

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN DEL  
TRAMO RANCHO NORTE-TRANCA PAJCHANI”**

**Por :**

**PACHECO CUNO ELIZABETH LOURDES**

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico licenciatura  
en Ingeniería Civil

**SEMESTRE II -2023**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE**

**COMUNICACIÓN**

**“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN DEL  
TRAMO RANCHO NORTE-TRANCA PAJCHANI”**

**Por:**

**PACHECO CUNO ELIZABETH LOURDES**

**SEMESTRE II – 2023**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Este Proyecto de Grado está dedicado a:

**A MIS PADRES:** Desiderio Pacheco Gabriel y Dora Cuno Paco, porque ellos son la fuente de inspiración, por haberme forjado como la persona que ahora soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

	<b>Página</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 DISEÑO TEÓRICO.....	3
1.3.1 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1.1 Situación problemática.....	3
1.3.1.2 Delimitación temporal.....	3
1.3.1.3 Formulación del problema .....	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 HIPOTESIS.....	4
1.5.1 Formulación de la hipótesis .....	4
1.6 OPERACIONES DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES. ....	5
1.6.1. Conceptualización y operacionalización de variables.....	5
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
1.7.1 Determinación del alcance de la investigación .....	5
2.1 MANTENIMIENTO.....	7

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTO TEÓRICO

	<b>Página</b>
2.1.1 Mantenimiento rutinario.....	7

2.1.1.1 Entorno de la vía .....	7
2.1.2 Mantenimiento periódico .....	7
2.1.2.1 Tratamientos superficiales .....	8
2.1.3 Mantenimiento de emergencias.....	9
2.2 PLAN DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN.....	9
2.2.1 Aspectos relevantes del plan de mantenimiento .....	9
2.2.1.1 Factores económicos .....	10
2.2.1.2 Aspectos institucionales .....	10
2.2.1.3 Normas .....	11
2.2.1.4 Consideración del tráfico .....	11
2.2.2 Aspectos relevantes de prevención .....	11
2.2.2.1 Señalización .....	11
2.2.2.2 Drenaje .....	11
2.2.2.3 Limpieza.....	12
2.3 SISTEMA DE GESTIÓN .....	12
2.3.1 Planeación .....	12
2.3.2 Programación .....	12
2.3.3 Ejecución y Control.....	13
2.3.4 Evaluación de Resultados/Retroalimentación.....	13
2.4 PAVIMENTO .....	13
2.4.1 Pavimento flexible .....	13
2.4.2 Funciones de las capas de un pavimento.....	13
2.4.3 Serviciabilidad Funcional.....	14
2.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO).....	15
2.5.1 Tipo de superficie del pavimento que se inspecciona.....	17

2.5.2 Evaluación de la Condición: .....	18
2.5.3 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo .....	18
2.5.3.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica .....	18
2.6 CLASIFICACIÓN DE SERVICIABILIDAD (PSR) .....	20
2.6.1 Determinación de la muestra.....	21
2.6.2 Diseño de la encuesta.....	21
2.7 ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI).....	22
2.7.1 Péndulo Británico.....	23
2.7.1.1 Equipo y materiales.....	23
2.7.2 Círculo de arena .....	25
2.7.2.1 Equipo y materiales.....	26
2.8 ENSAYO DEL IRI .....	28
2.8.1 Factores que Afectan la Rugosidad de los Pavimentos.....	28
2.8.2 Valores límites del IRI .....	29
2.8.3 Descripción de equipos de medición de rugosidad .....	31
2.8.3.1 Representación de las partes de un equipo Merlin.....	31
2.8.4 El tablero del Merlín .....	32
2.8.5 Método para el cálculo de la rugosidad.....	32
2.8.6 Factor de corrección para ajuste de “D” .....	33
2.8.7 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI.....	34
2.9 TRÁFICO VEHICULAR.....	34
2.9.1 Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).....	34
2.9.2 Tráfico futuro .....	35
2.9.3 Tráfico existente.....	35
2.9.4 Nivel de servicio y parámetros que lo describen .....	35

**CAPÍTULO III**  
**APLICACIÓN PRÁCTICA**

	<b>Página</b>
3.1. INTRODUCCIÓN .....	39
3.1.1 Componentes.....	39
3.1.1.1 Unidad de estudio.....	39
3.1.1.2 Tipo de investigación .....	39
3.2 ESQUEMA DEL TIPO DE EVALUACIÓN USADA .....	40
3.3 UBICACIÓN.....	41
3.3.1 Características generales de la vía y zona de influencias.....	41
3.3.2 Condiciones climáticas.....	42
3.4 DETERMINACIÓN DEL PCI .....	42
3.4.1 Unidades de muestreo .....	42
3.4.2 Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación .....	43
3.4.3 Selección de las unidades de muestreo para la inspección .....	44
3.3.4 Procedimiento del cálculo del método PCI.....	45
3.5 DETERMINACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD DE LA VÍA DE ESTUDIO PSR .....	52
3.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI).....	55
3.6.1 Ensayo péndulo británico.....	55
3.6.2 Ensayo círculo de arena .....	57
3.6.3 Cálculo del IFI.....	59
3.7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI).62	
3.7.1 Método dispositivo basado en el equipo de Merlín .....	62
3.8 TRÁFICO VEHICULAR.....	63

3.9 ANÁLISIS DE RESULTADO EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO .....	64
3.9.1. Análisis de los resultados de la evaluación del PCI.....	64
3.9.2 Análisis de resultados de la serviciabilidad PSR .....	67
3.9.3 Análisis de los resultados de la evaluación IFI .....	67
3.9.4 Análisis de los resultados de la evaluación IRI.....	68
3.9.5 Análisis de los resultados del estudio de tráfico .....	69
3.10 CRITERIOS DE INSPECCIÓN .....	70
3.11 ANÁLISIS Y CORRELACIÓN DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL .....	82
3.11.1 Prevención.....	83
3.11.1.1 Ficha de inspección visual de señalización vertical .....	89
3.11.1.2 Ficha de inspección visual de señalización horizontal.....	89
3.12 PLANTILLAS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....	90
3.12.1 Plantillas de mantenimiento para un periodo de corto plazo .....	90
3.12.2 Plantillas de mantenimiento rutinario para mediano plazo .....	93
3.12.3 Plantillas de mantenimiento periódico .....	100
3.13 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....	100
3.14 PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	101
3.15 VALORACIÓN EN EL TIEMPO .....	103
3.16 ANÁLISIS POR EL TIPO DE MANTENIMIENTO.....	103

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
4.1 CONCLUSIONES .....	105



BIBLIOGRAFÍA

**ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO 1. Índice de Condición del Pavimento método PCI

ANEXO 2. Encuesta aplicada para el PSR

ANEXO 3. Evaluación superficial del pavimento IFI

(Índice de Fricción Internacional)

ANEXO 4. Determinación de Rugosidad (con el equipo Merlín)

ANEXO 5. Determinación del Tráfico Vehicular

ANEXO 6. Inventario vial para cunetas y barrera de protección

ANEXO 7. Inventario vial para señalización vertical

ANEXO 8. Inventario vial para señalización horizontal

ANEXO 9. Precio unitario de cada ítem

ANEXO 10. Registro fotográfico

ANEXO 11. Solicitud de información de la ABC

## ÍNDICE DE TABLA

	<b>Página</b>
Tabla 1.1 Conceptualización.....	5
Tabla 2.1 Niveles de clasificación del pavimento según el PCI .....	16
Tabla 2.2 Niveles de serviciabilidad .....	20
Tabla 2.3 Variables y subvariables evaluadas.....	21
Tabla 2.4 Relación de rangos PSI vs QI vs PCI.....	30
Tabla 2.5 Valores iniciales del IRI.....	30
Tabla 2.6 Características típicas de las carreteras y caminos.....	37
Tabla 3.1 Características generales del tramo.....	42
Tabla 3.2 Cuadro de precipitación y temperaturas medias mensuales y anuales.....	42
Tabla 3.3 Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	43
Tabla 3.4 Hoja de registro con datos del campo .....	46
Tabla 3.5 Cálculo valor deducido CDV .....	49
Tabla 3.6 Resultados finales del PCI .....	50
Tabla 3.7 Preguntas relacionadas con la variable movilidad .....	53
Tabla 3.8 Preguntas relacionadas con la variable seguridad.....	53
Tabla 3.9 Preguntas relacionadas con la variable comodidad.....	54
Tabla 3.10 Resultados de los coeficientes.....	54
Tabla 3.11 Datos de campo del círculo de arena y péndulo Británico del tramo 1 .....	59
Tabla 3.12 Resultado de IFI .....	62
Tabla 3.13 Resultado de microtextura .....	62
Tabla 3.14 Resultado del PCI y su calificación .....	64
Tabla 3.15 Cantidad de fallas.....	64
Tabla 3.16 Fallas predominantes del tramo .....	66
Tabla 3.17 Resultado del PSR y su calificación .....	67

Tabla 3.18 Resultado del IFI del tramo en estudio .....	67
Tabla 3.19 Resultado del tramo en estudio .....	68
Tabla 3.20 Resultado del tramo en estudio .....	69
Tabla 3.21 Planilla de tráfico del tramo en estudio.....	69
Tabla 3.22 Ficha de inspección visual .....	71
Tabla 3.23 Ficha de análisis visual .....	84
Tabla 3.24 Ficha de inspección visual señalización vertical.....	89
Tabla 3.25 Ficha de inspección visual señalización horizontal .....	89
Tabla 3.26 Plantilla de mantenimiento para limpieza de cunetas a máquina.....	91
Tabla 3.27 Plantilla de mantenimiento para limpieza y desbroce a máquina .....	92
Tabla 3.28 Plantilla para reposición de marcas en el pavimento .....	93
Tabla 3.29 Plantilla para remplazo o instalación de tachas reflectivas ( Ojos de gato)...	94
Tabla 3.30 Plantilla para reparación de defensas laterales metálicas ( Flex Beam) .....	95
Tabla 3.31 Plantilla para reductores de velocidad .....	96
Tabla 3.32 Plantilla para sellados de fisuras .....	97
Tabla 3.33 Plantilla para reposición de postes para señales verticales .....	98
Tabla 3.34 Plantilla para reposición o instalación de placas de señales verticales .....	99
Tabla 3.35 Plantilla para bacheo superficial .....	100
Tabla 3.36 Cómputos métricos para corto plazo.....	101
Tabla 3.37 Precio referencial para corto plazo.....	101
Tabla 3.38 Cómputos métricos para mediano plazo .....	102
Tabla 3.39 Precio referencial para mediano plazo .....	102

## ÍNDICE DE FIGURA

	<b>Página</b>
Figura 2.1 Fases del sistema de gestión .....	12
Figura 2.2 Estructuras típicas de pavimento flexible .....	13
Figura 2.3 Índice de serviciabilidad para carretera pavimentada.....	15
Figura 2.4 Péndulo Británico .....	24
Figura 2.5 Ensayo círculo de arena.....	26
Figura 2.6 Materiales básicos.....	26
Figura 2.7 Escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.....	29
Figura 2.8 Equipo de Merlín.....	32
Figura 3.1 Esquema del tipo de evaluación .....	40
Figura 3.2 Carretera de estudio .....	41
Figura 3.3 Curva de valor deducido fisura longitudinal y transversal .....	47
Figura 3.4 Deslizamiento .....	48
Figura 3.5 Grieta de deslizamiento .....	48
Figura 3.6 Curva de valor deducido corregido.....	49
Figura 3.7 Encuesta de vehículos de la zona de estudio .....	52
Figura 3.8 Nivelación y calibración del equipo .....	55
Figura 3.9 Colocación de la posición inicial del equipo .....	56
Figura 3.10 Humedecimiento del pavimento .....	56
Figura 3.11 Pesaje de la arena calibrada .....	57
Figura 3.12 Formación del círculo de arena.....	58
Figura 3.13 Medición diámetro horizontal y vertical.....	58
Figura 3.14 Ejecución del ensayo, operador .....	63

## ÍNDICE DE GRÁFICA

### Página

Gráfica 3.1 Números de fallas del PCI en el tramo.....	65
Gráfica 3.2 Fallas predominantes del tramo .....	66
Gráfica 3.3 Valoración del tiempo .....	103