

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**REFUERZO ASFALTICO DEL TRAMO “LA  
MAMORA - EMBOROZU” APLICANDO UNA  
MEZCLA ASFALTICA DRENANTE**

**POR:**

**Ingrid Cecilia Barreto Gutiérrez**

**Propuesta Elaborada en la asignatura CIV - 502**

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTONOMA  
“JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar al Grado  
Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Octubre de 2012**  
**TARIJA – BOLIVIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO DE GRADO**

**REFUERZO ASFALTICO DEL TRAMO “LA  
MAMORA - EMBOROZU” APLICANDO UNA  
MEZCLA ASFALTICA DRENANTE**

**Por:**

**Ingrid Cecilia Barreto Gutiérrez**

**Propuesta Elaborada en la asignatura CIV - 502**

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTONOMA  
“JUAN MISAEL SARACHO”** como requisito para optar al Grado  
Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Octubre de 2012  
TARIJA – BOLIVIA**

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por hacer realidad el sueño de mi vida, darme la fortaleza y sabiduría para salir adelante.

A mi madre por su amor, su paciencia y su fortaleza para transmitir su sabiduría y hacer una realidad la conclusión de mis estudios.

A mí querida familia, en especial a mi Tío Pastor y mi Abuelito Pastor, que fueron un ejemplo de vida y me dieron un apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis profesores, en especial al Ing. Marcelo Pacheco, por todos sus conocimientos, por su paciencia, su tiempo y apoyo en la realización de este trabajo.

A mis amigos por brindarme su apoyo y colaboración a lo largo de mis años universitarios.

## **DEDICATORIA**

A mi “Mamita Maila”, y a mis hermanos quienes han sido los pilares fundamentales para mi formación profesional con su apoyo permanente en todo momento de mi vida.

## **INDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>GENERALIDADES</b>	
1.1. INTRODUCCION	1
1.2. JUSTIFICACION	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.4. ALCANCE DEL TRABAJO	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MEZCLAS ASFALTICAS</b>	
2.1. DEFINICION DE MEZCLA ASFALTICA	6
2.1.1. CLASIFICACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS	6
2.1.2. PROPIEDADES GENERALES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS	10
2.2. DEFINICION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES	12
2.2.1. VENTAJAS DE LAS MEZCLAS DRENANTES	13
2.2.2. DESVENTAJAS DE LAS MEZCLAS DRENANTES	14
2.2.3. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	15
2.2.4. MATERIALES GRANULARES PARA MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES	16
2.2.4.1. AGREGADOS NATURALES	17
2.2.4.2. AGREGADOS ARTIFICIALES	17
2.2.4.3. CARACTERISRICAS DE LOS AGREGADOS GRUESO	17
2.2.4.4. CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS FINOS	18

## **INDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
2.2.4.5. CARACTERISTICAS DEL FILLER MINERAL	18
2.2.5. METODOS DE DISEÑO	19
2.2.5.1. METODO CANTABRO	19
2.2.5.2. METODOLOGIA AUSTRALIANA	21
2.2.5.3. METODOLOGIA RP	23
2.2.5.4. TRACCIÓN INDIRECTA	24
2.3. CEMENTO ASFALTICO	25
2.4. ASFALTO MODIFICADO CON POLIMEROS	25
2.4.1. PROPIEDADES DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLIMEROS	27
2.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ASFALTO MODIFICADO CON POLIMEROS	28
2.4.2.1. VENTAJAS	28
2.4.2.2. DESVENTAJAS	29
2.5. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCION Y PROYECTO DE UNA MEZCLA ASFALTICA	30
2.6. FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DE LA MEZCLA ASFALTICA	32

### **CAPITULO III**

#### **EVALUACION Y DISEÑO DE RECAPADO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES**

3.1. REHABILITACION DE PAVIMENTOS CON REFUERZOS (RECAPADO) ASFALTICOS	33
3.1.1. INTRODUCCION	33
3.1.2. FACTIBILIDAD DEL TIPO DE REFUERZO	34

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
3.1.3. CONDICIONES IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE UN REFUERZO	34
3.2. EVALUACION FUNCIONAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE	36
3.2.1. DISEÑO DEL REFUERZO A LO LARGO DEL PROYECTO	36
3.2.2. EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS EXISTENTES	36
3.2.3. EVALUACION FUNCIONAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE	38
3.2.3.1. FRICCION SUPERFICIAL E HIDROPLANE0	38
3.2.3.2. RUGOSIDAD SUPERFICIAL	39
3.3. TIPOS DE PATOLOGIAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	39
3.3.1. GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	40
3.3.2. GRIETAS DE CONTRACCION	42
3.3.3. CORRUGACIONES	43
3.3.4. GRIETA PIEL DE COCODRILO	44
3.3.5. DEPRESIONES	45
3.3.6. GRIETAS DE BORDE	46
3.3.7. ELEVACIONES – HUNDIMIENTO	47
3.3.8. DESNIVEL DE CALZADA	48
3.3.9. EXUDACION DEL ASFALTO	49
3.3.10. DISGREGACION Y DESINTEGRACION	50
3.3.11. HUECOS	51
3.3.12. AHUELLAMIENTO	52
3.3.13. BACHEO Y ZANJAS REPARADAS	53
3.3.14. AGREGADOS Y PULIDOS	54



## INDICE GENERAL

Contenido	Página
3.4. INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI)	55
3.4.1. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO	56
3.4.1.1. CALCULO PARA CARRETERAS CON CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA	59
3.4.1.2. CALCULO DEL PCI DE UNA SECCION DE PAVIMENTO	61
3.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)	61
3.5.1 METODO DESARROLLADO POR ENSAYOS DE LA AASTHO PARA LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES	62
3.6. METODOS DE DISEÑO DE RECAPADOS	67
3.6.1. INTRODUCCION	68
3.6.2. FACTIBILIDAD	68
3.6.3. REPARACIONES PREVIAS	68
3.6.4. CONTROL DE REFLEXIÓN DE FISURAS	69
3.6.5. METODOS DE DISEÑO DE RECAPADO	70
3.6.5.1. METODOS DE DISEÑO DE RECAPADOS AASTHO 1993	70
3.6.5.2. PASOS PARA LA DETERMINACION DEL ESPESOR DEL RECAPADO	73
3.6.5.3. METODOS DE DISEÑO DE RECAPADOS: TRRL (INGLATERRA)	79
3.6.5.4. METODOS DE DISEÑO DE RECAPADOS: SHELL (HOLANDA - INGLATERRA)	79

## INDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA EN LABORATORIO</b>	
4.1. INTRODUCCION	82
4.2. TRABAJOS REALIZADOS PREVIOS	82
4.3. RESUMEN DE CARACTERISITICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL	82
4.4. RESUMEN DE CARACTERISITICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA MEZCLA DRENANTE CON POLIMEROS	84
4.5. RESUMEN DE CARACTERISITICAS Y ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES PARA LA MEZCLA ASFALTICA DRENANTE CON PAVIMENTO CONVENCIONAL	85
4.6. SELECCIÓN DE LA CURVA GRANULOMETRICA	86
4.7. COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LA CURVA DE PROYECCION DE LOS AGREGADOS	88
4.8. ESQUEMA DE LOS ENSAYOS	89
4.8.1. METODO MARSHALL	89
4.8.2. METODO CANTABRO	92
4.8.3. METODO AUSTRALIANO	93
4.9. ANALISIS Y RESULTADOS	94
4.9.1. ANALISIS Y RESULTADOS DEL METODO MARSHALL	94
4.9.2. ANALISIS Y RESULTADOS DEL METODO CANTABRO MEZCLA ASFALTICA DRENANTE CON CEMENTO ASFALTICO CON POLIMEROS	99

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
4.9.3. ANALISIS Y RESULTADOS DEL METODO AUSTRALIANO MEZCLA ASFALTICA DRENANTE CON CEMENTO ASFALTICO CON POLIMEROS	102
4.9.4. ANALISIS Y RESULTADOS DEL METODO CANTABRO MEZCLA ASFALTICA DRENANTE CON CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL	104
4.9.5. ANALISIS Y RESULTADOS DEL METODO AUSTRALIANO MEZCLA ASFALTICA DRENANTE CON CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL	106

### CAPITULO V

#### DISEÑO Y EVALUACION DEL RECAPADO ASFALTICO PARA UNA FUTURA IMPLEMENTACION EN EL TRAMO “LA MAMORA – EMBOROZU”

5.1. ANTECEDENTES	109
5.2. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DEL TRAMO	109
5.3. DESCRIPCION Y UBICACIÓN DEL TRAMO	111
5.4. DIAGNOSTICO DEL TRAMO LA MAMORA – EMBOROZU	113
5.4.1. INDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (PCI)	113
5.4.2. PROCEDIMIENTO DE CALCULO DEL (PCI)	113
5.4.3. INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)	119
5.4.4. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	122

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
5.5. DETERMINACION DEL PAQUETE ESTRUCTURAL, METODO DE DISEÑO	124
5.6. COMPUTOS METRICOS, ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO	130
5.6.1. CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES PARA CARPETA ASFALTICA CONVENCIONAL	132
5.6.2. CALCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES PARA CARPETA ASFALTICA CON POLIMEROS – METODO CANTABRO	133
5.6.3. ANALISIS DE COSTOS DE MATERIALES	134
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1. CONCLUSIONES	135
6.2. RECOMENDACIONES	137
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	139
<b>ANEXOS</b>	

## INDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 2.1.</b> Resumen Clasificación de Mezclas Asfálticas	16
<b>Tabla 3.1.</b> Tipos de Refuerzos más Utilizados en Carreteras	33
<b>Tabla 3.2.</b> Rango de Clasificación (PCI)	56
<b>Tabla 3.3.</b> Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas	57
<b>Tabla 3.4.</b> Valores de los Coeficientes $C_1$ , $C_2$ y $C_3$	63
<b>Tabla 3.5.</b> Rangos de Calificación del (PSI)	63
<b>Tabla 3.6.</b> Relación de Rugosidad (QI) con el (PSI)	65
<b>Tabla 3.7.</b> Rangos de Relación (PCI), (QI), (PSI)	66
<b>Tabla 3.8.</b> Rangos de relación (IRI), (QI), (PSI)	67
<b>Tabla 3.9.</b> Valores sugeridos del Coeficiente Estructural para Capas de Pavimentos Deteriorados	77
<b>Tabla 4.1.</b> Características del Cemento Asfáltico	83
<b>Tabla 4.2.</b> Características de los Agregados para Mezclas Convencionales	83
<b>Tabla 4.3.</b> Especificaciones Técnicas de una Mezcla Asfáltica	84
<b>Tabla 4.4.</b> Características de los Agregados para una Mezcla Drenante	84
<b>Tabla 4.5.</b> Características del Cemento Asfáltico con Polímeros	85
<b>Tabla 4.6.</b> Especificaciones Técnicas de una Mezcla Drenante	85
<b>Tabla 4.7.</b> Características del Cemento Asfáltico	85
<b>Tabla 4.8.</b> Características de los Agregados para una Mezcla Drenante	86
<b>Tabla 4.9.</b> Especificaciones Técnicas de una Mezcla Drenante	86
<b>Tabla 4.10.</b> Faja Granulométrica para la Mezcla Asfáltica “PM-70”	87
<b>Tabla 4.11.</b> Faja Granulométrica para la Mezcla Drenante “PA-12”	87
<b>Tabla 4.12.</b> Aporte Porcentual de Agregados en Peso, Mezcla Convencional	88
<b>Tabla 4.13.</b> Curva Proyectada para la Mezcla “PM-70”	88
<b>Tabla 4.14.</b> Aporte Porcentual de Agregados en Peso, Mezcla Drenante	88
<b>Tabla 4.15.</b> Curva Proyectada para la Mezcla “PA-12”	89

## INDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 4.16.</b> Resumen de Valores del Ensayo Marshall	94
<b>Tabla 4.17.</b> Resultados Obtenidos con el Método Cántabro	99
<b>Tabla 4.18.</b> Resultados Obtenidos con el Método Cántabro con Diferentes Porcentajes de Asfalto	100
<b>Tabla 4.19.</b> Resumen de Valores Método Australiano	102
<b>Tabla 4.20.</b> Resultados Obtenidos con el Método Cántabro	104
<b>Tabla 4.21.</b> Resultados Obtenidos con el Método Cántabro con Diferentes Porcentajes de Asfalto	104
<b>Tabla 4.22.</b> Resumen de Valores Método Australiano	106
<b>Tabla 4.23.</b> Relación Agregado Asfalto	107
<b>Tabla 4.24.</b> Resumen de Características de la Mezcla con él % Calculado	108
<b>Tabla 5.1.</b> Datos de Tráfico Vehicular, Año 2008	112
<b>Tabla 5.2.</b> Datos de Tráfico Vehicular, Año 2009	113
<b>Tabla 5.3.</b> Ancho de Calzada y Unidades de Longitud de Muestreo	114
<b>Tabla 5.4.</b> Valores del Cálculo del PCI	117
<b>Tabla 5.5.</b> Rango de Clasificación	119
<b>Tabla 5.6.</b> Valores de $C_1$ , $C_2$ y $C_3$ para la Superficie del Pavimento	120
<b>Tabla 5.7.</b> Rangos de Calificación del (PSI)	121
<b>Tabla 5.8.</b> Valores sugeridos del Coeficiente Estructural para Capas de Pavimentos Deteriorados	125
<b>Tabla 5.9.</b> Presupuesto General – Mezcla Asfáltica Convencional	130
<b>Tabla 5.10.</b> Presupuesto General – Mezcla Asfáltica Drenante	131

## INDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 3.1.</b> Variación de la Capacidad Estructural de un Pavimento en el Tiempo	37
<b>Figura 3.2.</b> Curva del Deterioro del Pavimento	40
<b>Figura 3.3.</b> Costos relativos de mantenimiento preventivo, Rehabilitación y Reconstrucción	40
<b>Figura 3.4.</b> Grietas Transversales	42
<b>Figura 3.5.</b> Grietas Longitudinales	42
<b>Figura 3.6.</b> Grietas de Contracción	43
<b>Figura 3.7.</b> Corrugaciones	44
<b>Figura 3.8.</b> Grietas piel de Cocodrilo	45
<b>Figura 3.9.</b> Depresiones	46
<b>Figura 3.10.</b> Grietas de Borde	47
<b>Figura 3.11.</b> Elevaciones y Hundimientos	48
<b>Figura 3.12.</b> Desnivel de Calzada	49
<b>Figura 3.13.</b> Exudación de Asfalto	50
<b>Figura 3.14.</b> Disgregación y Desintegración	51
<b>Figura 3.15.</b> Huecos	52
<b>Figura 3.16.</b> Ahuellamiento	53
<b>Figura 3.17.</b> Bacheo y Zanjas Separadas	54
<b>Figura 3.18.</b> Agregados y Pulidos	55
<b>Figura 3.19.</b> Ábaco de Relación entre Rugosidad (QI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	64

## INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<b>Figura 3.20.</b> $SN_{ef}$ en Función de $E_p$ (Método NDT)	75
<b>Figura 5.1.</b> Curvas de Deducción para Superficie Asfáltica	116
<b>Figura 5.2.</b> Ábaco de Relaciones entre Rugosidad (QI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	122

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo I.</b>	Laboratorios
<b>Anexo II.</b>	Ábacos
<b>Anexo III.</b>	Datos Recogidos del Tramo “La Mamora – Emborozu”
<b>Anexo IV.</b>	Evaluación Superficial
<b>Anexo V.</b>	Cómputos Métricos
<b>Anexo VI.</b>	Informe Fotográfico