

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 NUEVO EN EL TRAMO DE LA COMUNIDAD DE
CARACHIMAYO”**

AUTOR: CASTILLO SEGOVIA CYNTHIA VANESSA

Proyecto de aplicación presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar por el Grado Académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE II – 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

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

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

TRIBUNAL:

.....
Ing. Laura K. Soto Salgado

.....
Ing. Marcelo Segovia Cortez

.....
Ing. Ada López Rueda

ADVERTENCIA:

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

Primeramente, a Dios, por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener sueño desea.

Seguidamente con mucho cariño para toda mi familia, en especial para mis padres que me dieron la vida y ha estado conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS:

Dios por guiarme en mi camino y permitirme concluir con mi objetivo.

A mis padres por se pilares fundamentales en mi vida, por confiar y creer en mí, por sus consejos, amor, paciencia y buenos valores que me han inculcado, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hija, son los mejores padres.

A mi hermano, por estar siempre en momentos importantes de mi vida

A mi esposo por se apoyo incondicional en mi vida, que con su amor y respaldo me ayuda alcanzar mis objetivos.

A mi hijo, por ser mi inspiración y fuerzas para terminar mi formación profesional.

A mis docentes por el conocimiento impartido, por la orientación y guía en mi desarrollo profesional

PENSAMIENTO:

Aun que nadie ha podido regresar atrás y hacer un nuevo comienzo, cualquiera puede recomenzar ahora y hacer un nuevo final.

Jonathan García - Allen

ÍNDICE
CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA.	1
1.2.1. Conceptualización puntual del objeto de estudio.	1
1.2.2. Descripción del fenómeno ocurrido.....	2
1.2.3. Breve explicación de la perspectiva de solución.	2
1.2.4. Planteamiento del problema.....	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. ALCANCE	3
1.5. JUSTIFICACIÓN	3
1.6. MARCO TEÓRICO	4
1.6.1. Marco conceptual.....	4
1.6.2. Marco normativo.....	6
1.7. HIPÓTESIS	6
1.8. DISEÑO METODOLÓGICO.	6
1.8.1. Unidad de estudio o muestreo.....	6
1.8.2. Población y muestra.....	6
1.8.3. Tamaño de la muestra.	6
1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo.	7
1. 9.VARIABLES	7
1.10.MEDIOS.	8

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

	Pág.
2.1. PAVIMENTO.....	12
2.1.1. Características funcionales y estructurales.	13
2.1.2. Tipos de pavimento.....	14
2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	14
2.2.1. Capas del pavimento flexible.....	14
2.2.2. Funciones de las capas de un pavimento flexible.	15
2.3. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	16
2.3.1. Importancia de la evaluación.	16
2.3.2. Tipos de evaluación.	17
2.3.2.1. Evaluación superficial.	17
2.3.2.1.1. Método para determinar las irregularidades superficiales de los pavimentos mediante HI-LO.....	17
2.3.2.1.2. Método para determinar la macrotextura del pavimento mediante ensayo del círculo de arena.	25
2.3.2.1.3. Método para determinar el coeficiente de resistencia al deslizamiento con péndulo Británico. (TRRL).....	31
2.3.2.1.4. Método para el Índice de Regularidad Internacional IRI.	48
2.3.2.1.5. Método para el Índice de Fricción Internacional IFI.	60
2.3.2.2. Evaluación estructural de pavimentos flexibles.	63
2.3.2.2.1. Métodos de evaluación estructural.	63
2.3.2.2.2. Métodos directos de evaluación.....	63
2.3.2.2.3. Métodos indirectos de evaluación.....	64
2.3.2.2.4. Medición de deflexión estática o de movimiento lento.	65

2.3.2.2.4.1. Viga Benkelman.....	65
----------------------------------	----

CAPITULO III

APLICACIÓN DE LA PRÁCTICA

	Pág.
3.1. UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.	73
3.2. EVALUACIÓN SUPERFICIAL.....	75
3.2.1. Método HI-LO	75
3.2.1.1. Procedimiento de la práctica.....	75
3.2.2.2. Datos de campo.....	78
3.2.2.3. Procedimiento de cálculo.....	79
3.2.2.4. Análisis de resultados.	80
3.2.2. Método círculo de arena.	81
3.2.2.1. Procedimiento de la práctica.....	81
3.2.2.2. Procedimiento de cálculo.....	83
3.2.2.3. Análisis de resultados de círculo de arena	84
3.2.3. Método Péndulo Británico.....	85
3.2.3.1. Procedimiento de la práctica.....	85
3.2.3.2. Procedimiento de cálculo.....	88
3.2.3.3. Análisis de resultados del péndulo Británico.....	89
3.2.4. Método IRI.....	90
3.2.4.1. Procedimiento de la práctica.....	90
3.2.4.2. Datos y cálculos de la practica.....	92
3.2.4.3. Análisis de resultados del IRI.	99
3.2.5. Método IFI.....	101

3.2.5.1.	Cálculos del IFI por tramo.....	101
3.2.5.2.	Análisis de resultados del IFI por tramo.....	105
3.2.5.3.	Cálculos del IFI tomando en cuenta todo el tramo.....	106
3.2.5.4.	Análisis de resultados del IFI.....	109
3.3.	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL.....	110
3.3.1.	Viga Benkelman.	110
3.3.1.1.	Procedimiento de la práctica.....	110
3.3.1.2.	Datos de la práctica.....	113
3.3.1.3.	Procedimiento de cálculo.....	113
3.3.1.4.	Análisis de resultados.	117
3.4.	CUADROS DE RESUMEN.	118

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1. CONCLUSIONES.....	120
4.2. RECOMENDACIONES.....	122

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pág.
Figura. 1.1. Balanza.	8
Figura. 1.2. Arena calibrada.....	8
Figura. 1.3. Flexómetro.....	8
Figura. 1.4. Embudo.....	8
Figura. 1.5. Pala recogedora de arena.	8
Figura. 1.6. Tubo de ensayo.....	9
Figura. 1.7. Dispense de agua.	9
Figura. 1.8. Brocha.....	9
Figura. 1.9. Péndulo Británico y termómetro superficial.....	9
Figura. 1.10. Estacion total Sokkia.	10
Figura. 1.11. Disco para esparcir.	10
Figura. 1.12. Trípode y prisma.....	10
Figura. 1.13. Viga Benkelman.	11
Figura. 1.14. Detector HI-LO.....	11
Figura. 2.1. Transmision de la carga de una rueda a traves del pavimento.	12
Figura. 2.2. Capas del pavimento flexible.....	14
Figura. 2.3. Detector HI-LO.....	24
Figura. 2.4. Equipo para medir profundidad de macrotextura de la superficie del pavimento.	30
Figura. 2.5. Péndulo de TRRL.	42
Figura. 2.6. Detalle del brazo del péndulo.	43
Figura. 2.7. Detalle de la disposición de la zapata de goma.	44

Figura. 2.8. Zapata para medidas sobre pavimentos.	44
Figura. 2.9. Detalle de la superficie rozada sobre la zapata.	45
Figura. 2.10. Regla graduada para ajustar la longitud de medida sobre la supreficie del ensayo.....	45
Figura. 2.11. Detalle del dispositivo del desplazamiento vertical del péndulo.	46
Figura. 2.12. Detalle del mecanismo de suspensión del péndulo.....	47
Figura. 2.13. Escala para cuantificar el IRI.....	53
Figura. 2.14. Macrotextura y microtextura.	61
Figura. 2.15. Ensayo de la viga Benkelman.....	65
Figura. 2.16. Viga Benkelman.	67
Figura. 3.1. Ubicación del lugar.....	73
Figura. 3.2. Banner de inauguración.	74
Figura. 3.3. Tramo evaluado.	75
Figura. 3.4. Equipo HI-LO, puesto en marcha.....	76
Figura. 3.5. Visualización de un bajo.....	77
Figura. 3.6. Equipo detector HI-LO.....	77
Figura. 3.7. Pesaje de la arena.....	81
Figura. 3.8. Limpieza del sector.....	81
Figura. 3.9. Arena sobre la superficie.	81
Figura. 3.10. Vaciado de la arena sobre la superficie.	81
Figura. 3.11. Esparcimiento de la arena.....	82
Figura. 3.12. Realizando el ensayo del círculo de arena.	82
Figura. 3.13. Calibración del pendulo Britanico.	86
Figura. 3.14. Medición de la huella de la zapata de goma.	86
Figura. 3.15. Inicio del ensayo.....	87

Figura. 3.16. Ensayo péndulo Británico.....	87
Figura. 3.17. Lecturación ensayo péndulo Británico.	87
Figura. 3.18. Calificación.....	89
Figura. 3.19. Nivelando la estación total.....	90
Figura. 3.20. Almacenando datos.	90
Figura. 3.21. Prismas en posición.	91
Figura. 3.22. Cota vs distancia.....	98
Figura. 3.23. Curva de comportamiento del tramo.	104
Figura. 3.24. Curva de comportamiento proyecto.....	109
Figura. 3.25. Pesaje de la volqueta.....	110
Figura. 3.26. Posicionamiento de la viga Benkelman.....	111
Figura. 3.27. Colocado a 0 el dial.	111
Figura. 3.28. Puesta en marcha de la volqueta.....	111
Figura. 3.29. Recuperación del asfalto.....	112
Figura. 3.30. Lecturación.	112
Figura. 3.31. Deflexión máxima	116
Figura. 3.32. Radio de curvatura.....	116

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 2.1. Multas por irregularidades.	23
Tabla 2.2. Espaciamiento de las muestras puntuales asociadas a muestreo sistemático según CV y longitud de la unidad de muestreo (m).	40
Tabla 2.3. Equipos utilizados para la medición de la regularidad superficial de pavimentos.	55
Tabla 2.4. Parametros del IRI en Chile. Ministerio de obras publicas de Chile.	56
Tabla 2.5. Parametros del IRI. CR - 2002.	56
Tabla 2.6. Parametros del IRI. Ministerio de Fomento de España.	57
Tabla 2.7. Parametros del IRI. WisDOT Wisconsin Estados Unidos.	57
Tabla 2.8. Parametros del IRI. Suecia.	57
Tabla 2.9. Parametros del IRI. Ministerio de Oras Publicas de El Salvador	58
Tabla 2.10. Parametros del IRI. Quebec, Canada.	58
Tabla 2.11. Parametros del IRI. Eslovenia.	58
Tabla 2.12. Parametros del IRI. Portugal.	59
Tabla 2.13. Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento.	69
Tabla 3.1. Datos de HI-LO.	78
Tabla 3.2. Calculo HI-LO.	79
Tabla 3.3. Multas por irregularidades superficiales.	80
Tabla 3.4. Resultado de la macrotextura de la progresiva ejemplo.	83
Tabla 3.5. Resultados Circulo de Arena.	84
Tabla 3.6. Calificación referencial.	87
Tabla 3.7. Datos del IRI ejemplo.	91

Tabla 3.8. Resultados IRI por tramo.	98
Tabla 3.9. Multas por incumplimiento del IRI.....	99
Tabla 3.10. Resultado del IRI, comparación norma Boliviana y Chilena.....	99
Tabla 3.11. Cálculos de promedios para IFI.	100
Tabla 3.12. Lecturas corregidas por temperatura.....	101
Tabla 3.13. Tratamiento estadístico de circulo de arena y péndulo Británico	101
Tabla 3.14. Resultados de IFI.	102
Tabla 3.15. Fricción para diferentes velocidades.....	102
Tabla 3.16. Resultados por tramo IFI.....	104
Tabla 3.17. Datos generales para el IFI.....	105
Tabla 3.18. Tratamiento estadístico.	107
Tabla 3.19. Corrección por temperatura y clasificación del péndulo Británico.....	107
Tabla 3.20. Constantes	107
Tabla 3.21. Resultados de fricción y textura.....	107
Tabla 3.22. Fricción para distintas velocidades de todo el proyecto	107
Tabla 3.23. Datos de campo viga Benkelman de la progresiva 1+000 a 1+900	112
Tabla 3.24. Resultados del tramo ejemplo	114
Tabla 3.25. Resultados de la deflexión.	116

ANEXOS

Anexo 1 – Datos del Circulo de Arena

Anexo 2 – Cálculos de la macrotextura.

Anexo 3 – Datos del Péndulo Británico.

Anexo 4 – Cálculos de la fricción.

Anexo 5 – Datos del levantamiento topográfico

Anexo 6 – Calculo del IRI.

Anexo 7 – Cálculos del IFI.

Anexo 8 – Datos Viga Benkelman.

Anexo 9 – Calculo de la Deflexión.

Anexo 10 - Manuales de carreteras

Anexo 11 - Fotografias

Anexo 12 – Permisos.