

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“COMPARACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS  
DE CONCRETO ENTRE LOS MÉTODOS PCA CÁLCULO Y  
STREET PAVE APLICADO A NUESTRA REGIÓN”**

**Por:**

**ROYE VELASCO CARDENAS**

**SEMESTRE - I - 2021**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“COMPARACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS  
DE CONCRETO ENTRE LOS MÉTODOS PCA CÁLCULO Y  
STREET PAVE APLICADO A NUESTRA REGIÓN”**

**Por:**

**ROYE VELASCO CARDENAS**

Proyecto elaborado en la asignatura CIV 502, presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE - I -2021**

**TARIJA - BOLIVIA**

.....  
M.Sc. Ing. Aurelio José Navia Ojeda

**DECANO a.i.**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

.....  
M.Sc. Lic. Deysi Arancibia Marquez

**VICEDECANA a.i.**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Marcelo H. Pacheco N.**

.....  
**Ing. Oscar M. Chávez C.**

.....  
**Ing. José R. Arce A.**

### **ADVERTENCIA**

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

## **DEDICATORIAS**

A mis padres por haberme apoyado  
incondicionalmente para mi  
formación académica.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis profesores y docentes por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartirme sus conocimientos, sin ello no hubiera llegado hasta aquí.

# ÍNDICE GENERAL

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. Introducción .....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del problema .....	2
1.3.1. Situación problemática.....	2
1.3.2. Problema .....	3
1.4. Objetivos del proyecto .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Diseño metodológico.....	4
1.5.1. Unidades de estudio o decisión muestral .....	4
1.6. Métodos y técnicas empleadas .....	5
1.6.1. Métodos.....	5
1.6.2. Técnicas empleadas.....	5
1.6.3. Medios e instrumentos .....	5
1.6.4. Proceso de aplicación.....	6
1.7. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información .....	7
1.7.1. Estadística descriptiva.....	7
1.8. Alcance del estudio de aplicación .....	8

**CAPÍTULO II**  
**MARCO CONCEPTUAL**

	<u>Pág.</u>
2. Pavimentos rígidos.....	10
2.1. Componentes de los pavimentos rígidos.....	11
2.2. Tipos de pavimentos rígidos .....	12
2.2.1. Pavimento de concreto simple sin pasadores .....	13
2.2.2. Pavimento de concreto simple con pasadores.....	14
2.2.3. Pavimento de concreto reforzado con juntas .....	14
2.2.4. Pavimento de concreto con refuerzo continuo .....	15
2.3. Juntas.....	16
2.3.1. Finalidad de las juntas.....	16
2.3.2. Elementos de la junta .....	17
2.3.3. Clases de juntas .....	19
2.4. Diseño .....	22
2.4.1. Metodología PCA.....	22
2.5. Software en el dimensionamiento .....	27
2.5.1. PCA cálculo .....	27
2.5.2. StreetPave.....	38

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA**

	<u>Pág.</u>
3.1.- Ubicación de estudio.....	45
3.2. Características de tramos en estudio .....	45
3.2.1. Avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta mástil .....	45

3.2.2. Ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	46
3.2.3. Avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	46
3.2.4. Calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	47
3.2.5. Avenida Violín Chapaco entre Santa Ana y avenida Virgen de Chaguaya ...	47
3.3. Parámetros de entrada .....	48
3.3.1. Parámetros de entrada software PCA cálculo .....	48
3.3.2. Parámetros de entrada software StreetPave .....	61
3.4. Aplicación del software PCA cálculo .....	65
3.4.1. Avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta mástil .....	65
3.4.2. Ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	68
3.4.3. Avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	69
3.4.4. Calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	74
3.4.5. Avenida Violín Chapaco entre Santa Ana y avenida Virgen de Chaguaya ...	75
3.5. Aplicación del software StreetPave .....	77
3.5.1. Avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta mástil .....	77
3.5.2. Ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	83
3.5.3. Avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	86
3.5.4. Calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	96
3.5.5. Avenida Violín Chapaco Santa Ana y avenida Virgen de Chaguaya .....	99
3.6. Método PCA.....	102
3.6.1. Avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta mástil .....	103
3.6.2. Ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	110
3.6.3. Avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	111
3.6.4. Calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	114
3.6.5. Avenida Violín Chapaco entre Santa Ana y avenida Virgen de Chaguaya .	114

3.7. Software DIPAV (Metodología AASHTO).....	115
3.7.1. Avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta mástil .....	116
3.6.2. Ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	118
3.6.3. Avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	119
3.6.4. Calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	122
3.6.5. Avenida Violín Chapaco entre Santa Ana y avenida Virgen de Chaguaya .	123
3.7. Resultados .....	124
3.8. Análisis de resultados.....	126
3.8.1. Análisis de parámetros de entrada.....	126
3.8.2. Análisis de procedimiento.....	128
3.8.3. Análisis de resultados.....	129

#### CAPITULO IV

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1. Conclusiones .....	143
4.2. Recomendaciones.....	146

Bibliografía

Anexos

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
IlustraciónN°1. Proceso de aplicación.....	6
IlustraciónN°2. Componentes principales del pavimento rígido.....	10
IlustraciónN°3. Comportamiento del pavimento rígido .....	11
IlustraciónN°4. Capas del pavimento rígido .....	11
IlustraciónN°5. Pavimento de concreto simple sin pasadores.....	13
IlustraciónN°6. Pavimento de concreto simple con pasadores.....	14
IlustraciónN°7. Pavimento de concreto reforzado .....	15
IlustraciónN°8. Pavimento con refuerzo continuo .....	15
IlustraciónN°9. Junta transversal .....	19
IlustraciónN°10. Junta longitudinal terminada.....	20
IlustraciónN°11. Junta transversal debida a fin de día de pavimentación.....	21
IlustraciónN°12. Interfaz programa PCA calculo .....	28
IlustraciónN°13. Pantalla de inicio programa PCA.....	30
IlustraciónN°14. Pantalla de datos de diseño .....	31
IlustraciónN°15. Datos generales .....	31
IlustraciónN°16. Sistema de unidades.....	32
IlustraciónN°17. Periodo de diseño.....	32
IlustraciónN°18. Espesor de losa.....	32
IlustraciónN°19. Módulo de rotura .....	33
IlustraciónN°20. Dovelas y bermas.....	33
IlustraciónN°21. Módulo de reacción K.....	34
IlustraciónN°22. Factor de seguridad.....	34

IlustraciónN°23.	Cargas y repeticiones .....	35
IlustraciónN°24.	Barras de anclaje.....	35
IlustraciónN°25.	Calculo de parámetros .....	36
IlustraciónN°26.	Guardar archivos.....	37
IlustraciónN°27.	Guardar archivo desde la barra de herramientas.....	37
IlustraciónN°28.	Ventana de guardar archivos.....	38
IlustraciónN°29.	Introducción de datos del proyecto StreetPave.....	39
IlustraciónN°30.	Introducción datos de tráfico programa StreetPave .....	39
IlustraciónN°31.	Introducción datos de capas para el programa StreetPave.....	40
IlustraciónN°32.	Resultados de espesores.....	40
IlustraciónN°33.	Datos generales .....	41
IlustraciónN°34.	Tipo de diseño.....	41
IlustraciónN°35.	Tipo de tráfico.....	42
IlustraciónN°36.	Referencias de tráfico .....	42
IlustraciónN°37.	Tráfico de camiones.....	43
IlustraciónN°38.	Serviciabilidad final y confiabilidad.....	43
IlustraciónN°39.	CBR de la subrasante.....	44
IlustraciónN°40.	Resistencia del hormigón.....	44
IlustraciónN°41.	Resistencia del hormigón.....	45
IlustraciónN°42.	Tramo avenida circunvalación entre avenida Froilán Tejerina hasta el Mástil .....	45
IlustraciónN°43.	Tramo ingreso a la nueva terminal de la ciudad de Tarija.....	46
IlustraciónN°44.	Tramo avenida Jaime Paz Zamora entre avenida España y calle Padilla .....	47
IlustraciónN°45.	Tramo calle Junín entre avenida Potosí y Andrés Zamora .....	47
IlustraciónN°46.	Tramo avenida Violín Chapaco .....	48

IlustraciónN°47.	Histograma de flujo vehicular diario .....	52
IlustraciónN°48.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo circunvalación (Dirección al mástil).....	66
IlustraciónN°49.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo circunvalación (Dirección a la Torre).....	67
IlustraciónN°50.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo ingreso a la nueva terminal.....	69
IlustraciónN°51.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal).....	70
IlustraciónN°52.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo avenida Jaime Paz (Medio) .....	72
IlustraciónN°53.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo avenida Jaime Paz (Frente) .....	73
IlustraciónN°54.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo calle Junín.....	75
IlustraciónN°55.	Análisis de cálculo del software PCA cálculo para el tramo avenida Violín Chapaco .....	76
IlustraciónN°56.	Datos de tráfico para tramo avenida circunvalación (Sentido mástil) .....	78
IlustraciónN°57.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida circunvalación (Sentido mástil).....	79
IlustraciónN°58.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida circunvalación (Sentido mástil) .....	79
IlustraciónN°59.	Diseño del pavimento para tramo avenida circunvalación (Sentido mástil) .....	80
IlustraciónN°60.	Datos de tráfico para tramo avenida circunvalación (Sentido la torre).....	81

IlustraciónN°61.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida circunvalación (Sentido la torre).....	82
IlustraciónN°62.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida circunvalación (Sentido la torre).....	82
IlustraciónN°63.	Diseño del pavimento para tramo avenida circunvalación (Sentido la torre).....	83
IlustraciónN°64.	Datos de tráfico para tramo ingreso a la nueva terminal .....	84
IlustraciónN°65.	Datos detalles de diseño general para tramo ingreso a la nueva terminal .....	85
IlustraciónN°66.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo ingreso a la nueva terminal .....	85
IlustraciónN°67.	Diseño del pavimento para tramo ingreso a la nueva terminal.....	86
IlustraciónN°68.	Datos de tráfico para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Ex terminal).....	88
IlustraciónN°69.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Ex terminal).....	88
IlustraciónN°70.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Ex terminal).....	89
IlustraciónN°71.	Diseño del pavimento para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Ex terminal).....	89
IlustraciónN°72.	Datos de tráfico para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Medio).....	91
IlustraciónN°73.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Medio).....	91
IlustraciónN°74.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Medio).....	92
IlustraciónN°75.	Diseño del pavimento para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Medio) .....	92
IlustraciónN°76.	Datos de tráfico para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Frente).....	94

IlustraciónN°77.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Frente) .....	94
IlustraciónN°78.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Frente) .....	95
IlustraciónN°79.	Diseño del pavimento para tramo avenida Jaime Paz Zamora (Frente).....	95
IlustraciónN°80.	Datos de tráfico para tramo calle Junín .....	97
IlustraciónN°81.	Datos detalles de diseño general para tramo calle Junín .....	97
IlustraciónN°82.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo calle Junín.....	98
IlustraciónN°83.	Diseño del pavimento para tramo calle Junín .....	98
IlustraciónN°84.	Datos de tráfico para tramo avenida Violín Chapaco .....	100
IlustraciónN°85.	Datos detalles de diseño general para tramo avenida Violín Chapaco .....	100
IlustraciónN°86.	Datos detalles de diseño del concreto para tramo avenida Violín Chapaco .....	101
IlustraciónN°87.	Diseño del pavimento para tramo avenida Violín Chapaco .....	101
IlustraciónN°88.	Esfuerzo equivalente método PCA.....	105
IlustraciónN°89.	Grafica para el numero permisible de repeticiones por fatiga .....	106
IlustraciónN°90.	Factor de erosión método PCA.....	107
IlustraciónN°91.	Grafica para el numero permisible de repeticiones por erosión .....	108
IlustraciónN°92.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida circunvalación (Dirección mástil).....	116
IlustraciónN°93.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida circunvalación (Dirección mástil).....	117
IlustraciónN°94.	Análisis de cálculo del software DIPAV para el ingreso a la terminal .....	118

IlustraciónN°95.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida Jaime Paz (Ex terminal).....	119
IlustraciónN°96.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida Jaime Paz(Medio).....	120
IlustraciónN°97.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida Jaime Paz(Frente).....	121
IlustraciónN°98.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la calle Junín .....	122
IlustraciónN°99.	Análisis de cálculo del software DIPAV para la avenida Violín Chapaco .....	123
IlustraciónN°100.	Espesores para el tramo avenida circunvalación (Dirección mástil) .....	129
IlustraciónN°101.	Espesores para el tramo avenida circunvalación (Dirección la torre).....	129
IlustraciónN°102.	Espesores para el tramo ingreso a la nueva terminal .....	130
IlustraciónN°103.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal) .....	131
IlustraciónN°104.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Medio).....	131
IlustraciónN°105.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Frente).....	132
IlustraciónN°106.	Espesores para el tramo calle Junín .....	133
IlustraciónN°107.	Espesores para el tramo avenida Violín Chapaco.....	134
IlustraciónN°108.	Espesores para el tramo avenida circunvalación (Dirección mástil) .....	135
IlustraciónN°109.	Espesores para el tramo avenida circunvalación (Dirección la torre).....	135
IlustraciónN°110.	Espesores para el tramo ingreso a la nueva terminal .....	136
IlustraciónN°111.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal) .....	137
IlustraciónN°112.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Medio).....	137
IlustraciónN°113.	Espesores para el tramo avenida Jaime Paz (Frente).....	138

IlustraciónN°114. Espesores para el tramo calle Junín .....	138
IlustraciónN°115. Grafica Espesor vs Modulo de reacción .....	140
IlustraciónN°116. Grafica Espesor vs ESALs.....	141

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1.	Separación entre juntas ..... 21
Tabla N°2.	Valores k de diseño para subbase granular ..... 23
Tabla N°3.	Valores k de diseño para subbase tratada con cemento ..... 24
Tabla N°4.	Periodo de análisis ..... 25
Tabla N°5.	Porcentaje de confiabilidad..... 27
Tabla N°6.	Periodo de análisis para los diferentes tramos en estudio..... 49
Tabla N°7.	Módulo de reacción de la subrasante ..... 49
Tabla N°8.	Características de muestra de suelo ..... 50
Tabla N°9.	Aforo diario del tramo avenida circunvalación ..... 52
Tabla N°10.	Volúmenes de horas pico para el tramo de la circunvalación..... 53
Tabla N°11.	Trafico promedio diario (Hacia el mástil) ..... 53
Tabla N°12.	Tráfico promedio diario (Hacia la torre)..... 54
Tabla N°13.	Tránsito de diseño para dirección hacia el mástil ..... 55
Tabla N°14.	Tránsito de diseño para tramo en dirección hacia la torre ..... 56
Tabla N°15.	Tabla resumen de factores equivalentes para los distintos tipos de vehículos ..... 57
Tabla N°16.	Ejes equivalentes para el tramo de la avenida circunvalación en dirección al mástil..... 58
Tabla N°17.	Ejes equivalentes para el tramo de la avenida circunvalación en dirección a la torre ..... 58
Tabla N°18.	Tabla resumen ejes equivalentes para la presente gestión ..... 59
Tabla N°19.	Tabla resumen del volumen de vehículos para la presente gestión y año de ejecución..... 60
Tabla N°20.	Tabla resumen ejes equivalentes para el año de construcción ..... 60

Tabla N°21.	Resumen Periodo de análisis .....	62
Tabla N°22.	Resumen de serviciabilidad final .....	63
Tabla N°23.	Resumen módulo de reacción de la subrasante .....	63
Tabla N°24.	Resumen vehículos pesados por día para gestión 2021 .....	64
Tabla N°25.	Resumen vehículos pesados por día para año de ejecución.....	64
Tabla N°26.	Parámetros de entrada Tramo circunvalación (Dirección Mástil) .....	65
Tabla N°27.	Parámetros de entrada Tramo circunvalación (Dirección la torre)....	67
Tabla N°28.	Parámetros de entrada Tramo ingreso a la nueva terminal .....	68
Tabla N°29.	Parámetros de entrada Tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal) .....	70
Tabla N°30.	Parámetros de entrada tramo avenida Jaime Paz (Medio) .....	71
Tabla N°31.	Parámetros de entrada tramo avenida Jaime Paz (Frente) .....	73
Tabla N°32.	Parámetros de entrada tramo calle Junín .....	74
Tabla N°33.	Parámetros de entrada tramo avenida Violín Chapaco .....	76
Tabla N°34.	Parámetros de entrada tramo circunvalación (Dirección Mástil) .....	77
Tabla N°35.	Parámetros de entrada tramo circunvalación (Dirección la torre) .....	80
Tabla N°36.	Parámetros de entrada tramo ingreso a la nueva terminal .....	83
Tabla N°37.	Parámetros de entrada tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal).....	87
Tabla N°38.	Parámetros de entrada tramo Avenida Jaime Paz (Medio).....	90
Tabla N°39.	Parámetros de entrada tramo avenida Jaime Paz (Frente) .....	93
Tabla N°40.	Parámetros de entrada tramo calle Junín .....	96
Tabla N°41.	Parámetros de entrada tramo avenida Violín Chapaco .....	99
Tabla N°42.	Metodología de cálculo PCA .....	103
Tabla N°43.	Parámetro de entrada para el tramo avenida circunvalación (Dirección mástil) .....	103
Tabla N°44.	Calculo para la metodología PCA para el tramo avenida circunvalación (Dirección mástil).....	104

Tabla N°45.	Parámetros de entrada para el tramo avenida circunvalación (Dirección la torre).....	109
Tabla N°46.	Cálculo para la metodología PCA para el tramo avenida circunvalación (Dirección la torre).....	109
Tabla N°47.	Parámetros de entrada para el tramo ingreso a la terminal .....	110
Tabla N°48.	Calculo para la metodología PCA para el tramo ingreso a la terminal .....	110
Tabla N°49.	Parámetros de entrada para el tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal).....	111
Tabla N°50.	Calculo para la metodología PCA para el tramo avenida Jaime Paz (Ex terminal).....	111
Tabla N°51.	Parámetro de entrada para el tramo avenida Jaime Paz (Medio).....	112
Tabla N°52.	Calculo para la metodología PCA para el tramo avenida Jaime Paz (Medio) .....	112
Tabla N°53.	Tabla 50. Parámetros de entrada para el tramo avenida Jaime Paz (Frente).....	113
Tabla N°54.	Cálculo para la metodología PCA para el tramo avenida Jaime Paz (Frente).....	113
Tabla N°55.	Parámetros de entrada para la calle Junín.....	114
Tabla N°56.	Calculo para la metodología PCA para la calle Junín .....	114
Tabla N°57.	Parámetros de entrada para la avenida Violín Chapaco .....	115
Tabla N°58.	Cálculo para la metodología PCA para la avenida Violín Chapaco	115
Tabla N°59.	Espesores de pavimento con el software PCA cálculo .....	124
Tabla N°60.	Espesores de pavimento con el software StreetPave .....	124
Tabla N°61.	Espesores de pavimento con la metodología PCA .....	125
Tabla N°62.	Espesores de pavimento con el software DIPAV .....	125
Tabla N°63.	Espesores reales .....	126

Tabla N°64.	Parámetros de entrada software DIPAV .....	126
Tabla N°65.	Valores extremos espesor vs módulo de reacción .....	140
Tabla N°66.	Valores extremos espesor vs ESALs .....	141

