

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



**“EVALUACIÓN DEL DETERIORO SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL
DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS AVENIDAS GUILLERMO
BELTRÁN - SAN LUIS”**

Por:

EDSON RODRIGO MAMANI JIRÓN

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 DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL DETERIORO SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL
DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EN LAS AVENIDAS GUILLERMO
BELTRÁN - SAN LUIS”**

Por:

EDSON RODRIGO MAMANI JIRÓN

SEMESTRE I - 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este trabajo les dedico especialmente a mis padres Martin Mamani y Miriam Jirón que, gracias a su apoyo incondicional día a día para darme ánimos a seguir adelante, a mi madre que con su amor y consejos actualmente puedo culminar una etapa de mi vida, ya que sin ellos no lo hubiera logrado.

A mis hermanos Ana y Alexander que gracias a su cariño incondicional en los momentos más difíciles me supieron dar carácter en mi formación como persona para seguir en pie cada día.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes	1
1.2. Situación problémica.....	2
1.2.1. Problema	2
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	5
1.7. Identificación del tipo de investigación	5
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.8.1. Unidad de estudio.....	6
1.8.2. Población.....	6
1.8.3. Muestra.....	7
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.9. Métodos y técnicas empleadas	7
1.9.1. Métodos.....	7
1.9.2. Técnicas.....	8
1.10. Procesamiento de la información.....	8
1.11. Alcance de la investigación.....	8

CAPÍTULO II
EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

	Página
2.1. Pavimento.....	10
2.1.1. Estructura de un pavimento.....	11
2.1.2. Clasificación de pavimentos	11
2.2. Pavimento flexible	16
2.2.1. Características del pavimento flexible	17
2.2.2. Duración de un pavimento flexible.....	20
2.3. Evaluación superficial.....	20
2.3.1. Método de PCI (Índice de condición de pavimento)	21
2.3.2. Aplicación del método PCI.....	22
2.3.3. Evaluación de la condición	23
2.3.4. Cálculo del PCI.....	23
2.3.5. Fallas y niveles de severidad.....	25
2.4. Método del índice internacional de rugosidad (IRI)	48
2.4.1. Equipos para la medición del IRI.....	49
2.4.2. Método IRI con el rugosímetro de Merlín	50
2.5. Índice de serviciabilidad presente (PSI).....	54
2.6. Evaluación estructural.....	56
2.6.1. Métodos indirectos de evaluación estructural.....	56
2.6.2. Medición de deflexiones por medio de cargas estáticas	57
2.6.3. Viga Benkelman.....	58
2.6.4. Ensayo viga Benkelman.....	59
2.6.4.1. Equipo requerido.....	59
2.6.5. Procedimiento de la medición y cálculo	59
I. Marco referencial.....	62
II. Marcos normativo.....	64

CAPÍTULO III

RELEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. Ubicación	65
3.2. Antecedentes del tramo de estudio.....	69
3.3. Relevamiento de información	69
3.4. Evaluación superficial del tramo.....	71
3.4.1. Aplicación del método PCI	71
3.4.1.1. Unidades de muestreo.	71
3.4.1.2. Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación.	72
3.4.1.3. Selección de las unidades de muestreo para la inspección.	73
3.4.1.4. Procedimientos del PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	73
3.4.1.5. Procedimiento de imágenes de PCI (Índice de condición del pavimento).....	82
3.4.2. Aplicación del método del IRI con el equipo Merlín.....	84
3.4.2.1. Procedimiento de medición del IRI con el equipo Merlín	84
3.4.2.2. Imágenes del ensayo de IRI	88
3.4.3. Aplicación del método del PSI.....	89
3.4.3.1. Procedimiento de cálculo PSI	89
3.5. Evaluación estructural.....	91
3.5.1 Procedimiento de medición viga Benkelman.....	91
3.5.2 Imágenes del ensayo con la viga Benkelman.....	100

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

	Página
4.1. Evaluación superficial por el método PCI	103
4.1.1. Resultados parciales del método PCI.....	103
4.1.2. Análisis de resultados del PCI (Índice de condición del pavimento).....	104

4.2. Evaluación superficial con el método IRI.....	106
4.2.1. Resultados parciales del método IRI.....	106
4.2.2. Análisis de los resultados del método IRI.....	106
4.3. Evaluación superficial con el método PSI	106
4.4. Análisis de la relación PCI, IRI y PSI.....	107
4.4.1. Diagnóstico general del estado del pavimento.....	109
4.5. Evaluación estructural con el método viga Benkelman	109
4.5.1. Análisis de los resultados del método de la viga Benkelman	109
4.6. Análisis para el tipo de mantenimiento	110
4.6.1. Descripción de las actividades	111
4.6.2. Cómputos métricos.....	113
4.6.3. Costo de la obra.....	114

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones.....	115
5.2. Recomendaciones.....	116

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXOS I: CÁLCULOS DEL PCI

ANEXOS II: CÁLCULOS DEL IRI

ANEXOS III: CÁLCULOS DEL PSI

ANEXOS IV: CÁLCULOS DE LA VIGA BENKELMAN

ANEXOS V: FOTOS

ANEXOS VI: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXOS VII: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXOS VIII: PRECIOS UNITARIOS

ANEXOS IX: PRESUPUESTO GENERAL

ANEXOS X: PLANOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1: Paquete estructural.....	11
Figura 2: Estructura de un pavimento flexible.....	12
Figura 3: Estructura de un pavimento semi-rigido.....	14
Figura 4: Estructura de un pavimento rigido.....	15
Figura 5: Pavimento híbrido.....	16
Figura 6: Ciclo de vida de un pavimento.....	19
Figura 7: Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación.....	19
Figura 8: Piel de cocodrilo.....	27
Figura 9: Exudación.....	29
Figura 10: Agrietamiento en bloques.....	30
Figura 11: Abultamientos y hundimientos.....	32
Figura 12: Corrugación.....	33
Figura 13: Grieta de borde.....	34
Figura 14: Fisuras de reflexión de junta.....	36
Figura 15: Fisuras de reflexión de junta.....	37
Figura 16: Fisuras longitudinales y transversales.....	39
Figura 17: Parcheo.....	41
Figura 18: Agregado pulido.....	42
Figura 19: Huecos.....	44
Figura 20: Ahuellamiento.....	45
Figura 21: Fisura parabólica.....	46
Figura 22: Hinchamientos.....	48
Figura 23: Equipo para la medición de la rugosidad superficial con Merlín.....	50
Figura 24: Desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio.....	51
Figura 25: Histograma de la distribución de frecuencias.....	52
Figura 26: Esquema del rugosímetro Merlín.....	53
Figura 27: Esquema viga Benkelman.....	58
Figura 28: Esquema y principio de operación de la viga Benkelman.....	60

Figura 29: Ubicación del tramo.....	65
Figura 30: Inicio del tramo del proyecto.....	66
Figura 31: Punto de inicio del tramo.....	66
Figura 32: Final del tramo del proyecto.....	67
Figura 33: Punto de final del tramo.....	67
Figura 34: Foto satelital del tramo	68
Figura 35: Sección transversal tramo Guillermo Beltrán – San Luis.....	69
Figura 36: Espesores paquete estructural del tramo Guillermo Beltrán	70
Figura 37: Espesores paquete estructural del tramo San Luis.....	71
Figura 38: Progresivas para el PCI.....	82
Figura 39: Inspección del tramo.....	83
Figura 40: Estudio del tramo con el método PCI.....	83
Figura 41: Calibración del equipo de Merlín	88
Figura 42: Equipo de Merlín.....	88
Figura 43: Lectura con el equipo Merlín.....	89
Figura 44: Pasaje de la volqueta en la balanza electrónica	100
Figura 45: Calibración del equipo.....	100
Figura 46: Ensayo de la viga Benkelman.....	101
Figura 47: Marcado de distancias	101
Figura 48: Lectura de temperatura	102

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente	5
Tabla 2: Población.....	7
Tabla 3: Escala de clasificación del PCI.....	21
Tabla 4: Niveles de severidad para huecos	43
Tabla 5: Equipos para la medición del IRI.....	49
Tabla 6: Rango de calificación del PSI.....	55
Tabla 7: Paquete estructural de los tramos.....	69
Tabla 8: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.	72
Tabla 9: Ejemplo de relevamiento de fallas	74
Tabla 10: Condición del pavimento tramo 1	76
Tabla 11: Condición del pavimento tramo 2.....	77
Tabla 12: Condición del pavimento tramo 3.....	78
Tabla 13: Condición del pavimento tramo 4.....	79
Tabla 14: Condición del pavimento tramo 5.....	80
Tabla 15: Condición del pavimento	81
Tabla 16: Rango de rugosidad.....	86
Tabla 17: Resultados del IRI de todo el tramo (ida).	87
Tabla 18: Resultados del IRI de todo el tramo (vuelta).	87
Tabla 19: Total de datos obtenidos de resultados del PSI.....	91
Tabla 20: Resultados de la viga Benkelman en el carril derecho (ida).....	94
Tabla 21: Resultados de la viga Benkelman en el carril izquierdo (vuelta).....	97
Tabla 22: Resultados del tramo evaluado por cada kilómetro.	103
Tabla 23: Resultado total del tramo evaluado en general	104
Tabla 24: Porcentaje de fallas más representativas en general	104
Tabla 25: Resultado del tramo evaluado en general	106
Tabla 26: Clasificación del rango de rugosidad.....	106
Tabla 27: Resultado del tramo evaluado en general	107
Tabla 28: Rango de relación IRI, PCI, PSI.....	108

Tabla 29: Resultados del PCI, IRI, PSI.....	109
Tabla 30: Intervención en base a rango PCI	110
Tabla 31: Cómputos métricos de mantenimiento.....	113
Tabla 32: Presupuesto general	114
Tabla 33: Aforo vehicular en las avenidas Guillermo Beltrán – San Luis.....	114

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1: Niveles de investigación	6
Gráfica 2: Panel de fallas en tramo 1	76
Gráfica 3: Panel de fallas en tramo 2	77
Gráfica 4: Panel de fallas en tramo 3	78
Gráfica 5: Panel de fallas en tramo 4	79
Gráfica 6: Panel de fallas en tramo 5	80
Gráfica 7: Panel de fallas en tramo total	82
Gráfica 9: Radios de curvatura (ida)	95
Gráfica 8: Deflexiones máximas (ida)	95
Gráfica 10: Deflexiones máximas (vuelta)	98
Gráfica 11: Radios de curvatura (vuelta)	98
Gráfica 12: Panel de fallas en general.....	105