

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



**“EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE SOBRE EMPEDRADO EN VÍAS PERI URBANAS DE
LA CIUDAD DE TARIJA”**

Por:

CESAR AUGUSTO GARECA CARDOZO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE I - 2021

TARIJA – BOLIVIA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
DECANO a.i.
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Ing. Aurelio José Navia
VICEDECANA a.i.
FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA

TRIBUNAL:

.....
M. Sc. Ing.: Johnny M. Orgaz F.

.....
M. Sc. Ing.: Marcelo Segovia Cortez

.....
M. Sc. DAEN. Ing.: Antonio Calvimontes C.

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.

DEDICATORIA:

A mi madre Carmen Cardozo y mi padre Carlos Gareca, que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a seguir adelante en los momentos difíciles.

También dedico a mi hija Kelly quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

AGRADECIMIENTO:

El principal agradecimiento a dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

Y a todas las personas que de una y otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

PENSAMIENTO:

“Empieza haciendo lo necesario, después lo posible, y de repente te encontraras haciendo lo imposible.”

Autor: San Francisco de Asís

INDICE

ADVERTENCIA
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PENSAMIENTO
RESUMEN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 JUSTIFICACION	1
1.3 DISEÑO TEÓRICO.....	2
1.3.1 Planteamiento del problema.....	2
1.3.1.1 Situación problemática.....	2
1.3.2 Problema	2
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 HIPÓTESIS.....	3
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES	3
1.6.1 Variable dependiente	3
1.6.2 Variable independiente	3
1.6.3 Conceptualización y operacionalización de variables	4
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO.....	5

1.7.1	Tipo de diseño de investigación.....	5
1.7.1.1	Unidad de estudio	5
1.7.1.2	Población.....	5
1.7.1.3	Muestra	5
1.7.2	METODOLOGIA.....	6
1.7.3	Medios.....	7
1.8	ALCANCE.....	9

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE PAVIMENTOS FLEXIBLES CONSTRUIDOS SOBRE EMPEDRADO

	Pág.	
2.1	DEFINICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	10
2.1.1	Funciones de las capas de un pavimento flexible	10
2.1.1.1	La sub-base granular	10
2.1.1.2	La base granular	11
2.1.1.3	Carpeta de rodadura	12
2.1.2	Características de un Pavimento	12
2.2	CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS.....	13
2.3	EMPEDRADOS EN BOLIVIA, ECUADOR Y PERÚ	15
2.3.1	Empedrado	17
2.3.1.1	Especificaciones técnicas de construcción.....	17
2.3.1.2	Construcción de un Empedrado	19
2.4	PAVIMENTO FLEXIBLE SOBRE EMPEDRADO	21
2.4.1	Pavimentado.....	22

2.4.2	Mezcla en planta o en caliente	23
2.4.3	Transporte y extendido del material	24
2.4.4	Compactación	24
2.5	EVALUACION DEL PAVIMENTO	25
2.5.1	Evaluación estructural.....	26
2.5.2	Evaluación superficial.....	26
2.6	EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.....	27
2.7	METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	28
2.7.1	Índice de Condición de Pavimento (PCI)	28
2.7.2	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.....	29
2.7.3	Unidades de muestreo	30
2.7.4	Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.....	31
2.7.5	Selección de las unidades de muestreo para inspección	32
2.7.6	Selección de las unidades de muestreo adicionales	33
2.7.7	Procedimiento de evaluación de la condición.....	33
2.7.8	Metodología de cálculo del PCI de una sección de pavimento	36
2.8	CRITERIOS DE INSPECCIÓN	36
2.9	FALLAS, NIVELES DE SEVERIDAD Y UNIDAD DE MEDIDA.....	37
2.10	ENSAYOS Y/O EQUIPOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO (SEGURIDAD).....	50
2.10.1	Evaluación Puntual	50
2.10.2	Determinación del IFI (Índice de fricción internacional)	51
2.10.2.1	Parámetro a determinar: Macrotextura	51
2.10.2.2	Medición de la fricción por medio del péndulo inglés	54
2.10.3	Rangos de fricción	55

2.11	ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)	56
2.11.1	Escala y características del IRI	56
2.11.2	Métodos para la medición de la rugosidad	57
2.11.2.1	Perfilógrafos.....	57
2.11.2.2	Estación total.....	58
2.11.3	ProVAL.....	60
2.11.3.1	Filtros del ProVAL	60
2.11.3.2	Archivos aceptados por el ProVAL	63
2.11.3.3	Formas de exportación del ProVAL	63
2.12	VOLÚMENES DE TRANSITO.....	63
2.12.1	Unidades y definiciones.....	64
2.12.1.1	Volúmenes horarios	65

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Pág.	
3.1	SELECCIÓN DE LAS CALLES PARA EL ESTUDIO DE SU EVALUACIÓN SUPERFICIAL.....	66
3.1.1	Criterios de selección de muestreo	66
3.1.2	Ubicación de las calles en estudio	66
3.2	EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE CALLES ASFALTADAS SOBRE EMPEDRADO.....	67
3.2.1	Parche o Círculo de Arena (Ensayo ASTM E965)	68
3.2.2	Resistencia al deslizamiento (Fricción) péndulo británico (Portable pendulum tester o portable resístanse Tester) (Ensayo ASTM E303)	71

3.2.3	Determinación del Índice de fricción internacional (IFI)	74
3.2.4	Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	76
3.2.5	Índice de Condición de Pavimento (PCI)	84
3.2.6	Volumen de tráfico vehicular.....	89

CAPITULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Pág.	
4.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA MACRO TEXTURA Y MICRO TEXTURA	91
4.1.1	Resultados del ensayo de círculo de arena.....	91
4.1.2	Resultados del péndulo británico	94
4.1.3	Resultados del IFI	97
4.1.4	Análisis de resultados del índice de rugosidad internacional (IRI)	99
4.1.5	Análisis de resultados del índice de condición del pavimento PCI	106
4.1.6	Análisis de resultados del volumen de tráfico	113
4.2	ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO SOBRE EMPEDRADO A TRAVES DE LOS AÑOS DE VIDA UTIL.....	116
4.2.1	Análisis del total de resultados	116
4.2.2	Análisis grafico del IRI del comportamiento del pavimento sobre empedrado a través de los años de vida útil	117
4.2.3	Análisis grafico del PCI del comportamiento del pavimento sobre empedrado a través de los años de vida útil.....	118

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1 CONCLUSIONES	120
5.2 RECOMENDACIONES.....	122

Bibliografía

ANEXOS

Anexo 1: Circulo de arena

Anexo 2: Péndulo británico

Anexo 3: Índice de fricción internacional

Anexo 4: Índice de rugosidad internacional (IRI)

Anexo 5: Índice de condición del pavimento (PCI)

Anexo 6: Ábacos utilizados

Anexo 7: Volumen trafico

Anexo 8: Memoria fotográfica

INDICE DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1.7:1 Flexómetro de 8 m	7
Imagen 1.7:2 Cinta métrica de 50 m	7
Imagen 1.7:3 Péndulo británico (IFI).....	8
Imagen 1.7:4 Ensayo mancha de arena.....	8
Imagen 1.7:5 Estación total (IRI).....	8
Imagen 2.3:1 Explotación con maquinaria y explotación manual	18
Imagen 2.3:2 Transporte y Acopio de Material en el Proyecto	18
Imagen 2.3:3 Disgregación de Subrasante.....	20
Imagen 2.3:4 Colocación de Maestras o cordones maestros y empedrado.....	20
Imagen 2.3:5 Terminado del empedrado	21
Imagen 2.9:1 Piel de cocodrilo de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	38
Imagen 2.9:2 Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	38
Imagen 2.9:3 Fisuras en bloque de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	39
Imagen 2.9:4 Abultamientos y hundimientos de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	40
Imagen 2.9:5 Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	41
Imagen 2.9:6 Depresión de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	41
Imagen 2.9:7 Fisura de borde de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	42
Imagen 2.9:8 Fisura de reflexión de junta de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	43
Imagen 2.9:9 Desnivel carril - berma de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	43
Imagen 2.9:10 Fisuras de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	44
Imagen 2.9:11 Parches de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	45
Imagen 2.9:12 El agregado pulido no tiene niveles de severidad definidos.	45
Imagen 2.9:13 Baches de niveles de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	46
Imagen 2.9:14 Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).....	47

Imagen 2.9:15 Desplazamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	47
Imagen 2.9:16 Fisura parabólica de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	48
Imagen 2.9:17 Hinchamiento de alta severidad.	49
Imagen 2.9:18 Peladura de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c).	50
Imagen 2.10:1 El Ensayo del Parche de Arena proporciona la Profundidad Media de la Textura o Mean Texture Depth (MTD).	52
Imagen 2.10:2 Péndulo británico	54
Imagen 2.11:1 Vista lateral del perfilógrafo de California	58
Imagen 2.11:2 Estación total Sokkia.....	60
Imagen 2.11:3 250 mm filter.....	61
Imagen 2.11:4 Archivo en bloc de notas.....	63
Imagen 3.2:1 El Ensayo del Parche de Arena proporciona la Profundidad Media de la Textura o Mean Texture Depth (MTD).....	68
Imagen 3.2:2 Ensayo del péndulo británico	71
Imagen 3.2:3 Lecturación del péndulo y la temperatura del pavimento	71
Imagen 3.2:4 Wincha para medir cada 0,5 m y GPS para la ubicación de la estación total.....	76
Imagen 3.2:5 Equipo estación total, con el prisma utilizado para sacar las cotas de cada calle	76
Imagen 3.2:6 Ingreso de datos ProVAL.....	80
Imagen 3.2:7 Configuración de inicial de ProVAL	80
Imagen 3.2:8 Selección de la herramienta IRI.....	81
Imagen 3.2:9 Calculo del IRI.....	81
Imagen 3.2:10 Perfil longitudinal del carril de la muestra 10.....	82

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.6:1 Conceptualización y operacionalización de variable dependiente.....	4
Tabla 1.6:2 Conceptualización y operacionalización de variables independiente	4
Tabla 1.7:1 Planillas para método PCI.....	7
Tabla 2.7:1 Rangos de clasificación del PCI	29
Tabla 2.7:2 Hoja de registro en vías de pavimento flexible.....	30
Tabla 2.7:3 Unidad de muestreo	30
Tabla 2.9:1 Niveles de severidad para baches de diámetro menor a 750 mm.	46
Tabla 2.10:1 Rangos de macro textura para el circulo de arena	53
Tabla 2.10:2 Criterio para evaluar los valores de fricción en la superficie de pavimento.....	55
Tabla 2.11:1 Valores del IRI.....	57
Tabla 3.1:1 Calles de zonas peri urbana de Tarija	66
Tabla 3.2:1 Rango de textura	68
Tabla 3.2:2 mediciones del círculo de arena de la calle 11 de Febrero	69
Tabla 3.2:3 Resultados promedio de cada calle del ensayo de la mancha de arena	70
Tabla 3.2:4 Rango de calificación del péndulo.....	72
Tabla 3.2:5 Resultados de mediciones del péndulo británico de la calle 11 de Febrero	72
Tabla 3.2:6 Resultados promedio de cada calle del ensayo del péndulo británico de las 30 cuadras	73
Tabla 3.2:7 Medición del IFI	74
Tabla 3.2:8 Resumen de resultados de IFI	75
Tabla 3.2:9 Datos de la calle 11 de Febrero para el cálculo del IRI	77
Tabla 3.2:10 Rangos de categoría IRI.....	82
Tabla 3.2:11 Resultados del IRI de las 30 calles en estudio	83
Tabla 3.2:12 Tipos de fallas para pavimento flexible	85
Tabla 3.2:13 Inventario de fallas.....	85
Tabla 3.2:14 Los valores deducidos de las fallas existentes	86
Tabla 3.2:15 Calculo del PCI.....	86

Tabla 3.2:16 Rangos de clasificación del PCI	87
Tabla 3.2:17 Resumen de resultados del PCI.....	88
Tabla 3.2:18 Aforo del volumen de vehículos y su cantidad en porcentaje	89
Tabla 3.2:19 Resumen de los resultados del volumen de tráfico vehicular	90
Tabla 4.1:1 Rangos de texturas	91
Tabla 4.1:2 Resultado de MTD de calles antiguas.....	92
Tabla 4.1:3 Edades del MTD y el PCI	93
Tabla 4.1:4 Rangos de fricción	94
Tabla 4.1:5 Resultados del péndulo británico	94
Tabla 4.1:6 Edades del RD y el PCI	96
Tabla 4.1:7 Resultados de IFI	97
Tabla 4.1:8 Edades del IFI y el PCI	98
Tabla 4.1:9 Resultados del IRI de las calles antiguas	100
Tabla 4.1:10 Resultados del IRI de las calles del año 2008.....	101
Tabla 4.1:11 Resultados del IRI de las calles del año 2012.....	102
Tabla 4.1:12 Resultados del IRI de las calles del año 2013.....	103
Tabla 4.1:13 Resultados del IRI de las calles del año 2014.....	104
Tabla 4.1:14 Resultados del IRI de las calles del año 2016.....	105
Tabla 4.1:15 Resultados del IRI de las calles más antiguas.....	107
Tabla 4.1:16 Resultados del IRI de las calles del año 2008.....	108
Tabla 4.1:17 Resultados del IRI de las calles del año 2012.....	109
Tabla 4.1:18 Resultados del IRI de las calles del año 2013.....	110
Tabla 4.1:19 Resultados del IRI de las calles del año 2014.....	111
Tabla 4.1:20 Resultados del IRI de las calles del año 2016.....	112
Tabla 4.1:21 Volumen de tráfico según la clase de vehículo.....	114
Tabla 4.2:1 Edad de las calles y valores del IRI	117
Tabla 4.2:2 Edad de las calles y valores del PCI	118

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 2.1:1 Estructura del pavimento flexible	10
Gráfico 2.2:1 Ciclo de vida de los pavimentos	14
Gráfico 2.2:2 Ciclo de vida de los pavimentos con mantenimiento y rehabilitación	15
Gráfico 2.4:1 Estructura de un pavimento flexible sobre empedrado.....	22
Gráfico 3.2:1 Curva de fricción	74
Gráfico 4.1:1 valor MTD promedio del circulo de arena versus el PCI	93
Gráfico 4.1:2 Valores promedio de RD del péndulo Británico vs. PCI.....	96
Gráfico 4.1:3 Relación del IFI vs. PCI.....	99
Gráfico 4.1:4 Rango del IRI vs. Categoría.....	100
Gráfico 4.1:5 Rango del IRI vs. Categoría (calles 2008).....	101
Gráfico 4.1:6 Rango del IRI vs. Categoría (calles 2012).....	102
Gráfico 4.1:7 Rango del IRI vs. Categoría (calles 2013).....	104
Gráfico 4.1:8 Rango del IRI vs. Categoría (calles 2014).....	105
Gráfico 4.1:9 Rango del IRI vs. Categoría (calles 2016).....	106
Gráfico 4.1:10 Rango del PCI vs. Calificación.....	107
Gráfico 4.1:11 Rango del PCI vs. Calificación (Calles 2008)	108
Gráfico 4.1:12 Rango del PCI vs. Calificación (Calles 2012)	109
Gráfico 4.1:13 Rango del PCI vs. Calificación (Calles 2013)	110
Gráfico 4.1:14 Rango del PCI vs. Calificación (Calles 2014)	111
Gráfico 4.1:15 Rango del PCI vs. Calificación (Calles 2016)	112
Gráfico 4.1:16 Volumen de tráfico según el tipo de vehículos.....	116
Gráfico 4.2:1 Curva del IRI promedio de los años en estudio.....	118
Gráfico 4.2:2 Curva del PCI promedio de los años en estudio	119