

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE VÍAS URBANAS APLICADO
AL TRAMO: AV. CIRCUNVALACIÓN Y AV. GAMONEDA – AV.
JULIO D. ECHAZÚ Y AV. JAIME PAZ Z.”**

POR:

OSWALDO SANTOS GARCÍA

**JULIO DEL 2011
TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**“TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN DE VÍAS URBANAS APLICADO
AL TRAMO: AV. CIRCUNVALACIÓN Y AV. GAMONEDA – AV.
JULIO D. ECHAZÚ Y AV. JAIME PAZ Z.”**

UNIV.: OSWALDO SANTOS GARCÍA

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA
CIV -502
PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL II**

**JULIO DEL 2011
TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

.....

Ing. Trinidad Baldiviezo Montalvo

PROFESOR GUÍA

.....

MSc. Ing. Luis Alberto Yurquina

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

.....

MSc. Lic. Gustavo Succi

VICE-DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

Aprobado por

TRIBUNAL:

.....

Ing. Ada López

.....

Ing. Moisés Díaz

.....

Ing. Wilson Yucra

ADVERTENCIA:

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

DEDICATORIA:

El presente trabajo es dedicado a mis padres: Inocencio Santos Rivera, Felicidad García Calderón y a mis hermanos, que con su amor y apoyo me alentaron a seguir adelante.

Oswaldo Santos García



AGRADECIMIENTO:

A mi familia, amigos y docentes que me ayudaron desde el principio de mi carrera universitaria hasta la realización del presente trabajo.



PENSAMIENTO:

Cuando quieras lograr algo, acuérdate que si haces el intento, es posible que no lo consigas, pero si no haces el intento, será absolutamente seguro que no lo conseguirás.

ÍNDICE

Página

CAPÍTULO I

“INTRODUCCIÓN”

1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Alcance	4

CAPÍTULO II

“CONFORMACIÓN, EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES”

2.1 Pavimento	6
2.1.1 Pavimento Flexible	7
2.1.1.1 Subrasante	8
2.1.1.2 Subbase.....	8
2.1.1.3 Base	10
2.1.1.4 Carpeta de Rodadura	11
2.1.2 Funciones de las Capas de un Pavimento Flexible.....	13
2.1.2.1 Subrasante	13
2.1.2.2 Subbase.....	13
2.1.2.3 Base	14

	Página
2.1.2.4 Carpeta de Rodadura	14
2.1.3 Pavimento Flexible sobre Base de Empedrado.....	15
2.1.4 Pavimento Rígido	16
2.2 Evaluación de Pavimentos.....	17
2.2.1 Importancia de la Evaluación de Pavimentos	18
2.2.2 Curva de Comportamiento de los Pavimentos.....	18
2.3 Tipos de Evaluación de Pavimentos	19
2.3.1 Evaluación Superficial.....	19
2.3.1.1 Procedimiento de Evaluación Superficial de Pavimentos.....	20
2.4 Manual de Daños	22
2.4.1 Piel de Cocodrilo.....	23
2.4.2 Exudación.....	25
2.4.3 Agrietamiento en Bloque.....	26
2.4.4 Abultamientos y Hundimientos	27
2.4.5 Corrugación.....	28
2.4.6 Depresión.....	29
2.4.7 Grieta de Borde.....	30
2.4.8 Grieta de Reflexión de Junta (de losas de concreto de cemento portland)	31
2.4.9 Desnivel Carril/Berma.....	32
2.4.10 Grietas Longitudinales y Transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento portland).....	33
2.4.11 Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	35
2.4.12 Pulimiento de Agregados	36
2.4.13 Huecos	37

	Página
2.4.14 Cruce de Vía Férrea (rejillas de drenaje - tapa de alcantarillado)	38
2.4.15 Ahuellamiento.....	39
2.4.16 Desplazamiento.....	40
2.4.17 Grietas de Deslizamiento	41
2.4.18 Hinchamiento.....	42
2.4.19 Meteorización / Desprendimiento de Agregados.....	43
2.5 Métodos de Evaluación Superficial del Pavimento Flexible	44
2.5.1 Índice de Condición del Pavimento (PCI- Pavement Condition Index)	44
2.5.1.1 Procedimiento de Evaluación de la Condición del Pavimento	45
2.5.1.1.1 Unidades de Muestreo.....	46
2.5.1.1.2 Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación	46
2.5.1.1.3 Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.....	47
2.5.1.1.4 Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.....	48
2.5.1.1.5 Evaluación de la Condición	49
2.5.1.2 Cálculo del (PCI) de las Unidades de Muestreo.....	49
2.5.1.2.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica	49
2.5.1.3 Cálculo del PCI de Una Sección de Pavimento.....	51
2.5.2 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI- Present Service Index)	52
2.5.3 Índice de Rugosidad Internacional (IRI - International Roughness Index)	54
2.5.3.1 Método para Determinar La Rugosidad (IRI).....	55
2.5.3.1.1 Perfilómetro Inercial con Sensores Láser (RSP)	56
2.5.3.1.2 Merlín.....	58
2.5.3.1.3 Mira y Nivel de Ingeniero.....	60

	Página
2.6 Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos Flexibles.....	62
2.6.1 Mantenimiento	65
2.6.1.1 Mantenimiento Rutinario	66
2.6.1.2 Mantenimiento Diferido.....	66
2.6.1.3 Mantenimiento Periódico.....	67
2.6.2 Refuerzo	67
2.6.3 Reciclado	68
2.6.3.1 Campos de Aplicación del Reciclaje.....	69
2.6.3.2 Ventajas de las Técnicas de Reciclado.....	70
2.6.3.3 Tipos de Reciclaje.....	71
2.6.3.3.1 Reciclaje Superficial (en el lugar).....	71
2.6.3.3.2 Reciclaje en Frío (in-situ)	74
2.6.3.3.3 Reciclaje en Caliente (en planta).....	75
2.6.4 Reconstrucción y Construcción (obra nueva).....	76

CAPÍTULO III

“APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TEMA”

3.1 Información del Área de Estudio	78
3.1.1 Ubicación del Tramo de Estudio.....	78
3.1.2 Especificaciones Técnicas Básicas del Pavimento	79
3.2 Evaluación del Tramo (método PCI).....	81
3.2.1 Justificación del Método	81
3.2.2 Toma de Información	82

	Página
3.2.3 Medición de las Fallas o Deterioros	83
3.2.3 Acciones a Seguir Según el Valor de PCI.....	84
3.3 Valores de PCI Obtenidos	84
3.3.1 Porcentaje de las Fallas más Representativas por Subtramo	91
3.3.1.1 Subtramo 1	91
3.3.1.1 Subtramo 2	92
3.3.1.1 Subtramo 3	93
3.3.1.1 Subtramo 4	94
3.4 Soluciones a las Fallas Encontradas	94
3.4.1 Agrietamientos.....	95
3.4.1.1 Piel de Cocodrilo	95
3.4.1.2 Agrietamiento en Bloque	101
3.4.1.3 Grieta de Borde.....	103
3.4.1.4 Grieta de Reflexión de Junta.....	104
3.4.1.5 Grietas Longitudinales y Transversales	105
3.4.1.6 Cruce de Vía Férrea (rejilla de drenaje - tapa de alcantarillado).....	106
3.4.2 Distorsión	106
3.4.2.1 Abultamientos y Hundimientos	106
3.4.2.2 Corrugación.....	108
3.4.2.3 Depresión	108
3.4.2.4 Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos	111
3.4.2.5 Ahuellamiento.....	111
3.4.2.6 Hinchamiento.....	113

	Página
3.4.3 Desintegración	113
3.4.3.1 Huecos	113
3.4.3.2 Meteorización / Desprendimiento de Agregados	115
3.5 Costos de las Actividades de Rehabilitación.....	116
3.6 Programación de las Actividades de Rehabilitación.....	125
3.7 Resumen de Costos y Cronograma de Actividades.....	128
3.8 Especificaciones Técnicas del Pavimento	131
3.9 Actividades de Mantenimiento Vial	148

CAPÍTULO IV

“CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”

4.1 Conclusiones	153
4.2 Recomendaciones	156

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1 Niveles de severidad para huecos	38
Cuadro 2.2 Rangos de calificación del PCI.....	45
Cuadro 2.3 Valor de PCI y actividad de rehabilitación a realizar.....	45
Cuadro 2.4 Longitudes de unidades de muestreo.....	46
Cuadro 2.5 Coeficientes C_1 , C_2 , y C_3	53
Cuadro 2.6 Rango de calificación del PSI.....	54
Cuadro 2.7 Intervalos longitudinales de almacenamiento de datos (ASTM E950).....	56
Cuadro 2.8 Resolución en mediciones verticales (ASTM E950)	56
Cuadro 2.9 Deltas según longitud máxima.....	61
Cuadro 2.10 Ventajas de las Técnicas de Reciclado.....	70
Cuadro 3.1 Características Físico - Mecánicas de Material de Empedrado	79
Cuadro 3.2 Características de la subrasante y del diseño geométrico	79
Cuadro 3.3 Planilla para el inventariado de fallas.....	83
Cuadro 3.4 Acciones a seguir según el valor del PCI.....	84
Cuadro 3.5 Valores de PCI J.D.E. izquierda	86
Cuadro 3.6 Valores de PCI J.D.E. derecha.....	87
Cuadro 3.7 Valores de PCI Av. Gamoneda.....	88
Cuadro 3.8 División del tramo total en subtramos.....	90
Cuadro 3.9 Valores de PCI de cada subtramo	90
Cuadro 3.10 Porcentaje de las fallas más representativas	91
Cuadro 3.11 Porcentaje de las fallas más representativas	91
Cuadro 3.12 Porcentaje de las fallas más representativas	92

	Página
Cuadro 3.13 Porcentaje de las fallas más representativas	92
Cuadro 3.14 Porcentaje de las fallas más representativas	93
Cuadro 3.15 Porcentaje de las fallas más representativas	93
Cuadro 3.16 Porcentaje de las fallas más representativas	94
Cuadro 3.17 Agrupación de fallas según clasificación.....	95
Cuadro 3.18 Numeración de todas las fallas	116
Cuadro 3.19 Símbolos de los distintos grados de severidad de una falla.....	116
Cuadro 3.20 Precio unitario del bacheo superficial	117
Cuadro 3.21 Precio unitario del parchado profundo	118
Cuadro 3.22 Precio unitario del sellado de fisuras moderadas.....	119
Cuadro 3.23 Precio unitario del sellado de fisuras severas	120
Cuadro 3.24 Precio unitario de la carpeta asfáltica.....	121
Cuadro 3.25 Costos de Rehabilitación por subtramo.....	122
Cuadro 3.25 Costos de Rehabilitación por subtramo.....	123
Cuadro 3.25 Costos de Rehabilitación por subtramo.....	124
Cuadro 3.26 Días de reparación de cada falla	125
Cuadro 3.26 Días de reparación de cada falla	126
Cuadro 3.26 Días de reparación de cada falla	126
Cuadro 3.27 Resumen de reparación de cada falla	127
Cuadro 3.28 Cronograma de Actividades.....	127
Cuadro 3.29 Porcentajes por peso del material que pasa por tamices con Malla	132
Cuadro 3.30 Especificaciones de Materiales Bituminosos.....	137
Cuadro 3.31 Tipo de Materiales.....	137

	Página
Cuadro 3.32 Temperatura de Aplicación.....	138
Cuadro 3.33 Control de Calidad para Asfaltos Diluidos	140
Cuadro 3.34 Control de Calidad para Cemento Asfaltico	140
Cuadro 3.35 Tipos de Cemento Asfaltico.....	143
Cuadro 3.36 Requisitos de granulometría para el agregado del concreto asfáltico en caliente	145
Cuadro 4.1 Resumen de las actividades realizadas.....	155

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Comportamiento de pavimentos	7
Figura 2.2 Sección de un pavimento flexible	7
Figura 2.3 División de las superficies de rodadura	12
Figura 2.4 Carpeta asfáltica sobre base de empedrado	15
Figura 2.5 Sección de un pavimento rígido	16
Figura 2.6 Curva de comportamiento de pavimentos	19
Figura 2.7 Nivel alto de piel de cocodrilo	23
Figura 2.8 Nivel moderado de exudación	25
Figura 2.9 Nivel moderado de fisuramiento en bloque	26
Figura 2.10 Nivel moderado de abultamiento y hundimientos	27
Figura 2.11 Corrugación de media severidad	28
Figura 2.12 Depresión de alta severidad	29
Figura 2.13 Grieta de borde de alta severidad	30
Figura 2.14 Nivel bajo de grietas por reflexión de juntas	31
Figura 2.15 Desnivel carril / berma de media severidad	32
Figura 2.16 Nivel bajo de grieta transversal	33
Figura 2.17 Nivel moderado de grieta longitudinal	33
Figura 2.18 Parcheo y acometidas de servicios públicos de media severidad	35
Figura 2.19 Pulimento de agregados	36
Figura 2.20 Hueco de media severidad	37
Figura 2.21 Tapa de alcantarillado de media severidad	38
Figura 2.22 Cruce de vía férrea de alta severidad	38

	Página
Figura 2.23 Nivel alto de ahuellamiento.....	39
Figura 2.24 Desplazamiento de baja severidad.....	40
Figura 2.25 Grieta parabólica de media severidad.....	41
Figura 2.26 Hinchamiento de media severidad.....	42
Figura 2.27 Nivel bajo de desprendimiento de agregados.....	43
Figura 2.28 Valores típicos de IRI para distintos tipos pavimentos.....	55
Figura 2.29 Posición de sensores láser y acelerómetros de la viga del RSP.....	57
Figura 2.30 Equipo RSP en funcionamiento.....	57
Figura 2.31 Rugosímetro Merlín en funcionamiento.....	58
Figura 2.32 Esquema del rugosímetro MERLIN.....	59
Figura 2.34 Presentación del software para medición del IRI.....	60
Figura 2.35 Mantenimiento de pavimento.....	65
Figura 2.36 Refuerzo sobre el pavimento.....	67
Figura 2.37 Reciclado del pavimento.....	68
Figura 2.38 Reciclado Superficial del pavimento.....	71
Figura 2.39 Escarificado del pavimento a reciclar.....	74
Figura 2.40 Construcción de nuevo pavimento.....	76
Figura 3.1 Imagen satelital del tramo en estudio.....	78
Figura 3.2 Imagen del software UnalPCIA 2.0.....	85
Figura 3.3 Imagen de la división del tramo total en subtramos.....	89
Figura 3.4 Removiendo la superficie y la base.....	97
Figura 3.5 Aplicando la capa de pega a las caras verticales.....	97
Figura 3.6 Rellenando el hueco con mezcla en planta.....	97

	Página
Figura 3.7 Extendiendo la mezcla.....	97
Figura 3.8 Compactando la mezcla.....	98
Figura 3.9 Nivelando el parche	98
Figura 3.10 Cortando una cara vertical alrededor del área agrietada	99
Figura 3.11 Extendiendo la mezcla en planta sobre el área afectada.....	99
Figura 3.12 Extendiendo la mezcla en planta sobre el área afectada.....	99
Figura 3.13 Compactando con un compactador vibrante-plano	99
Figura 3.14 Aplicando la capa de pega.....	99
Figura 3.15 Colocando el parche delgado de mezcla en planta en caliente	99
Figura 3.16 Compactando con un compactador vibrante-plano	99
Figura 3.17 Regando asfalto sobre las grietas en piel de cocodrilo	100
Figura 3.18 Aplicando el agregado de cubierta.....	100
Figura 3.19 Apisonando la capa de sello con un rodillo de ruedas de goma	101
Figura 3.20 Limpiando grietas de encogimiento con aire comprimido	102
Figura 3.21 Aplicando la capa de pega.....	102
Figura 3.22 Llenando las grietas de encogimiento con sello de lechada.....	102
Figura 3.23 Aplicando un sello de lechada a la superficie	102
Figura 3.24 Aplicando la capa de pega.....	104
Figura 3.25 Extendiendo el material asfáltico mezclado en planta en caliente sobre un borde asentado	104
Figura 3.26 Compactando con una apisonadora	104
Figura 3.27 Limpiando la grieta con cepillo y aire comprimido.....	105
Figura 3.28 Sellando con una regadera y una maestra de mano	105
Figura 3.29 Recubriendo la superficie con arena seca.....	105

	Página
Figura 3.30 Alisando con una planta-calentadora.....	108
Figura 3.31 Demarcando y señalando un hundimiento	110
Figura 3.32 Lijando un borde	110
Figura 3.33 Limpiando la superficie	110
Figura 3.34 Aplicando la capa de pega.....	110
Figura 3.35 Nivelando el parche	110
Figura 3.36 Compactando el parche	110
Figura 3.37 Colocando el sello de arena.....	110
Figura 3.38 Demarcando una depresión	112
Figura 3.39 Aplicando la capa de pega.....	112
Figura 3.40 Extendiendo mezcla en planta densamente gradada.....	112
Figura 3.41 Compactando con el rodillo	112
Figura 3.42 Colocando un recubrimiento delgado de material mezclado en planta en caliente	112
Figura 3.43 Reparación permanente de un hueco	114
Figura 3.44 Limpiando el hueco del material suelto.....	114
Figura 3.45 Utilizando el calentador infrarrojo.....	114
Figura 3.46 Llenando el hueco con mezcla almacenada	115
Figura 3.47 Usando el compactador vibrante plano	115
Figura 3.48 Secando el parche con el calentador infrarrojo	115

ANEXOS

ANEXO I.....CUANTIFICACIÓN DE LAS FALLAS

ANEXO II.....ÁBACOS, SEVERIDAD – DENSIDAD, MÉTODO PCI

ANEXO IIICÁLCULO COMPUTARIZADO

ANEXO IVFOTOGRAFÍA DE LAS FALLAS