

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



“PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS
RÍGIDOS APLICADOS A NUESTRO MEDIO”

POR: RICARDO ALEX CORTEZ SÁNCHEZ

JULIO DE 2013
TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS
RÍGIDOS APLICADOS A NUESTRO MEDIO”

POR: RICARDO ALEX CORTEZ SÁNCHEZ

Proyecto de Grado CIV. 502 presentado a la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

JULIO DE 2013
TARIJA – BOLIVIA

V° B°

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco

PROFESOR GUÍA

.....
Msc. Ing. Luis A. Yurquina Flores

DECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
Lic. Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

**FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Trinidad Baldiviezo

.....
Ing. Fernando Mur

.....
Ing. Ada López

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

DEDICATORIA:

A mis padres (José y María Isabel) por el apoyo incondicional, tolerancia y paciencia durante mi formación académica.

A mis hermanos Divar y Marco con todo cariño por brindarme siempre su apoyo.

A Gledys, mis hijos José Ricardo y Rodrigo por mantenerse siempre a mi lado y ser mi voz de aliento en los momentos de flaqueza.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por brindarme vida y salud para poder culminar mis estudios, y guiar mis pasos por la senda del bien.

A mis Docentes por su aporte en mi formación profesional a través de sus enseñanzas y consejos.

PENSAMIENTO:

“Cuando te inspire un objetivo importante, un proyecto extraordinario todos tus pensamientos rompen sus ataduras: tu mente supera los límites, tu conciencia se expande en todas direcciones y tú te ves en un mundo nuevo y maravilloso.

Las fuerzas, facultades y talentos ocultos cobran vida, y descubres q eres una persona mejor de lo que habrías soñado ser.”

Pantanjali, filósofo hindú

INDICE

- * Dedicatoria
- * Agradecimiento
- * Pensamiento

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Alcance.....	4

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

	Pág.
2.1. Introducción.....	6
2.2. Características del pavimento rígido	7
2.2.1. Rigidez del pavimento	8
2.2.2. Juntas.....	8
2.2.3. Características superficiales.....	9
2.2.4. Durabilidad.....	10
2.3. Elementos que integran un pavimento rígido	10
2.3.1. Capa sub-rasante.....	11
2.3.2. Capa sub-base.....	11
2.3.3. Capa de rodadura (loza de hormigón).....	12
2.4. Componentes del pavimento rígido	13
2.4.1. Cemento.....	13
2.4.2. Materiales pétreos.....	14
2.4.3. Agua.....	16
2.4.4. Aditivos.....	16

2.4.5. Concreto.....	17
2.4.6. Acero de refuerzo	19
2.4.7. Sellador para juntas	21
2.4.8. Proceso de ejecución en una estructura de pavimento rígido.....	23

CAPITULO III

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

	Pág.
3.1. Generalidades.....	25
3.2. Comportamiento de los pavimentos rígidos.....	27
3.3. Indicadores de comportamiento.....	27
3.3.1. Fallas visibles.....	28
3.3.2. Capacidad estructural.....	28
3.3.3. Fricción superficial.....	29
3.3.4. Rugosidad / Serviabilidad.....	29

	Pág.
3.4. Tipos de fallas	30
3.4.1. Fisura transversal o diagonal.....	30
3.4.2. Fisura longitudinal.....	32
3.4.3. Fisura de esquina	33
3.4.4. Losas sub-divididas.....	35
3.4.5. Fisuras en bloque	36
3.4.6. Fisuras inducidas.....	38
3.4.7. Levantamiento de losas	40
3.4.8. Dislocamiento.....	41
3.4.9. Hundimiento.....	43
3.4.10. Descascaramiento y fisuras.....	44
3.4.11. Pulimiento de la superficie.....	46

	Pág.
3.4.12. Peladuras.....	47
3.4.13. Bache.....	48
3.4.14. Deficiencias en material de sello	49
3.4.15. Despostillamiento.....	51
3.4.16. Fisuras por mal funcionamiento de juntas.....	52
3.4.17. Parchados y reparaciones para servicios públicos.....	54
3.5. Evaluación de pavimentos rígidos.....	55
3.6. Tipos de evaluación de un pavimento rígido.....	55
3.6.1. Evaluación superficial.....	55
3.6.1.1. Procedimientos para la evaluación superficial de pavimentos pavimentos.....	56
3.6.1.2. Inspección visual.....	57
3.6.1.3. Equipo de medición de fallas superficiales.....	62
3.6.1.4. Recolección manual de fallas.....	63

	Pág.
3.6.1.5. Imagen análoga y digital.....	63
3.6.1.6. La profundidad de la rodadura.....	67
3.6.2. Evaluación estructural.....	70
3.6.2.1. Medición de deflexiones.....	71
3.6.2.2. La viga benkelman.....	71
3.6.2.3. Equipo requerido.....	73
3.6.2.4. Procedimiento en el campo.....	73
3.6.2.5. Cálculo de las deflexiones.....	78
3.7. Método PSI (Índice de Servicio Presente).....	80
3.7.1. Definición.....	80
3.7.2. Relación entre PSI-IRI.....	82
3.7.3. Cálculo del PSI.....	83
3.7.4. Método PSI (Índice de Condición del Pavimento).....	83

	Pág.
3.7.4.1. Definición.....	83
3.7.4.2. Descripción del método para el cálculo del PCI.....	84
3.7.4.3. Cálculo del PCI.....	86
3.8. Metodologías de evaluación.....	87
3.8.1. Evaluación inicial.....	87
3.8.1.1. Información de carácter general.....	88
3.8.2. Evaluación sistematizada y seguimiento.....	90
3.8.3. Evaluación puntual.....	91

CAPITULO IV

ANÁLISIS METODOLÓGICO EN TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN

	Pág.
4.1. Rehabilitación de pavimentos rígidos	92
4.1.1. Carpetas de textura abierta	93
4.2. Diagrama de flujo de los procedimientos generales.....	98
4.3. Anatomía de la reparación de superficies.....	99
4.4. Estabilización y nivelación de losas	100
4.4.1. Técnica de estabilización de losas	101
4.5. Rehabilitación de pavimentos por medio de sobrecarpetas.....	101
4.5.1. Reencarpetado de concreto hidráulico sobre pavimento de concreto hidráulico.....	103
4.5.1.1. Sobrecarpetas de concreto hidráulico adheridas.....	103
4.6. Inyección a presión.....	114

4.7. Reparación o restitución de banquetas.....	115
4.8. Reparación de grietas	117

CAPITULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Pág.
5.1. Ubicación del área de estudio	128
5.1.1. Límites.....	130
5.2. Descripción de las características del área de estudio	130
5.2.1. Población.....	130
5.2.2. Clima.....	130
5.3. Evaluación de estado	131
5.3.1. Análisis y determinación del IRI demarcación de tramos de evaluación.....	131

	Pág.
5.3.1.1. Medición del PCI.....	132
5.3.1.2. Resultados del PCI	133
5.3.1.3. Resultados del área, secciones y unidades de evaluación.....	134
5.3.2. Análisis y determinación del PSI.....	144
5.3.2.1. Medición del PSI.....	145
5.3.2.2. Resultados del PSI.....	145
5.4. Elección de tipos de rehabilitación.....	147
5.5. Proceso de rehabilitación	147
5.5.1. Materiales.....	147
5.5.2. Equipo a utilizar.....	149
5.5.3. Proceso de rehabilitación	150
5.5.3.1. Reparación de restitución de banquetas.....	150
5.5.3.2. Reparación de grietas	156

	Pág.
5.6. Análisis de resultados	157
5.7. Justificación económica.....	160
5.7.1. Presupuesto general.....	160
5.7.2. Precios unitario.....	161
5.7.3. Desgloce de insumos general: Materiales.....	164
5.7.4. Desgloce de insumos general: Obreros.....	165
5.7.5. Desgloce de insumos general: Equipo.....	166
5.8. Justificación Técnica.....	167

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.....	169
6.2. Recomendaciones.....	170

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO I : ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO II: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SIKAFLEX 15 LM SL

ANEXO III: ÁBACOS PARA EL CÁLCULO DEL PCI

ANEXO IV: IMAGEN SATELITAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

ANEXO V: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE ESTADO P.S.I.

ANEXO VI : PLANOS

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 2.1. Estructura de un Pavimento Rígido	6
Fig. 2.2. Elementos que Integran el Pavimento Rígido	10
Fig. 2.3. Canastas Pasajuntas en Juntas Transversales de Contracción.....	20
Fig. 2.4. Detalle de Construcción de la Junta	22
Fig. 2.5. Transferencia de Carga	23
Fig.3.1. Fisura Transversal o Diagonal.....	30
Fig.3.2. Fisura Longitudinal.....	32
Fig.3.3. Fisura de Esquina	33
Fig.3.4. Losas Subdivididas.....	35
Fig.3.5. Fisuras en Bloque	36
Fig.3.6. Fisuras Inducidas	38
Fig.3.7. Levantamiento de Losas	40
Fig.3.8. Dislocamiento.....	41
Fig.3.9. Hundimiento.....	43
Fig.3.10. Descascaramiento.....	44
Fig.3.11. Pulimiento de la Superficie.....	46

Fig.3.12. Peladuras.....	47
Fig.3.13. Bache.....	48
Fig.3.14. Deficiencias en Material de Sello	49
Fig.3.15. Despostillamiento.....	51
Fig.3.16. Fisura por mal funcionamiento de Juntas.....	52
Fig.3.17. Parchados y Reparaciones para Servicios Públicos.....	54
Fig.3.18. Inspección Visual.....	57
Fig.3.19. Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie en Concreto.....	60
Fig.3.20. Formato para la Inspección Visual de Pavimento Rígido.....	61
Fig.3.21. Equipo de Imagen Especial para Fallas Superficiales.....	65
Fig. 3.22. Ejemplo de un Análisis Automatizado de Fallas.....	66
Fig. 3.23. Perfil Transverso Ultrasónico.....	67
Fig. 3.24. Multilaser Perfilometer Láser.....	69
Fig. 3.25. Equipo Multifuncional.....	69
Fig. 3.26. Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman.....	72
Fig. 3.27. Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos con la Viga Benkelman.....	74

Fig 3.28. Esquematzación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman	76
Fig. 3.29. Hoja de Campo Para Recopilación de Deflexiones.....	77
Fig. 3.30. Curvas de Deflexiones típicas de ensayos con la viga Benkelman	79
Fig. 3.31. Índice de Severidad VS. Tiempo.....	81
Fig.4.1. Evolución del Estado Estructural del Pavimento y Técnicas de Reparación o Rehabilitación	102
Fig.4.2. Detalle de un Control de Grietas Aleatorias	110
Fig.4.3. Esquema de algunos Deterioros	118
Fig.5.1. Resumen de Deterioros Registrados en la Superficie del Pavimento	133
Fig.5.2. Demolición de losas con martillo Hidráulico.....	151
Fig.5.3. Aserrado de Bordes	151
Fig.5.4. Limpieza del Área Demolida dejándola libre de Materiales Suelos.....	152
Fig.5.5. Procedimiento de Restitución de la Fundación en Áreas por Reparar.....	152
Fig.5.6. Reposición de las Barras de Amarre	153
Fig.5.7. Verificación de Dovelas en las Vías de Alto Tráfico (Av. a Yacuiba y Av. a Tarija)	153
Fig. 5.8. Colocado del Concreto Directamente de la Hormigonera	154
Fig. 5.9. Vibrado y Enrasado	154
Fig.5.10. Texturizado del Concreto Mediante Cepillo Texturizador.....	155

Fig.5.11. Losa Terminada y Lista para Abrir al Tráfico.....	155
Fig. 5.12. Resultado del PSI de cada Sección	157
Fig 5.13. Resultado del PCI de cada Sección	158
Fig 5.14. % de Área deteriorada (grietas) de cada Sección.....	159

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Especificaciones para Capa Sub Base	12
Tabla 2.2. Clasificación y Composición de los Cementos	13
Tabla 2.3. Especificaciones - Materiales – Granulometría de la Grava	15
Tabla 2.4. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena	15
Tabla 2.5. Barras Pasajuntas	22
Tabla 3.1. Niveles de Serviciabilidad	29
Tabla 3.2. Clasificación de Niveles de Severidad de Fisuras	36
Tabla 3.3. Clasificación de Niveles de Severidad de Bache	49
Tabla 3.4. Rangos de Clasificación del PCI.....	56
Tabla 3.5. Equipo de Mediciones de Fallas Superficiales.....	62
Tabla 3.6. Clasificación del PSI	80
Tabla 3.7. Clasificación Vial	82
Tabla 3.8. Relación PSI-IRI según Dujisin y Arroyo 1995	83
Tabla 3.9. Clasificación del PCI	84
Tabla 3.10. Proporción de Unidades a ser Evaluadas	85
Tabla 4.1. Calidad de los Agregados	95
Tabla 4.2. Granulometrías Típicas en Carpetas Abiertas (open graded)	96

	Pág
Tabla 4.3. Tipos de Sobrecarpetas	102
Tabla 4.4. Beneficios Logrados en Prevención y Reparación Mediante el empleo de Sobrecarpetas de Concreto Hidráulicas Adheridas (SCA) para Distintos tipos de Deterioros.....	106
Tabla 4.5. Tratamiento, Materiales y su Adherencia.....	112
Tabla 4.6. Tipos Comunes de Agrietamientos y Causas Probables.....	120
Tabla 4.7 Técnicas y Equipos para el Resellado de Juntas/Grietas.....	127
Tabla 5.1. Identificación de Secciones.....	131
Tabla 5.2. Resumen Cuantitativo de Unidades Inspeccionadas.....	134
Tabla 5.3. Valores de PCI del Área de Evaluacion.....	136
Tabla 5.4. Valores del PCI y Resumen de Deterioros – Sección A.....	136
Tabla 5.5. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección B	139
Tabla 5.6. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección C.....	141
Tabla 5.7. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección D	143
Tabla 5.8. Características Constructivas y Condiciones de Ejecución	144
Tabla 5.9. Resultados de la Evaluación del Pavimento PSI	146
Tabla 5.10. Fuente consultora SICA. Equipo para Reparación de Banquetas ...	149