

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
PAVIMENTOS URBANOS DE LA CIUDAD DE TARIJA QUE
INCLUYE EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA Y LA
SEÑALIZACIÓN”**

Por:

MARÍA JOSE DELGADO FARFÁN

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

Semestre I – 2024

TARIJA - BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
PAVIMENTOS URBANOS DE LA CIUDAD DE TARIJA QUE
INCLUYE EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA Y LA
SEÑALIZACIÓN”**

Por:

MARÍA JOSE DELGADO FARFÁN

Semestre I – 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

El presente trabajo de Proyecto de Grado es dedicado a mi padre Edwin Delgado que desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis metas, a mi madre Yola Farfán mi pilar más importante, a mi hermana Milagros y a toda mi familia porque ellos me dieron las fuerzas para seguir adelante y poder culminar esta etapa de mi vida, también a Alexis, María y Tatiana por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación del proyecto de aplicación	2
1.3 Planteamiento del problema	3
1.3.1 Situación problemática	3
1.3.2 Problema:	4
1.4 Objetivos de proyecto de aplicación	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Variables	5
1.6.1 Variable independiente	5
1.6.2 Variable dependiente.....	5
1.7 Conceptualización de variables.....	5
1.8 Diseño metodológico	7
1.8.1 Unidades de estudio	7
1.8.2 Población.....	7
1.8.3 Muestra.....	7
1.8.4 Tamaño muestreo	7
1.9 Tipo de investigación	7
1.10 Métodos y técnicas empleadas	8
1.10.1 Método	8
1.10.2 Técnicas empleadas.....	8
1.10.3 Metodología de trabajo	10
1.11 Alcance del estudio de aplicación.....	11

CAPITULO II
CONSIDERACIONES GENERALES

	Página
2.1	Generalidades sobre pavimentos..... 13
2.1.1	Definición de pavimentos 13
2.1.2	Tipos de pavimentos 13
2.1.3	Pavimentos flexibles 14
2.1.4	Pavimento rígido 15
2.2	Deterioros de la superficie pavimento flexible 15
2.3	Deterioros de la superficie pavimento rígido 17
2.4	Evaluación de pavimento 18
2.4.1	Evaluación superficial 19
2.4.2	Evaluación Estructural 19
2.4.3	Métodos de evaluación superficial..... 20
2.4.4	Método de evaluación Índice de Regularidad Internacional IRI 20
2.4.4.1	Regularidad 20
2.4.4.2	Índice de Regularidad Internacional 21
2.4.4.3	Causas posibles de la rugosidad 22
2.4.4.4	Ventajas de un pavimento sin rugosidad..... 22
2.4.4.5	Factores que afectan la rugosidad de los pavimentos 23
2.4.4.6	Rugosímetro de Merlín 23
2.4.4.7	Metodología para la determinación de la Rugosidad con Merlín 27
2.4.5	Método de evaluación PCI (Pavement Condition Index) Índice de Condición del pavimento 29
2.4.5.1	Índice de condición del pavimento 30
2.4.5.2	Procedimiento de medición del PCI..... 31
2.4.5.3	Severidad:..... 31
2.4.5.4	Unidades de muestreo 32
2.4.5.5	Determinación de las unidades de muestreo para evaluación 33

2.4.5.6	Selección de las unidades de muestreo para inspección	33
2.4.5.7	Evaluación de la condición	34
2.4.5.8	Metodología para el cálculo del PCI.....	35
2.4.5.9	Criterios a considerar en la inspección de fallas	37
2.5	Comportamiento de los pavimentos.....	38
2.5.1	Etapas de construcción.....	38
2.5.2	Etapas de deterioro lento y poco visible.....	38
2.5.3	Etapas de deterioro acelerado y de quiebre	39
2.5.4	Etapas de descomposición total.....	39
2.6	Gestión de pavimentos	40
2.6.1	Niveles en la gestión de pavimentos	43
2.6.2	Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos	44
2.6.2.1	Inventario de la red.....	44
2.6.2.2	Condición de los pavimentos	45
2.6.2.3	Estrategias de mantenimiento	45
2.6.2.4	Necesidades de la red.....	45
2.6.3	Conservación de pavimentos.....	46
2.6.3.1	Organización	47
2.6.3.2	Comparación de gestión de pavimentos con otros países	47
2.7	Señalización	50
2.7.1	Tránsito	50
2.7.2	Señalización horizontal	52
2.7.3	Señalización Vertical	54
2.7.4	Semaforización.....	56
2.7.5	Reductores de velocidad vehicular.....	57
2.8	Mantenimiento y conservación y diagnóstico de la señalización	60
2.8.1	Mantenimiento rutinario	60
2.8.2	Conservación rutinaria	61
2.8.3	Diagnóstico de elementos de la señalización	61

CAPITULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1 Antecedentes	63
3.2 Ubicación	64
3.3 Materiales y métodos empleados	66
3.4 Estudio de trafico	70
3.4.1 Determinación de las horas pico	70
3.4.2 Determinación de volumen de trafico	73
3.5 Aplicación de la evaluación superficial índice de condición del pavimento ...	76
3.5.1 Patologías del pavimento rígido y pavimento flexible.....	76
3.5.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento flexible	77
3.5.3 Muestreo y unidades de muestra	77
3.5.3.1 Procedimiento de cálculo de PCI pavimento flexible	78
3.5.3.2 Procedimiento de cálculo de PCI pavimento rígido.....	81
3.6 Procedimiento de la evaluación funcional mediante el rugosímetro de Merlín.....	84
3.7 Evaluación de la señalización	88
3.7.1 Inventario de los elementos de seguridad vial en el tramo de estudio	88

CAPITULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1 Evaluación superficial	93
4.2 Evaluación funcional	105
4.3 Curva de deterioro	107
4.4 Diagnóstico de la señalización	111
4.5 Presupuesto de mantenimiento	124
4.6 Propuesta de gestión de pavimentos.....	126

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones	132
5.2 Recomendaciones.....	135

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1: Autorización provisional

ANEXO 2: Aforo de trafico

ANEXO 3: Relevamiento del pavimento y Evaluación del “PCI” tramo Av. Integración

ANEXO 4: Relevamiento del pavimento y Evaluación del “PCI” tramo Av.

Circunvalación

ANEXO 5: Evaluación Funcional del pavimento “IRI” tramo Av. Integración

ANEXO 6: Evaluación Funcional del pavimento “IRI” tramo Av. Circunvalación

ANEXO 7: Presupuesto

ANEXO 8: Planos de la señalización

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Conceptualización de variables.....	6
Tabla 1.2 Conceptualización de variables de deterioro	6
Tabla 2.1 Clasificación IRI	28
Tabla 2.2 Rangos De Clasificación PCI.....	30
Tabla 2.3 Planilla de muestreo de datos PCI.....	31
Tabla 2.4 Longitudes de unidades de muestreo	32
Tabla 2.5 Comparación de gestión de pavimentos	48
Tabla 2.6 Esquemas de comparación de gestión de pavimentos	49
Tabla 2.7 Resumen de señalización vertical	55
Tabla 2.8 Factores y efectos de elementos de seguridad vial	62
Tabla 3.1 Características del tramo Avenida Integración	63
Tabla 3.2 Características del tramo Avenida Circunvalación.....	64
Tabla 3.3 Tabla de registro de fallas PCI.....	68
Tabla 3.4 Determinación de las horas pico Av. Integración rotonda Cine Megacenter.....	70
Tabla 3.5 Determinación de las horas pico rotonda del avión av. gran chaco y Av. Circunvalación	72
Tabla 3.6 Volúmenes de tráfico Av. Integración tramo de ida	73
Tabla 3.7 Volúmenes de tráfico Av. Integración tramo de vuelta	74
Tabla 3.8 Volúmenes de tráfico Av. Circunvalación tramo de ida.....	75
Tabla 3.9 Volúmenes de tráfico Av. Circunvalación tramo de vuelta	75
Tabla 3.10 Patologías del pavimento	76

Tabla 3.11 Selección de muestra PCI	78
Tabla 3.12 Tabla PCI Av. Integración	79
Tabla 3.13 Valor deducido Av. Integración.....	80
Tabla 3.14 PCI Av. Circunvalación	83
Tabla 3.15 Valor deducido Corregido Av. Circunvalación	84
Tabla 3.16 Datos de campo IRI.....	86
Tabla 3.17 Rango de Rugosidad	88
Tabla 3.18 Señalización vial tramo Ida Av. Circunvalación	89
Tabla 3.19 Señalización vial tramo vuelta Av. Circunvalación.....	89
Tabla 3.20 Señalización vial tramo Ida Av. Integración.....	90
Tabla 3.21 Señalización vial tramo Vuelta Av. Integración	91
Tabla 4.1 Análisis PCI Av. Integración Ida	93
Tabla 4.2 Rangos de calificación del PCI	94
Tabla 4.3 % de Cantidad de Fallas Av. Integración.....	95
Tabla 4.4 PCI Av. Integración vuelta	96
Tabla 4.5 % de Cantidad de fallas Av. Integración tramo Vuelta.....	98
Tabla 4.6 Avenida circunvalación PCI tramo ida	99
Tabla 4.7 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo Ida.....	100
Tabla 4.8 Avenida circunvalación PCI tramo vuelta	101
Tabla 4.9 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo vuelta	103
Tabla 4.10 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Integración ida	105
Tabla 4.11 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Integración vuelta	105
Tabla 4.12 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Circunvalación.....	106
Tabla 4.13 Resumen de evaluación funcional IRI Av. Circunvalación.....	106

Tabla 4.14 Resumen de los efectos seguridad vial	111
Tabla 4.15 Pasos peatonales Av. Circunvalación	123
Tabla 4.16 Presupuesto de mantenimiento Av. Integración tramo ida	124
Tabla 4.17 Presupuesto de mantenimiento Av. Integración tramo vuelta	124
Tabla 4.18 Presupuesto de mantenimiento Av. Circunvalación tramo ida	125
Tabla 4.19 Presupuesto de mantenimiento Av. Circunvalación tramo vuelta	125
Tabla 4.20 Presupuesto señalización Av. Integración	125
Tabla 4.21 Presupuesto señalización Av. Circunvalación	126
Tabla 4.22 Plan de mantenimiento según el tipo de falla	131
Tabla 5.1 Resumen Calificación PCI	132
Tabla 5.2 Resumen Calificación IRI	133
Tabla 5.3 Paso Peatonal Avenida Circunvalación	134

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Flujograma metodología del trabajo	10
Figura 2.1 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	13
Figura 2.2 Esquema del comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	14
Figura 2.3 Estructura Pavimento Rígido	15
Figura 2.4 Escala de IRI (m/km).....	21
Figura 2.5 Rugosímetro de Merlín	24
Figura 2.6 Esquema del rugosímetro de Merlín.....	25
Figura 2.7 Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto al nivel de referencia	26
Figura 2.8 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto a la cuerda promedio utilizando Merlín	27
Figura 2.9 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.....	28
Figura 2.10 Deterioro de los pavimentos a través del tiempo.....	40
Figura 2.11 Datos del sistema de gestión.....	42
Figura 2.12 Estructura general de un sistema de gestión de pavimentos	44
Figura 2.13 Demarcaciones de paso peatonal	52
Figura 2.14 Demarcaciones de líneas.....	54
Figura 2.15 Tipos de señalización vertical.....	55
Figura 2.16 Semaforización	57
Figura 2.17 Resalto	58
Figura 2.18 Dimensiones del resalto.....	58

Figura 2.19 Colocación de tachas	60
Figura 3.1 Tramos Av. Circunvalación entre av. Gran chaco y Av. San Bernardo	65
Figura 3.2 Tramo de estudio Av. Integración entre colegio Aniceto Arce y rotonda Juan Pablo	66
Figura 3.3 Flexómetro de 5 m de longitud	67
Figura 3.4 Wincha plástica de 50 m de longitud	67
Figura 3.5 Regla metálica de 30 cm de longitud	67
Figura 3.6 Cámara Fotográfica	68
Figura 3.7 Bicicleta de Merlín	69
Figura 3.8 Cono reflectante de seguridad	69
Figura 3.9 Chaleco reflectante de seguridad	69
Figura 3.10 Determinación horas pico Av. Integración	71
Figura 3.11 Determinación horas pico Av. Circunvalación	72
Figura 3.12 Comparación de tráfico sentido Ida-Vuelta	74
Figura 3.13 Comparación de tráfico sentido ida-vuelta Av. Circunvalación	76
Figura 3.14 Materiales para determinación de falla	77
Figura 3.15 Calibración del dispositivo Merlín	84
Figura 3.16 Ajuste del factor “D” bicicleta de Merlín	85
Figura 3.17 Ubicación del dispositivo bicicleta de Merlín	85
Figura 3.18 Lecturación de datos bicicleta de Merlín	86
Figura 3.19 Histograma de distribución IRI	87
Figura 3.20 Indicador de la señalización vial tramo Ida Av. Circunvalación	89
Figura 3.21 Indicador de la señalización vial tramo vuelta Av. Circunvalación	90
Figura 3.22 Indicador de la señalización vial tramo ida Av. Integración	91
Figura 3.23 Indicador de la señalización vial tramo vuelta Av. Integración	92

Figura 4.1 % de Calificación de PCI tramo Ida	94
Figura 4.2 % de Cantidad de Fallas Av. Integración tramo Ida.....	95
Figura 4.3 % de Calificación de PCI Av. Integración tramo vuelta	97
Figura 4.4 Calificación tramo ida y vuelta.....	97
Figura 4.5 % de Cantidad de fallas Av. Integración tramo vuelta	98
Figura 4.6 % Fallas PCI Av. Circunvalación tramo Ida	100
Figura 4.7 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo Ida.....	101
Figura 4.8 % Fallas PCI Av. Circunvalación tramo Vuelta.....	102
Figura 4.9 Calificación Tramos ida y vuelta.....	102
Figura 4.10 % de Cantidad de fallas Av. Circunvalación tramo vuelta.....	103
Figura 4.11 Curva de deterioro Av. Integración tramo de ida	107
Figura 4.12 Curva de deterioro Av. Integración tramo de vuelta	108
Figura 4.13 Curva de deterioro Av. Circunvalación tramo de ida.....	109
Figura 4.14 Curva de deterioro Av. Circunvalación tramo de vuelta	110
Figura 4.15 Señalización vertical de advertencia prog. 0+170 y prog 0+260	112
Figura 4.16 Señalización vertical de advertencia prog. 0+280 y prog 0+440	112
Figura 4.17 Señalización vertical restrictiva prog. 0+480 y prog 0+610.....	113
Figura 4.18 Señalización informativa de destino prog. 0+620 y prog 0+760.....	113
Figura 4.19 Señalización informativa de destino prog. 0+500 y prog 1+000.....	114
Figura 4.20 Señalización vertical de advertencia prog. 0+620	114
Figura 4.21 Señalización Horizontal prog. 0+995 y prog. 1+485.....	115
Figura 4.22 Reductor de velocidad prog. 0+030 y prog. 0+330	115
Figura 4.23 Reductor de velocidad prog. 1+355.....	116
Figura 4.24 Señalización vertical de advertencia prog. 0+265 y prog 1+300	116

Figura 4.25 Señalización vertical restrictiva prog. 0+310 y prog 1+425.....	117
Figura 4.26 Señalización vertical de advertencia prog. 1+240.....	117
Figura 4.27 Señalización Horizontal prog. 1+490 y prog. 0+010.....	118
Figura 4.28 Reductor de velocidad prog. 1+260 y prog. 1+497.....	118
Figura 4.29 Señalización vertical informativa prog. 0+340 y prog. 0+990.....	119
Figura 4.30 Señalización vertical prog. 0+225 y prog 0+710.....	119
Figura 4.31 Semáforo prog. 0+360 y prog 0+380.....	120
Figura 4.32 Semáforo prog. 1+010.....	120
Figura 4.33 Señalización vertical restrictiva prog. 0+810 y prog 0+950.....	121
Figura 4.34 Señalización vertical prog. 0+160 y prog 0+880.....	121
Figura 4.35 Señalización vertical informativa prog. 0+335 y prog. 0+660.....	122
Figura 4.36 Señalización vertical informativa prog. 0+165 y prog. 0+143.....	122
Figura 4.37 Semáforo prog. 0+000 y prog. 0+660.....	123
Figura 4.38 Propuesta de Gestión de Pavimentos.....	129