

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“LA TÉCNICA DEL ULTRA THIN WHITETOPPING COMO
REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, PARA
CONTRARRESTAR SU DETERIORO
APLICADO AL PASAJE LAS ROSAS, CIUDAD TARIJA”**

UNIV. GONZALES ALEJO SINTHYA STANLEY

AGOSTO 2011

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“LA TÉCNICA DEL ULTRA THIN WHITETOPPING COMO
REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, PARA
CONTRARRESTAR SU DETERIORO
APLICADO AL PASAJE LAS ROSAS, CIUDAD TARIJA”**

UNIV. GONZALES ALEJO SINTHYA STANLEY

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA

CIV - 502

AGOSTO 2011

TARIJA – BOLIVIA

V° B°

M.Sc. Ing. Luís Alberto Yurquina Flores
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TEGNOLOGÍA

M.Sc. Ing. Clovis Gustavo Succi Aguirre
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TEGNOLOGÍA

Ing. Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo
DOCENTE GUÍA

HOJA DE EVALUACIÓN

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

GESTIÓN 2011

EVALUACIÓN CONTINUA:

FECHA DE PRESENTACIÓN:

CALIFICACIÓN: NUMERAL:

LITERAL:

DOCENTE CIV - 502:

EVALUACIÓN FINAL:

FECHA DE PRESENTACIÓN:

CALIFICACIÓN: NUMERAL:

LITERAL:

TRIBUNAL 1:
Ing. Adolfo Molina

TRIBUNAL 2:
Ing. Fernando Mur L.

TRIBUNAL 3:
Ing. Marcelo Segovia C.

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

AGRADECIMIENTO:

A Dios: Infinitas gracias a Dios Todopoderoso por haberme dado la sabiduría y el entendimiento para poder llegar al final de mi carrera, por proveerme de todo lo necesario para salir adelante y por todo lo que me ha dado.

A mis Padres, hermanos y sobrinos: Que sin esperar nada a cambio, han sido pilares fundamentales en mi camino por formar parte de este logro que me abre puertas inimaginables en mi desarrollo profesional.

A mis familiares y mis Amigos: Ya que estuvieron apoyándome a lo largo de mi carrera y dándome fuerzas para seguir adelante.

A los Docentes: A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación.

A todas las personas que me apoyaron, gracias por su confianza.

PENSAMIENTO:

Esforzaos y cobrad ánimo; no temáis, ni tengáis miedo de ellos, porque Jehová tu Dios es el que va contigo; no te dejará, ni te desampará.

ÍNDICE

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

CAPÍTULO I DISEÑO TEÓRICO METODOLÓGICO

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.	2
1.3. SITUACIÓN PROBLÉMICA.	3
1.3.1. Determinación del Problema.	3
1.3.2. Objeto de Estudio.	3
1.3.3. Campo de Acción.	3
1.4. OBJETIVOS.	3
1.4.1. Objetivo General.	4
1.4.2. Objetivos Específicos.	4
1.5. ALCANCE.....	4

.CAPÍTULO II ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.2. ASPECTOS GENERALES.....	7
2.3. RESUMEN HISTÓRICO.....	9
2.3.1. Cuando Utilizar el Whitetopping.....	13
2.3.2. Ventajas del Whitetopping.....	15

	Página
2.4. TENDENCIAS EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	17
2.4.1. Antecedentes.....	17
2.4.2. Modelos Analíticos.....	19
2.4.3. Simulación de Cargas de Tráfico.....	21
2.5. COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS.....	21
2.5.1. Pavimento Flexible.	22
2.5.2. Pavimento Rígido.....	27
2.6. VENTAJAS COMPARATIVAS ENTRE EL PAVIMENTO FLEXIBLE VS RÍGIDO.....	37
2.7. CALIDAD DE DISEÑO EN PROYECTOS CONSTRUIDOS.....	47
2.8. FUNCIONAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DELGADOS Y ULTRA DELGADOS.....	48
2.8.1. Adherencia.....	48
2.8.2. Espaciamiento de las Juntas.	50
2.8.3. Espesor del Asfalto.....	50
2.8.4. Proceso Constructivo.....	51
2.8.4.1. Preparación de la Superficie.....	52
2.8.4.2. Limpieza de la Superficie.....	54
2.8.4.3. Hormigonado de la Superficie.....	55
2.8.4.4. Membrana de Curado.....	57
2.8.4.5. Corte de Juntas.....	57
2.8.4.6. Curado del Hormigón.....	57
2.8.4.7. Transferencia de Cargas.....	58
2.8.4.8. Apertura al Tránsito.....	59

CAPÍTULO III
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y DIAGNÓSTICO

	Página
3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	60
3.2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ENTIDADES COOPERANTES....	63
3.3. INFORMACIÓN RECUPERADA.....	64
3.3.1. Identificación de Puntos Críticos.....	64
3.3.2. Ubicación del tramo en estudio.....	68
3.3.3. Análisis y Estudio de Tráfico.....	70
3.3.3.1. Generalidades.....	70
3.3.3.2. Volumen y Clasificación de Vehículos.....	71
3.4. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.....	74
3.4.1. Método de Evaluación Superficial de Pavimentos Asfálticos.....	74
3.4.2. Condición del Pavimento.	76
3.4.3. Principales Causantes de las Fallas en los Pavimentos Flexibles.....	79
3.4.4. Procedimiento de Evaluación.....	80
3.4.5. Índice de Rugosidad.....	86
3.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA.	89

CAPÍTULO IV
DISEÑO DEL WHITETOPPING

4.1. CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO.....	90
4.2. DISEÑO TEÓRICO DEL WHITETOPPING.....	91
4.2.1. Método de Diseño de Espesor de la ACPA (American Concrete Pavement Association).....	91

	Página
4.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS PARA EL HORMIGÓN.....	96
4.4. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS.....	96
4.5. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES.....	97
4.5.1. Cemento El Puente IP - 40.....	97
4.5.2. Agregado Fino.....	99
4.5.2.1. Tamaño Máximo (T.M.).....	99
4.5.2.2. Porcentaje de Finos.....	99
4.5.2.3. Granulometría y Modulo de Fineza.....	100
4.5.2.4. Densidad Real, Densidad Neta y Absorción.....	102
4.5.2.5. Densidad Aparente Suelta y Compacta.....	103
4.5.3. Agregado Grueso.....	104
4.5.3.1. Tamaño Máximo (TM).....	104
4.5.3.2. Tamaño Máximo Nominal (TMN).....	104
4.5.3.3. Porcentaje de Finos.....	105
4.5.3.4. Granulometría y Modulo de Finura.....	105
4.5.3.5. Densidad Real, Densidad Neta y Absorción.....	107
4.5.3.6. Densidad Aparente Suelta y Compacta.....	107
4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA PARA LA OBTENCIÓN DEL HORMIGÓN.	109
4.6.1. Demostración del Método A.C.I.....	109
4.6.2. Obtención del Asentamiento para Pavimento.....	110
4.6.3. Determinación del Tamaño Máximo del Agregado Grueso.	111
4.6.4. Contenido de Aire en el Hormigón	112
4.6.5. Obtención del contenido de Agua para la Mezcla.	113

	Página
4.6.6. Determinación del Valor de la Resistencia de Diseño.....	114
4.6.7. Relación Agua/Cemento.	115
4.6.8. Calculo del Contenido de Cemento.	116
4.6.9. Dosis de Agregados para la Mezcla.....	117
4.6.9.1. Dosis de Agregado Grueso.....	119
4.6.9.2. Dosis de Agregado Fino.....	120
4.6.10. Corrección por Humedad de los Agregados.	121
4.6.11. Mezcla de Prueba del Hormigón.	122
4.6.12. Diseño de Mezclas de Hormigón.	123
4.7. DOSIFICACIÓN PROPUESTA, CURADO Y ROTURA DE PROBETAS Y VIGAS DE HORMIGÓN.	123
4.7.1. Elaboración de Probetas y Vigas.....	123
4.7.1.1. Preparación de los Materiales.....	123
4.7.1.2. Cantidad de los Materiales.....	124
4.7.1.3. Mezcla del Hormigón.....	124
4.7.1.4. Consistencia del Hormigón.....	125
4.7.1.5. Contenido de Aire en el Hormigón.....	126
4.7.1.6. Características del Concreto Fresco.....	126
4.7.1.7. Número de Probetas y Vigas de Prueba.....	128
4.7.1.8. Probetas para el Ensayo de Compresión.....	129
4.7.1.9. Vigas para el Ensayo de Flexo-Tracción.....	131
4.7.2. Curado de Probetas y Vigas.....	133
4.7.3. Verificación de Resistencias en Laboratorio.....	134
4.7.3.1. Resistencias de Probetas a Compresión.....	134

	Página
4.7.3.2. Resistencias de Vigas a Flexo-Tracción.	135
4.8. VIABILIDAD TÉCNICA DEL DISEÑO.....	138
4.8.1. Ventajas.....	140
4.8.2. Desventajas.....	142

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	143
5.2. RECOMENDACIONES.....	144
5.3. BIBLIOGRAFÍA.....	146

ANEXOS

- Anexo I: Ábacos para pavimento flexible , Planilla de Evaluación Superficial y Estudio de Tráfico
- Anexo II: Caracterización de Materiales.
- Anexo III: Dosificación Método ACI-211
- Anexo IV: Datos y Cálculos de Resistencias a Compresión y Flexo-tracción.
- Anexo V: Especificaciones Técnicas, Precios Unitarios y Presupuesto Total.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Detalles Proyecto Louisville, Kentucky.....	10
Tabla 2.2. Guía para reparar fallas existentes en pavimentos de asfalto antes de aplicar una sobre capa de hormigón.....	13
Tabla 3.1. Estudio de Tráfico Vehicular.....	72
Tabla 3.2. Estudio de Tráfico Vehicular.....	73
Tabla 3.3. Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas.....	75
Tabla 3.4. Rangos de calificación del PCI.....	77
Tabla 3.5. Causantes de las Fallas en los Pavimentos Flexibles.....	79
Tabla 3.6: Formato para la Obtención del Máximo Valor Deducido Corregido (MVDC).....	81
Tabla 3.7: Evaluación Estructural: Muestra N°1.....	82
Tabla 3.8. Evaluación Estructural: Muestra N°2.....	83
Tabla 3.9. Evaluación Estructural: Muestra N°3.....	84
Tabla 3.10. Evaluación Estructural: Muestra N°4.....	85
Tabla 3.11. Rangos de Relación Entre (PCI), (QI), (PSI).....	86
Tabla 3.12. Rugosidad admisible y mantenimiento a realizar en las calles de estudio..	87
Tabla 4.1. Método de Diseño ACPA.....	92
Tabla 4.2. Método de Diseño ACPA.....	92
Tabla 4.3. Método de Diseño ACPA.....	93
Tabla 4.4. Método de Diseño ACPA.....	93
Tabla 4.5 Informe de Control de Calidad “Cemento el Puente IP-40”.....	98
Tabla 4.6. Granulometría para Agregado Fino.....	101

	Página
Tabla 4.7. Densidad y Absorción.....	102
Tabla 4.8. Densidad Aparente Suelta.....	103
Tabla 4.9. Densidad Aparente Compacta.....	103
Tabla 4.10: Granulometría Agregado Grueso.....	106
Tabla 4.11. Densidad y Absorción.....	107
Tabla 4.12. Densidad Aparente Suelta.....	108
Tabla 4.13. Densidad Aparente Compacta.....	108
Tabla 4.14. Procedimiento de Diseño ACI-211.....	109
Tabla 4.15. Asentamientos Recomendados para diversos tipos de Construcción y Sistemas de Colocación y Compactación.....	111
Tabla 4.16. Tamaño Máx. de los Agregados Gruesos Según el Tipo de Construcción	112
Tabla 4.17. Cantidad Aproximada de Aire esperado en Concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños máximos de agregado (a).....	113
Tabla 4.18. Requerimiento Aproximado de Agua de Mezclado para diferentes Asentamientos y Tamaños Máximos de Agregado, con Partículas de forma angular y textura rugosa, en Concreto sin aire incluido.....	114
Tabla 4.19. Correspondencia entre la Resistencia a la Compresión a los 28 días de edad y la Relación Agua/Cemento para los Cementos Portland Tipo I, en Concretos sin aire incluido.....	116
Tabla 4.20. Volumen de Agregado Grueso por Volumen Unitario de Concreto (b/bo).	118
Tabla 4.21. Características del Hormigón.....	127
Tabla 4.22. Presupuesto Total Ultra-Thin Whitetopping.....	139
Tabla 4.23. Presupuesto Total Refuerzo de Pavimento Flexible.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Esquema de la estructura de los pavimentos delgados de hormigón sobre asfalto.	8
Figura 2.2. Clasificación de los pavimentos de hormigón sobre asfalto, según su espesor.....	8
Figura 2.3. Incremento sostenido de proyectos de UTW en EEUU.....	10
Figura 2.4. Piel de Cocodrilo, falla típica de los pavimentos de asfalto.....	14
Figura 2.5. Ahuellamiento severo de un pavimento asfáltico.....	14
Figura 2.6. Distancia de frenado desde 96 km/hr., de dos vehículos sobre condiciones diferentes de superficie.....	16
Figura 2.7. Dentro de las ventajas de los pavimentos delgados de hormigón, está el de no reflejar los problemas existentes de la superficie de asfalto.....	17
Figura 2.8. Crecimiento del parque automotor.....	17
Figura 2.9. Grandes Avances Tecnológicos e Investigaciones.....	18
Figura 2.10. Modelos Basados en Principios de Ingeniería Mecánica.....	19
Figura 2.11. Modelos Desarrollados a partir de la Experimentación de Pavimentos ya construidos.....	19
Figura 2.12. Comportamiento del Pavimento Bajo Cargas de Rueda.....	20
Figura 2.13. Modelo de Elementos Finitos “2 Losas” Software “EVER-FE”.....	20
Figura 2.14. Las cargas de Tráfico Desarrollaron Cargas desde hace 40 años.....	21
Figura 2.15. Distribución de la Carga en Pavimentos Flexibles.....	23
Figura 2.16. Distribución de la Carga en Pavimentos Rígidos.....	29
Figura 2.17. Tensiones Máximas en la Losa.....	29
Figura 2.18. Tensiones Menores con Sobre Ancho de Hormigón.....	29

	Página
Figura 2.19. El pavimento rígido tiene una buena distribución de cargas produciendo bajas tensiones en la sub-rasante.....	42
Figura 2.20. El pavimento flexible se deforma más produciendo mayores tensiones en la sub-rasante.....	43
Figura 2.21. Las presiones en pavimento flexible son mayores a la de los pavimentos Rígidos.....	43
Figura 2.22. Comparación entre pavimento de asfalto y hormigón.....	44
Figura 2.23. El incremento del espesor del pavimento aumenta su capacidad de carga.	44
Figura 2.24. Ventajas y desventajas entre pavimento flexible y rígido.....	45
Figura 2.25. Factores que influyen en el comportamiento de los pavimentos delgados de hormigón sobre asfalto, la adherencia, el espaciamiento entre las juntas y el grosor de la capa asfáltica.....	48
Figura 2.26. La adherencia produce un descenso del eje neutro, lo que hace que los esfuerzos disminuyan.....	49
Figura 2.27. El Whitetopping, que idealmente es adherido, reduce los esfuerzos, gracias a la adherencia entre las capas de hormigón y de asfalto.....	49
Figura 2.28. Al tener espaciamientos cortos, se busca que el pavimento actúe como mecanismo y no como estructura.....	50
Figura 2.29. Efecto del espesor del asfalto, a mayor espesor, las tensiones disminuyen.....	51
Figura 2.30. Esquema de recolección de puntos para realizar el perfil topográfico.....	53
Figura 2.31. Vista de la superficie tras el fresado. Nótese la textura rugosa de la superficie, fundamental para obtener una buena adherencia.....	53

	Página
Figura 2.32. Faenas de limpieza con escobillón para las partículas grandes.....	54
Figura 2.33. Faena de limpieza profunda, usando aire comprimido, para remover las partículas más pequeñas.....	54
Figura 2.34. Colocación del hormigón, directamente desde el camión Mixer.....	55
Figura 2.35. Tren pavimentador en faenas de hormigonado.....	56
Figura 2.36. Aplicación de aspillera, para la obtención de la textura rugosa.....	56
Figura 2.37. Aplicación de la membrana de curado.....	57
Figura 2.38. Aplicaciones de mantas de polietileno para el curado del hormigón.....	58
Figura 2.39. Apertura al tránsito.....	59
Figura 3.1. Panorama Longitudinal del Pasaje Las Rosas visto desde la Calle Oruro...	60
Figura 3.2. Panorama Longitudinal del Pasaje Las Rosas visto desde Avenida Membrillos.....	61
Figura 3.3. Capa Base Conformada por Grava Chancada y Arena.....	62
Figura 3.4. Capa Base el Cual fue Notorio Mediante la Extracción de Núcleo.....	62
Figura 3.5. Núcleos de Diferentes Espesores.....	63
Figura 3.6. Piel de Cocodrilo de Menor Grado.....	64
Figura 3.7. Piel de Cocodrilo de Mayor Grado Ubicado entre Av. Potosí y Rosendo Estensoro.....	65
Figura 3.8. Desnivel de Acera – Calzada.....	65
Figura 3.9. Grietas Longitudinales y Transversales de Menor Grado.....	66
Figura 3.10. Grietas Longitudinales de Mediano Grado Ubicados entre Avenida Los Membrillos y Rosendo Estensoro.....	66
Figura 3.11. Pequeño Bache que Sobresalta en el Pavimento Flexible.....	67

	Página
Figura 3.12. Peladuras en Pequeñas Áreas del Pavimento.....	67
Figura 3.13. Foto Aérea del Lugar de Emplazamiento.....	68
Figura 3.14. Croquis de Ubicación del Lugar de Emplazamiento.....	69
Figura 3.15. Calidad de pavimentos para valores de IRI y PCI.....	88
Figura 4.1. Espesor vs Vida Útil (ACPA).....	94
Figura 4.2. Verificación del UTW.....	95
Figura 4.3. Seleccionadora de áridos “Viracocha”.....	99
Figura 4.4. Lavado (agregado fino).....	100
Figura 4.5. Tamices (agregado fino).....	100
Figura 4.6. Árido Saturado Superficialmente seco.....	102
Figura 4.7. Árido saturado+agua+matraz.....	102
Figura 4.8. Densidad Aparente Suelta.....	104
Figura 4.9. Densidad Aparente Compacta.....	104
Figura 4.10. Planta de áridos” Viracocha”.....	104
Figura 4.11. Lavado (agregado grueso).....	105
Figura 4.12. Tamices (agregado grueso).....	105
Figura 4.13. Árido Saturado Superficialmente Seco.....	107
Figura 4.14. Árido sumergido.....	107
Figura 4.15. Densidad Aparente Suelta	108
Figura 4.16 Densidad Aparente.....	108
Figura 4.17. Correspondencia Entre la Resistencia a Compresión y la Relación Agua -Cemento Para los Cementos Portland Tipo I en Hormigones sin Aire Incluido.....	115
Figura 4.18. Balanza para pesaje de materiales.....	124

	Página
Figura 4.19. Proceso de mezclado.....	125
Figura 4.20. Ensayo de Asentamiento.....	125
Figura 4.21. Medición de temperatura del hormigón.....	126
Figura 4.22. Presurímetro de Vacíos.....	126
Figura 4.23. Esbeltez de la Probeta.....	128
Figura 4.24. Forma y Dimensiones de la Probeta 15*30 cm.....	129
Figura 4.25 Forma y Dimensiones de la Probeta 10*20 cm.....	129
Figura 4.26. Molde para Probeta Cilíndrica.....	130
Figura 4.27. Realización de Probetas.....	131
Figura 4.28. Forma y Dimensiones de la Viga.....	131
Figura 4.29. Molde para Viga.....	132
Figura 4.30. Elaboración de vigas.....	132
Figura 4.31. Sala de Curado de muestras.....	133
Figura 4.32. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple en Probetas.....	135
Figura 4.33. Ensayo de Flexo-tracción en Vigas.....	137
Figura 4.34. Fisuras Reflejadas (sobre carpeta de asfalto sobre pavimento rígido).....	141