

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



TOMO I

**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EN EL TRAMO COLON NORTE (CRUCE SAN NICOLAS) –
COLON SUD”**

Por:

CANAVIRI POMA ERIKA CARLA

Tesis de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito indispensable para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

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

TOMO I

**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EN EL TRAMO COLON NORTE (CRUCE SAN NICOLAS) –**

COLON SUD”

Por:

CANAVIRI POMA ERIKA CARLA

SEMESTRE I -2021

Tarija, Bolivia

V°B°

.....
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Mabel Zambrana V.

.....
Ing. Trinidad C. Baldiviezo M.

.....
Ing. Wilson R. Yucra R.

El docente y tribunal evaluador del presente proyecto de Ingeniería Civil no se solidariza con los términos, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidades de la autora.

AGRADECIMIENTO:

A Dios.

A Dios por cada bendición y logro que me brindó.

A los docentes que me enseñaron, me ayudaron a crecer en lo académico y en lo personal. Gracias a ellos pude concluir esta fase profesional.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por brindarme la oportunidad con la que pude formarme.

A mi familia por apoyarme y por motivarme para no rendirme ante los obstáculos mientras realizaba mis estudios.

DEDICATORIA:

*A mis padres **Iván Canaviri y Tomasa Poma** por apoyarme, siempre, en todo momento. Por los valores inculcados A pesar de las adversidades me acompañaron: a ellos dedico este logro. Y, también a mi hermano **Elgin Canaviri Poma**, por brindarme su apoyo siendo mi guía desde que era niña. **Franco Aduviri** tu ayuda fue importante. gracias por enseñarme tanto.*

Pensamiento:

“El éxito no es una carrera de 100 metros planos, sino una maratón. Se requiere paciencia, perseverancia y soportar el dolor para llegar a la meta”.

(Fischman, 2012)

CAPÍTULO I
DISEÑO TEÓRICO

	Página
1. Introducción.....	1
1.2 Justificación	2
1.2.1 Técnica	2
1.2.2 Social.....	2
1.2.3 Económica.....	3
1.3 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1 Situación del problema	3
1.3.2 Problema	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Diseño metodológico.....	5
1.5.1 Unidad de estudio.....	5
1.5.2 Población.....	5
1.5.3 Justificación técnica de los evaluadores por aplicar	5
1.5.4 Muestra	6
1.5.5 Muestreo.....	6
1.5.6 Tipo de investigación.....	6
1.6 Metodología de trabajo.....	7
1.7 Alcance del estudio.....	7

CAPÍTULO II
EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE

	Página
2.1 Pavimentos flexibles	10
2.1.1 Componentes de un pavimento flexible.....	11
2.2 Evaluación de pavimentos	12
2.2.1 Importancia de la evaluación de pavimentos.....	13
2.3.1 La evaluación de pavimento tiene dos componentes.....	13
2.3.2 Evaluación superficial.....	13
2.3.3 Evaluación estructural	13
2.3.5 Fallas en los pavimentos	14
2.3.6 Fallas superficiales	14
2.3.7 Fallas estructurales	14
2.4 Serviciabilidad	16
2.4.1 Rango de serviciabilidad presente (IRI)	17
2.4.2 Índice de serviciabilidad presente (IRI)	17
2.4.3 Condición superficial del pavimento	17
2.5 Evaluación superficial de un pavimento flexible.....	19
2.5.1 Método PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	19
2.5.2 Rango de calificación del PCI	19
2.5.3 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	20
2.5.4 División de pavimento en unidades de muestra	21

2.5.5 Evaluación de un pavimento	21
2.5.6 Selección de las unidades de muestras para la inspección.....	23
2.5.7 selección de las unidades de muestreo adicionales	23
2.5.8 Materiales e instrumento para determinar el PCI.....	23
2.5.9 Metodología de calcula del PCI de una sección de pavimento.....	24
2.5.10 Criterios de inspección.....	26
2.5.11 Fallas en pavimentos	27
2.5.12 Fisuras y grietas por fatigación.....	27
2.5.13 Fisuras y grietas en bloque	29
2.5.14 Grietas de borde	32
2.5.15 Fisuras y grietas longitudinales y transversales	33
2.5.16 Causa para la conformación de fisuras longitudinales.....	34
2.5.18 Deterioro superficial y parches deteriorados	37
2.5.19 Baches en carpetas asfálticas.....	38
2.5.20 Tratamientos superficiales	38
5.2.21 Ahuellamiento.....	39
2.5.22 Deformación transversal	41
2.5.23 Exudaciones	43
2.5.24 Desgaste.....	44
2.5.25 Pérdida de áridos de un pavimento flexible.....	45
2.5.26 Ondulaciones	47
5.2.27 Fisuración incipiente.....	49
5.2.28 Descascaramiento.....	50
2.6 característica de la fricción	51
2.6.1 factor que afectan la fricción neumático – pavimento.....	52

2.6.2 Caracterización de la superficie.....	53
2.6.3 Micro textura.....	53
2.6.4 Macro textura.....	54
2.6.5 Importancia de la macro textura en las vías.....	54
2.7 IFI (Índice de Fricción del Pavimento)	54
2.7.1 Definición del IFI (Índice de Fricción Internacional).....	54
2.7.2 Medición de la resistencia al deslizamiento del pavimento	57
2.7.3 Péndulo Británico.....	57
2.7.4 procedimiento de Péndulo Británico	58
2.8 Ensayo círculo de la arena (mancha de arena).....	60
2.8.1 Procedimiento del círculo de arena	61
2.8.2 Justificación e importancia.....	63
2.9 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	63
2.9.1 Histograma de la distribución de frecuencias.	64
2.9.2 Correlaciones D versus IRI	64
2.9.3 Rugosímetro Merlín.....	65
2.9.4 Esquema y representación de las partes de un equipo Merlín.....	66
2.9.5 El Tablero del Merlín.....	67
2.9.1 Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional.....	68
2.10 Evaluación estructural de un pavimento flexible.....	69
2.10.1 Uso y significado de la Viga Belkeman.....	70
2.10.2 Temperatura.....	70
2.10.3 Humedad.....	70
2.10.4 Medición de deflexiones.....	70
2.10.5 Partes de la Viga Benkelman	70

2.8 Ensayo Viga Benkelman.....	72
2.8.1 Equipo requerido	72
2.9 Procedimiento de la medición y cálculo	72
2.9.1 Cálculo de la deflexión máxima	74
2.9.6 Deflexión admisible:.....	75

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

	Página
3.1 Información preliminar del tramo de estudio	77
3.1.1 Ubicación.....	77
3.1.2 Antecedentes	79
3.2 Evaluación superficial.....	79
3.3 Aplicación de método PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	79
3.3.1 Unidades de muestra.....	79
3.3.2 Procedimientos del PCI (Índice de Condición del Pavimento)	81
3.3.3 Procedimiento de imágenes de PCI (Índice de Condición del Pavimento) ..	82
3.3.4 Procedimientos de cálculo del PCI (Índice de Condición del Pavimento) ..	84
3.3.5 Cálculo de la densidad: Grieta longitudinal	85
3.3.6 Obtención del valor deducido (vd).....	85
3.3.7 Valor deducido corregido	87
3.3.9 Resultado de la condición del pavimento	89
3.3.10 Condiciones de los 5 tramos	90
3.4 Aplicación del método del IRI con el equipo Merlín	97
3.4.1 Procedimiento de medición del IRI con el equipo Merlín	97
3.4.2 Imágenes del ensayo de IRI.....	98
3.4.3 Procedimiento de cálculo IRI.....	100
3.4.4 Cálculos y resultados.....	102

3.5 Aplicación del método Péndulo Británico.....	104
3.5.1 Procedimiento de medición	104
3.5.2 Imágenes del ensayo Péndulo Británico.....	105
3.5.4 Preparación del aparato	108
3.7.2 Procedimiento del cálculo Péndulo Británico.....	109
3.6 Aplicación del método círculo de arena	111
3.6.1 Procedimiento de medición	111
3.6.2 Imágenes del ensayo círculo de arena	112
3.6.3 Procedimiento de círculo de arena	113
3.6.4 Procedimiento del calcula círculo de arena	115
3.8 Procedimiento del cálculo IFI	119
3.9 Evaluación estructural.....	121
3.9.1 Procedimiento de medición Viga Benkelman.....	121
3.9.2 Imágenes del ensayo con la Viga Benkelman	122
3.9.3 Procedimiento del cálculo de la deflexión del pavimento flexible	127
3.9.3.1 Cálculo de la deflexión	127
3.7.3.2 Cálculo de la deflexión D0	128
3.9.3.3 Corrección de las deflexiones por temperatura.....	128
3.9.3.4 Cálculo de la deflexión D25	128
3.9.3.5 Radio de curvatura	129
3.9.3.6 Deflexión admisible	129
3.9.3.7 Deflexión característica	129

CAPITULO IV
RESULTADOS Y ANÁLISIS

	Página
4.1 Evaluación superficial por el método PCI	132
4.1.1 Resultados parciales del método PCI	132
4.1.2 Análisis de resultados del PCI (Índice de Condición del Pavimento)	139
4.2 Evaluación superficial con el método IRI	141
4.2.1 Resultados de la evaluación superficial.....	141
4.2.2 Promedio del I.R.I.....	142
4.2 Evaluación superficial con el método Péndulo Británico	143
4.2.1 Resultados evaluación superficial.....	143
4.3 Evaluación superficial con el método círculo de arena	145
4.3.1 Resultados evaluación superficial macrotextura.....	145
4.4 Evaluación superficial por el método IFI.....	147
4.4.1 Resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional).....	147
4.4.2 Análisis de resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional)	148
4.5 Evaluación estructural método Viga Benkelman.....	151
4.5.1 Resultados de la evaluación estructural.....	151
4.5.2 Resultados finales de la evaluación estructural del tramo	153
4.3.3 Análisis de los resultados de la evaluación superficial y estructural.....	155
4.3.4 Propuesta de mantenimiento del tramo	156
4.3.5 Propuesta de drenaje para la prevención en los tramos más críticos	160

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 Conclusiones.....	162
5.2 Recomendaciones	164
Bibliografía	166
 Anexo	
Anexo 1: Reporte topográfico	
Anexo 2: Datos topográfico	
Anexo 3: Datos del PCI	
Anexo 4: Resultados del PCI	
Anexo 5: Fichas del PCI	
Anexo 6: Planilla del PCI	
Anexo 7: Planilla de IRI	
Anexo 8: Planilla de Circulo de arena	
Anexo 9: Planilla de Péndulo Británico	
Anexo 10: Calculo de IFI	
Anexo 11: Datos de la Viga Benkelman	
Anexo 12: Cálculos de la Viga Benkelman	
Anexo 13: Análisis de presupuesto	

Anexo 14: Reporte fotográfico de la Viga Benkelman

Anexo 15: Respaldos

Anexo 16: Plano

ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1: Evaluación superficial – estructural.....	9
Ilustración 2: Índice de Condición del Pavimento (PCI).....	96
Ilustración 3: Esquema del IRI	103
Ilustración 4: Esquema Viga Benkelman	131

FIGURAS

	Página
Figura 1: Composición pavimento flexible.....	10
Figura 2: Composición pavimento flexible.....	12
Figura 3: Principales factores que causan las fallas en los pavimentos flexibles.....	16
Figura 4: Histograma de la distribución de frecuencias	64
Figura 5 Esquema y principio de operación de la regla Benkelman	72
Figura 6: Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman.....	73
Figura 7: Departamento de Tarija.....	77
Figura 8: Ubicación del tramo de estudio 2.....	78
Figura 9: Ubicación del tramo de estudio 1.....	78
Figura 10: Panel de fallas en general.....	140
Figura 11: Cuneta	160
Figura 12: Drenaje subterráneo.....	160

IMÁGENES

	Página
Imagen 1: Escala de calificación de serviciabilidad según AASHO	18
Imagen 2: Deterioro por fatigación de un pavimento flexible	28
Imagen 3: Deterioro por bloques de un pavimento	30
Imagen 4: Deterioro de Bordes de un pavimento flexible	32
Imagen 5: Deterioro longitudinales de un pavimento flexible	33
Imagen 6: Deterioro transversales de un pavimento flexible	34
Imagen 7: Deterioro reflejadas de un pavimento flexible	36
Imagen 8: Deterioro en parches de un pavimento flexible	37
Imagen 9: Baches de un pavimento flexible	38
Imagen 10: Ahuellamiento de un pavimento flexible	40
Imagen 11: Deformación transversal de un pavimento flexible.....	42
Imagen 12: Exudaciones de un pavimento flexible	43
Imagen 13: Desgaste de un pavimento flexible	45
Imagen 14: Pérdida de áridos de un pavimento flexible	46
Imagen 15: Ondulaciones de un pavimento flexible	48
Imagen 16: Fisuración incipiente	49
Imagen 17: Descasamiento.....	50
Imagen 18: Péndulo Británico.....	58
Imagen 19: Círculo de arena	60
Imagen 20: Equipo de Merlín	66
Imagen 21: Configuración de tablero del Merlín.....	67
Imagen 22: Incepción del tramo.....	82
Imagen 23: progresivas para el PCI	82
Imagen 24: Estudio del tramo con el método PCI	83
Imagen 25: Equipo Odómetro.....	83
Imagen 26: Equipo de Merlín	98
Imagen 27: Lectura con el equipo Merlín	99
Imagen 28: instalación del Péndulo Británico.....	105
Imagen 29: Calibración del equipo del Péndulo Británico.....	105
Imagen 30: Ensayo con equipo del Péndulo Británico	106

Imagen 31: Medición de la temperatura	107
Imagen 32: Datos obtenidos del ensayo Péndulo Británico	109
Imagen 33: Rangos de Fricción	110
Imagen 34: Limpieza del pavimento	112
Imagen 35: Pesaje de la arena	112
Imagen 36: Medición de la arena	113
Imagen 37: Inflado de las llantas dobles a una presión de 80 PSI	122
Imagen 38: Pasaje de la volqueta en la balanza electrónica	123
Imagen 39: Ensayo de la Viga Benkelman	124
Imagen 40: medición de la temperatura	126

TABLAS

	Página
Tabla 1: Rango de calificación del PCI	19
Tabla 2: de calificación del péndulo británico	60
Tabla 3: Textura en pavimentos para el círculo de arena.....	62
Tabla 4: Factor de corrección por estacionalidad	75
Tabla 5: Rangos de unidad de muestreo	80
Tabla 6: Tipo de fallas en los pavimentos.....	81
Tabla 7: Fallas Existentes	84
Tabla 8: Obteniendo del valor deducido (vd).....	85
Tabla 9: Obtención del valor deducido (vd).....	86
Tabla 10: Resultados de valor deducido (vd)	87
Tabla 11: Curva de obtención del valor deducido corregido (cdv)	87
Tabla 12: Obtención del valor deducido corregido (cdv)	88
Tabla 13: Resultados de valores deducidos corregidos (vdc)	89
Tabla 14: Rangos de calificación de PCI.....	90
Tabla 15: Condición del pavimento tramo 1	91
Tabla 16: Condición del pavimento tramo 3	93
Tabla 17: Condición del pavimento tramo 4	94
Tabla 18: Condición del pavimento tramo 5	95
Tabla 19: Datos del campo (ida)	101
Tabla 20: rango de rugosidad	102
Tabla 21: Datos obtenidos del ensayo del círculo de arena de ida.....	114
Tabla 22: Datos obtenidos del ensayo del círculo de arena de vuelta.....	115
Tabla 23: Revisión de datos obtenidos del ensayo círculo de arena ida	117
Tabla 24: Revisión de datos obtenidos del ensayo círculo de arena vuelta	118
Tabla 25: Rangos de textura	118
Tabla 26: Resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional).....	120
Tabla 27: calificación del tramo 1	133
Tabla 28: Calificación del tramo 2.....	134
Tabla 29: Calificación del tramo 3.....	135
Tabla 30: Calificación del tramo 4.....	136
Tabla 31: Calificación del tramo 5.....	137

Tabla 32: Fallas desfavorables	138
Tabla 33: Porcentaje de fallas existentes	139
Tabla 34: Panel de fallas en general	141
Tabla 35: promedios de los cálculos del IRI.....	142
Tabla 36: promedios de los cálculos Péndulo Británico	143
Tabla 37: Prometió RD	144
Tabla 38: promedios de los cálculos círculo de arena.....	145
Tabla 39: Prometió textura final.....	146
Tabla 40: Textura del pavimento.....	146
Tabla 41: Resultados del método IFI.....	147
Tabla 42: resultados del método IFI.....	148
Tabla 43: Curva de fricción – velocidad de deslizamiento	148
Tabla 44: Análisis del resultado del IFI.....	148
Tabla 45: Textura en pavimento para círculo de arena	150
Tabla 46: Resultados parciales de la evaluación estructural	151
Tabla 47: Resumen estadístico	153