

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



**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA  
AVENIDA GAMONEDA POR LOS MÉTODOS DEL IRI, PCI Y PSI**

Por:

María Cristina Burgos Herbas

Septiembre del 2015

TARIJA – BOLIVIA

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

**EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AVENIDA GAMONEDA POR LOS  
MÉTODOS DEL IRI, PCI Y PSI**

Por:

**MARÍA CRISTINA BURGOS HERBAS**

Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en ingeniería Civil.

Septiembre del 2015

TARIJA – BOLIVIA

**VºBº**

.....  
Ing. Armando Almendras Saravia  
**TUTOR**

.....  
Ing. Ernesto Alvares  
**DECANO DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....  
Msc. Lic. Marlene Hoyos M  
**DIRECTORA DEL DPTO.  
VIRTUAL Y A DISTANCIA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Jose Antonio Torrez Vargas

.....  
Ing. Pablo Antonio Chambi Gareca

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

### **AGRADECIMIENTO:**

Primero a Dios que me brindó la capacidad y fortaleza para poder emprender este trabajo.

A mi familia que estuvo presente en cada momento y me aconsejó de la mejor manera para poder terminar mis estudios.

A mis docentes que me impartieron sus conocimientos de la mejor forma con el objetivo de poder lograr una brillante formación académica.

**DEDICATORIA:**

Este Trabajo de Tesis va dedicado a mis padres y mi esposo que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional en todos los momentos para poder terminar con mis estudios y ser un verdadero profesional y seguir adelante.

## ***INDICE GENERAL***

	<b>Pagina</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Generalidades.....	1
1.2 Situación Problemica.....	4
1.2.1. Problema.....	5
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Hipótesis.....	6
1.5 Objeto de Estudio.....	7
1.6 Campo de Acción.....	7
1.7 Alcance.....	7
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Estudio de las características de los pavimentos flexible.....	9
2.1.1 Pavimentos flexibles.....	9
2.1.2 Funciones de los elementos de un pavimento flexible.....	10
2.2 Tipos de pavimentos flexibles.....	11
2.2.1 Pavimentos flexibles sobre base de empedrado.....	12
2.2.2 Características y propiedades del pavimento.....	14
2.2.2.1 El cemento asfáltico.....	15
2.2.2.2 Los agregados pétreos.....	16

2.2.2.3	La mezcla asfáltica.....	16
2.3	Tipos de fallas y daños en pavimentos flexibles.....	19
2.3.1	Fisuraciones o agrietamientos.....	21
2.3.1.1	Grietas longitudinales y transversales.....	21
2.3.1.2	Grietas de reflexión de juntas (losa de concreto de cemento)....	23
2.3.1.3	Grieta de borde.....	24
2.3.1.4	Piel de cocodrillo.....	25
2.3.1.5	Agrietamiento en bloque.....	27
2.3.1.6	Grietas de deslizamiento.....	28
2.3.2	Deformaciones.....	30
2.3.2.1	Abultamientos y hundimientos.....	30
2.3.2.2	Corrugación.....	32
2.3.2.3	Depresión.....	34
2.3.2.4	Huecos.....	35
2.3.2.5	Ahuellamiento.....	37
2.3.2.6	Hinchamiento.....	38
2.3.3	Desintegraciones.....	40
2.3.3.1	Exudación.....	40
2.3.3.2	Pulimiento de agregados.....	41
2.3.3.3	Desprendimiento de agregados.....	43
2.3.4	Otros.....	45
2.3.4.1	Parcheo.....	45
2.3.4.2	Desnivel carril / berma.....	46
2.3.4.3	Rejillas de drenaje – Tapas de alcantarillado.....	47
2.3.4.4	Desplazamiento.....	48
2.4	Métodos de evaluación superficial de pavimentos flexibles.....	50
2.4.1	Determinación del Índice de rugosidad internacional (IRI).....	50

2.4.1.1	Definiciones del Índice de rugosidad internacional (IRI).....	50
2.4.1.2	Cálculo del Índice de rugosidad internacional (IRI).....	52
2.4.2	Tipos de equipos existentes para la medición de la rugosidad.....	53
2.4.2.1	Nivel y mira topográfica.....	53
2.4.2.2	Dipstick.....	54
2.4.2.3	Perfilógrafos.....	54
2.4.2.4	Equipos tipo respuesta (RTRRMS).....	55
2.4.2.5	Perfilómetro inercial.....	56
2.4.2.6	El Merlín.....	56
2.4.3	Determinación del IRI.....	57
2.4.4	Índice de condición del pavimento (PCI).....	57
2.4.4.1	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.....	59
2.4.4.2	Calculo del PCI de una sección de pavimento.....	65
2.4.5	Índice de serviciabilidad presente (PSI).....	65
2.5	Conservación de pavimentos flexibles.....	68
2.5.1	Gestión de conservación de vías.....	68
2.5.2	Actuaciones de conservación y rehabilitación.....	72
2.5.3	Rehabilitación funcional.....	74
2.5.4	Rehabilitación estructural.....	76
2.5.4.1	Refuerzos de pavimentos.....	76
2.5.5	Reciclado de pavimentos.....	78
2.5.4.1	Objetivos del reciclado.....	79
2.5.4.2	Descripción general del proceso del reciclado.....	79
2.5.6	Reconstrucción.....	80

## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

#### **LEVANTAMIENTO DE FALLAS.**

3.1 Información del área de estudio.....	82
3.1.1 Ubicación del tramo de estudio.....	82
3.1.2 Características del tramo en estudio.....	83
3.2 Procedimiento de medición de fallas superficiales.....	84
3.2.1 Seguridad.....	84
3.2.2 Personal.....	85
3.2.3 Equipo y material de trabajo.....	85
3.2.4 Costos.....	86
3.3 Evaluación del estado superficial del pavimento.....	86
3.4 Metodologías planteadas.....	88
3.4.1 Metodología del IRI.....	89
3.4.1.1 Proceso de campo.....	92
3.4.1.2 Proceso de gabinete.....	93
3.4.2 Metodología del PCI.....	94
3.4.3 Metodología del PSI.....	96
3.5 Análisis de la relación IRI, PCI y PSI.....	97
3.6 Análisis de la condición del estado del pavimento.....	98
3.6.1 Determinación del IRI.....	98
3.6.2 Determinación del PSI.....	99
3.6.3 Determinación del PSI.....	99
3.7 Diagnóstico general del estado del pavimento.....	100
3.8 Soluciones recomendadas para el tramo evaluado.....	101
3.8.1 Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo.....	101

3.8.2 Grietas longitudinales y transversales.....	104
3.8.3 Grietas en los bordes.....	104
3.8.4 Abultamientos y Hundimientos.....	105
3.8.5 Corrugación.....	107
3.8.6 Huecos.....	107
3.8.7 Ahuellamiento.....	108
3.8.8 Desprendimiento de agregados.....	109
3.9 Costos de las actividades de rehabilitación.....	110
3.10 Resumen del costo total.....	117

## **CAPÍTULO IV**

### **COMENTARIOS FINALES Y RECOMENDACIONES**

4.1 Conclusiones .....	118
4.2 Recomendaciones.....	121

### ***INDICE DE CUADROS***

#### **CAPÍTULO 2**

#### **MARCO TEÓRICO**

<b><i>Cuadro</i></b>	<b><i>Página</i></b>
2.1 Características Físico – Mecánicas del Material de Empedrado.....	13
2.2 Características técnicas de la Subrasante y del Diseño Geométrico.....	14
2.3 Pavimentos Bituminosos Mezclados en Caliente en Planta Requisitos sobre Graduación (según FP-85) (Porcentaje en peso, que pasa cribas con mallas cuadradas, AASHTO T-11 y T-27).....	19
2.4 Niveles de severidad para huecos.....	37

2.5	Equipos existentes para la medición de la rugosidad.....	53
2.6	Rangos de calificación del PCI.....	58
2.7	Longitudes de unidades de muestreo.....	59
2.8	Coeficientes C1, C2, y C3.....	67
2.9	Rango de calificación del PSI.....	68
2.10	Distintos tipos de refuerzos.....	77

### **CAPÍTULO III**

#### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

##### **LEVANTAMIENTO DE FALLAS.**

<i>Cuadro</i>	<i>Página</i>	
3.1	Deltas según longitud máxima.....	91
3.2	Valores finales del IRI.....	93
3.3	Valores finales del PCI.....	96
3.4	Rango de relación IRI, PCI, PSI.....	98
3.5	Diagnóstico general del tramo.....	100
3.6	Porcentaje de fallas.....	100
3.7	Fallas que presentan los pavimentos flexibles.....	110
3.8	Grados de severidad de las fallas.....	111
3.9	Precio unitario del bacheo superficial.....	112
3.10	Precio unitario del parchado profundo.....	113
3.11	Precio unitario del sellado de fisuras moderadas.....	114
3.12	Precio unitario del sellado de fisuras severas.....	115
3.13	Precio unitario del sellado de carpeta asfáltica.....	116

## **INDICE DE FIGURAS**

### **CAPÍTULO 2**

#### **MARCO TEÓRICO**

<b><i>Figura</i></b>	<b><i>Página</i></b>
2.1 Sección típica de un pavimento flexible de hormigón asfáltico (carpeta).....	10
2.2 distribución de cargas en el pavimento flexible.....	11
2.3 Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m).....	21
2.4 Fisura transversal (FT, Unidad de medida: m).....	21
2.5 Fisuras por reflexión de juntas en placas de concreto (FJL o FJT, Unidad de medida: m).....	23
2.6 Fisuras de borde (FBD, Unidad de medida: m).....	24
2.7 Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m <sup>2</sup> ).....	26

2.8	Agrietamiento en bloque (FB, Unidad de medida: m2).....	27
2.9	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC, Unidad de medida: m2).....	29
2.10	Abultamiento (Unidad de medida: m2).....	30
2.11	Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m2).....	31
2.12	Corrugación (Unidad de medida: m2).....	33
2.13	Depresión (Unidad de medida: m2).....	34
2.13.1	Depresión de alta severidad.....	35
2.14	Hueco (Unidad de medida: m2).....	36
2.15	Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m2).....	38
2.16	Hinchamiento (Unidad de medida: m2).....	39
2.17	Exudación (EX, Unidad de medida: m2).....	41
2.18	Pulimento del agregado (PU, Unidad de medida: m2).....	42
2.18.1	Nivel moderado de pulimento.....	43
2.19	Desprendimiento de agregados (Unidad de medida: m2).....	44
2.20	Parche (PCH, Unidad de medida: m2).....	46
2.21	Desnivel carril / berma (Unidad de medida: m).....	47
2.22	Tapas de alcantarillado (Unidad de medida: m2).....	48
2.23	Desplazamientos (Unidad de medida: m2).....	49
2.24	Modelo de cuarto de carro.....	51
2.25	Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI.....	52
2.26	Nivel y mira topográfica.....	54
2.27	Equipo Dipstick.....	54
2.28	Perfilógrafo California.....	55
2.29	Equipo tipo respuesta (RTRRMS).....	55

2.30	Perfilómetro Inercial.....	56
2.31	El Merlín.....	56
2.32	Viga Benkelman.....	72
2.33	Construcción de nuevo pavimento.....	81

## **CAPÍTULO III**

### **APLICACIÓN PRÁCTICA**

#### **LEVANTAMIENTO DE FALLAS.**

<i>Figura</i>		<i>Página</i>
3.1	Imagen satelital del tramo en estudio.....	82
3.2	Inicio del tramo en estudio.....	83
3.3	Personal de apoyo.....	85
3.4	Equipo topográfico y material de trabajo.....	86
3.5	Procedimiento de medición de fallas superficiales.....	87
3.6	Metodología de medición de fallas (m2).....	89
3.7	Imagen del software INPACO.....	90
3.8	Curvas de Deducción para pavimento flexibles.....	95



