 Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	77
Figura 3.11 Curva granulométrica .....	79
Figura 3.12 Interfaz software Ecuación AASHTO 93 .....	121
Figura 3.13 Ecuación AASHTO, pavimento flexible .....	121
Figura 3.14 Ecuación AASHTO, R= 90% .....	122
Figura 3.15 Ecuación AASHTO, So= 0.49, psi inicial= 4.2, psi final= 2.5 y SN= 1.65.....	122
Figura 3.16 Ecuación AASHTO, So= 0.49, psi inicial= 4.2, psi final= 2.5 y SN= 1.65.....	123
Figura 3.17 Ecuación AASHTO, So= 0.49, psi inicial= 4.2, psi final= 2.5 y SN= 1.65.....	123
Figura 3.18 Análisis de cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	124

Figura 3.19 Análisis de cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	124
Figura 3.20 Interfaz software Ecuación AASHTO 93.....	125
Figura 3.21 Ecuación AASHTO, pavimento rígido.....	125
Figura 3.22 Ecuación AASHTO, R=9 0% .....	126
Figura 3.23 Ecuación AASHTO, So= 0.45, psi inicial= 4.0, psi final= 2.5 y W18= 2.8E8.....	126
Figura 3.24 Ecuación AASHTO, So= 0.45, psi inicial=4.0, psi final=2.5 y W18= 2.8E8 .....	127
Figura 3.25 Ecuación AASHTO, So= 0.45, psi inicial= 4.2, psi final= 2.5 y D= 2 plg.....	127
Figura 3.26 Análisis de cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte.....	128
Figura 3.27 Análisis de cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	128
Figura 3.28 Análisis de cálculo del número ejes equivalentes W18 proyectados al 2042 del subtramo Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	129
Figura 3.29 Gráfica de aforo vehicular diario en la Avenida Víctor Paz Estenssoro ....	131
Figura 3.30 Análisis de resultados porcentuales de ejes equivalentes de la Avenida....	132

Figura 3.31 Gráfica de aforo vehicular diario en la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	134
Figura 3.32 Análisis de resultados porcentuales de ejes equivalentes de la Av. Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	135
Figura 3.33 Gráfica de aforo vehicular diario en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	137
Figura 3.34 Análisis de resultados porcentuales de ejes equivalentes de la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	138
Figura 3.35 Gráfica de aforo vehicular diario en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	140
Figura 3.36 Análisis de resultados porcentuales de ejes equivalentes de la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón.....	141
Figura 3.37 Gráfica de aforo vehicular diario en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	143
Figura 3.38 Análisis de resultados porcentuales de ejes equivalentes de la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	144
Figura 3.39 Interfaz software Ecuación AASHTO 93 .....	157
Figura 3.40 Ecuación AASHTO, pavimento flexible .....	157
Figura 3.41 Ecuación AASHTO, R= 90% .....	158
Figura 3.42 Ecuación AASHTO, So= 0.49, psi inicial= 4.2, psi final= 2.5 y W18= 2.3E4.....	158
Figura 3.43 Ecuación AASHTO, So= 0.49, psi inicial=4.2, psi final=2.5 y W18= 2.3E4.....	159

Figura 3.44 Ecuación AASHTO, $S_o = 0.49$ , $\psi_i = 4.2$ , $\psi_f = 2.5$ y $W_{18} = 2.3E4$ .....	159
Figura 3.45 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para los ejes equivalentes actuales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	160
Figura 3.46 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para automóviles y vagonetas en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	160
Figura 3.47 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para minibuses (hasta 15 pasajeros) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	161
Figura 3.48 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	161
Figura 3.49 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	162
Figura 3.50 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	162
Figura 3.51 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones remolque en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	163

Figura 3.52 Gráfica de ejes equivalentes vs número estructural de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario .....	164
Figura 3.53 Gráfica de espesor total vs ejes equivalentes de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bolívar y puente Bicentenario.....	166
Figura 3.54 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para los ejes equivalentes actuales de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	167
Figura 3.55 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para automóviles y vagonetas en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	167
Figura 3.56 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para minibuses (hasta 15 pasajeros) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	168
Figura 3.57 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	168
Figura 3.58 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	169
Figura 3.59 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes) en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	169

Figura 3.60 Análisis de cálculo del número estructural en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones remolque en la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín.....	170
Figura 3.61 Gráfica de ejes equivalentes vs número estructural de la Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	171
Figura 3.62 Gráfica de espesor total vs ejes equivalentes Avenida Víctor Paz Estenssoro entre puente Bicentenario y puente San Martín .....	173
Figura 3.63 Transferencia de carga. ....	175
Figura 3.64 Interfaz software Ecuación AASHTO 93 .....	178
Figura 3.65 Ecuación AASHTO, pavimento rígido.....	178
Figura 3.66 Ecuación AASHTO, R= 90% .....	179
Figura 3.67 Ecuación AASHTO, $S_o = 0.49$ , $\psi_i = 4.2$ , $\psi_f = 2.5$ y $W_{18} = 2.8E8$ .....	179
Figura 3.68 Ecuación AASHTO, $S_o = 0.49$ , $\psi_i = 4.2$ , $\psi_f = 2.5$ y $W_{18} = 2.8E8$ .....	180
Figura 3.69 Ecuación AASHTO, $S_o = 0.49$ , $\psi_i = 4.2$ , $\psi_f = 2.5$ y $W_{18} = 2.8E8$ .....	180
Figura 3.70 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para los ejes equivalentes actuales en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	181
Figura 3.71 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para automóviles y vagonetas en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	182

Figura 3.72 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para minibuses (hasta 15 pasajeros) en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	182
Figura 3.73 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	183
Figura 3.74 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes) en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	183
Figura 3.75 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	184
Figura 3.76 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones remolque en la Av. Circunvalación entre la Av. Froilán Tejerina hasta llegar a la ruta de la carretera Norte .....	184
Figura 3.77 Gráfica de ejes equivalentes vs espesor de losa.....	185
Figura 3.78 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para los ejes equivalentes actuales en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	186
Figura 3.79 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para automóviles y vagonetas en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	187



Figura 3.80 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para minibuses (hasta 15 pasajeros) en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	187
Figura 3.81 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	188
Figura 3.82 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes) en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	188
Figura 3.83 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	189
Figura 3.84 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones remolque en la Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	189
Figura 3.85 Gráfica de ejes equivalentes vs espesor de losa Av. Circunvalación entre Avenida Froilán Tejerina y la calle Colón .....	190
Figura 3.86 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para los ejes equivalentes actuales en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	191
Figura 3.87 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para automóviles y vagonetas en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	192
Figura 3.88 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para minibuses (hasta 15 pasajeros) en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	192

Figura 3.89 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	193
Figura 3.90 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 3 ejes) en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	193
Figura 3.91 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones grandes (más de 10,0 t; de 2 ejes) en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	194
Figura 3.92 Análisis de cálculo del espesor de losa en el software Ecuación AASHTO 93 para camiones remolque en la Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz.....	194
Figura 3.93 Gráfica de ejes equivalentes vs espesor de losa Av. Circunvalación entre la calle Colón y Avenida La Paz .....	195