

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL TRAMO
ENTRE RÍOS – SAN SIMÓN”**

Por:

EVER ALTAMIRANO BENITEZ

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 - 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este trabajo va dedicado a mis padres por ser el pilar fundamental y brindarme su apoyo incondicional, por estar siempre dándome los ánimos de concluir esta etapa que es muy importante para mi vida; a mi hermana por acompañarme siempre en este camino.

ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	(Página)
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del Problema	2
1.3.1. Situación Problemática	2
1.3.2. Delimitación temporal y espacial	3
1.3.3. Formulación del Problema.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Planteamiento de la Hipótesis y sus variables	3
1.5.1. Formulación de la Hipótesis	3
1.6. Tipo de investigación.....	4
1.7. Alcance de la Investigación.....	4

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL

2.1. Definición de pavimento	5
2.2. Componentes del pavimento	5
a) Capa subbase	5

b) Capa base.....	6
c) Capa de rodadura.....	6
2.3. Clasificación de los pavimentos	6
1) pavimento rígido.....	6
2) Pavimento semirrígido	7
3) Pavimento flexible.....	8
2.4. Evaluación de pavimentos.....	8
I. Evaluación superficial	8
a) Método PCI (Índice de Condición de Pavimento).....	9
b) Método IRI (Índice de Rugosidad Internacional).....	39
c) Método PSI (Índice de Serviciabilidad de Pavimento).....	48
II. Evaluación estructural.....	50
a) Viga de Benkelman.....	51
2.5. Marco referencial.....	57
2.6. Marco normativo	57

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1. Ubicación.....	59
3.2. Tamaño confiable de la muestra.....	62
3.2.1. Unidad de estudio	62
3.2.2. Población	62
3.2.3. Muestra	62
3.2.4. Muestreo	62
3.2.5. Procedimiento de trabajo	63
3.2.6. Método PCI.....	63

3.2.7. Método IRI.....	66
3.2.8. Método PSI	66
3.2.9. Método viga de Benkelman	66
3.3. Evaluación superficial del tramo	67
3.3.1. Aplicación del método PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	67
3.3.2. Aplicación del método IRI (Índice de Rugosidad Internacional)	73
3.3.3. Aplicación del método PSI (Índice de Serviciabilidad del Pavimento).....	77
3.4. Evaluación estructural	80
3.4.1. Metodología y procedimiento de cálculo para la Viga de Benkelman	80

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS OBSERVADOS

4.1. Organización de las planillas resumen de resultados.....	88
4.1.1. Evaluación superficial.....	88
☐ Método PCI (Índice de Condición del Pavimento)	88
☐ Análisis de los resultados del método	89
☐ Prueba de hipótesis	91
☐ Método IRI (Índice de Rugosidad Internacional).....	94
☐ Análisis de resultado del método.....	94
☐ Método PSI (Índice de Serviciabilidad del Pavimento).....	96
☐ Análisis de resultados del método	97
4.1.2. Evaluación estructural.....	98
☐ Prueba de hipótesis	106
4.2. Plan de mejoras y mantenimiento	108
4.2.1. Cómputos métricos	109
4.2.2. Presupuesto de la obra	110

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	111
5.2. RECOMENDACIONES	112

Bibliografía

ANEXOS

ANEXO 1:	Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI)
ANEXO 2:	Cálculos método IRI
ANEXO 3:	Cálculos de la Viga Benkelman
ANEXO 4:	Especificaciones técnicas y Presupuesto
ANEXO 5:	Reporte fotográfico
ANEXO 6:	PLANOS

INDICE DE FIGURAS

	(Página)
Figura 1. Pavimento rígido.....	7
Figura 2. Pavimento semirrígido.....	7
Figura 3. Pavimento flexible.....	8
Figura 4. Piel de cocodrilo.....	14
Figura 5.Exudación.....	16
Figura 6. Agrietamiento en bloque.....	17
Figura 7. Abultamientos y hundimientos.....	18
Figura 8. Corrugación.....	20
Figura 9. Depresión.....	21
Figura 10.Grietas de borde.....	22
Figura 11. Grieta de reflexión de junta.....	24
Figura 12. Desnivel carril/berma.....	25
Figura 13.Grietas longitudinales y transversales.....	27
Figura 14. Parcheo y acometidas.....	28
Figura 15.Agregado pulido.....	29
Figura 16. Huecos.....	31
Figura 17. Cruce de vía férrea.....	32
Figura 18. Ahuellamiento.....	33
Figura 19. Desplazamiento o deformación por empuje.....	34
Figura 20. Grietas parabólicas o por desplazamientos.....	35
Figura 21. Hinchamiento.....	37
Figura 22. Meteorización/desprendimiento de agregados.....	38
Figura 23. Equipo de medición de la rugosidad superficial, Merlín.....	41
Figura 24. Desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio.....	42
Figura 25. Histograma de distribución de frecuencias.....	43
Figura 26. Esquema del rugosímetro Merlín.....	45
Figura 27.Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.....	47

Figura 28. Esquema del equipo de medición de las deflexiones (Viga Benkelman).....	52
Figura 29. Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman	53
Figura 30. Esquema del proceso de medición de la Viga Benkelman	54
Figura 31. Ubicación geográfica de la zona de estudio	59
Figura 32. Esquema de espesores del paquete estructural	61
Figura 33. Excavación para verificar espesores de la estructura	61
Figura 34. Espesores del paquete estructural	62
Figura 35. Fallas superficiales presentes en el tramo.....	67
Figura 36. Manipuleo del equipo MERLIN para la obtención de datos	73
Figura 37. Distribución de frecuencias	75
Figura 38. Manipulación de la Viga Benkelman para obtener datos de las deflexiones ..	80
Figura 39. Estado del pavimento por kilómetro evaluado	88
Figura 40. Fallas presentes en el tramo en porcentaje	90
Figura 41. Estado de falla por unidad de muestreo	91
Figura 42. Estado del pavimento por kilómetro evaluado	94
Figura 43. Condición del pavimento por unidad de muestra	95
Figura 44. Resultados del tramo por kilometro.....	96
Figura 45. Estado del pavimento por unidad de muestra	97
Figura 46. Deflexiones máximas, carril de ida	101
Figura 47. Radios de curvatura, carril de ida	101
Figura 48. Deflexiones máximas, carril de vuelta.....	105
Figura 49. Radios de curvatura, carril de vuelta	105

INDICE DE TABLAS

	(Página)
Tabla 1. Rango de clasificación del PCI	9
Tabla 2. Hoja de registro de fallas. método PCI	11
Tabla 3. Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido	13
Tabla 4. Clasificación del rango de rugosidad	44
Tabla 5. Formato guía para la recolección de datos de campo	48
Tabla 6. Calificación del Índice de Serviabilidad Presente según AASHTO	49
Tabla 7. Parámetros de diseño geométrico	60
Tabla 8. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas	64
Tabla 9. Frecuencia de medición según la Norma INV E-795-13.....	66
Tabla 10. Fallas existentes en una unidad de muestreo	68
Tabla 11. Valor deducido del daño	69
Tabla 12. Máximo valor deducido corregido	70
Tabla 13. Valores deducidos corregidos CDV	71
Tabla 14. Resultados de todo el tramo evaluado.....	72
Tabla 15. Datos obtenidos en una sección con el MERLIN	74
Tabla 16. Resultados de todo el tramo evaluado, método IRI	76
Tabla 17. Resultados de todo el tramo evaluado, método PSI.....	79
Tabla 18. Datos obtenidos de campo con la Viga Benkelman.....	81
Tabla 19. Resultados de la evaluación estructural, carril de ida	84
Tabla 20. Resultados de la evaluación estructural, carril de vuelta	86
Tabla 21. Resultados del tramo por kilómetro evaluado.....	88
Tabla 22. Fallas presentes en la superficie del pavimento	89
Tabla 23. Estados del pavimento en porcentaje	90
Tabla 24. Resultados del tramo por kilómetro evaluado.....	94
Tabla 25. Nivel de serviabilidad en porcentaje	95
Tabla 26. Resultados del tramo por kilómetro evaluado.....	96
Tabla 27. Estados de serviabilidad en porcentaje	97
Tabla 28. Plan de mejoras y mantenimiento de acuerdo al tipo de fallas	109
Tabla 29. Cómputos métricos del mantenimiento.....	109

Tabla 30. Presupuesto general.....110