

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADHERENCIA DE ASFALTOS EN
GEOSINTÉTICOS APLICADO AL TRAMO VILLA MONTES-TAIRIRI”**

Por:

Javier Eduardo Gallardo Tovar

Proyecto de Grado presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO", como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Tarija, Junio de 2013

V° B°

.....
Ing. Trinidad Baldivieso
DOCENTE GUÍA

.....
Ing. Alberto Yurquina
DECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

.....
Lic. Gustavo Succi
VICEDECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Jhonny Orgaz F.

.....
Ing. Mabel Zambrana

.....
Ing. Moisés Díaz A.

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

DEDICATORIA:

A mi familia por su apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS:

A todos aquellos que de manera desinteresada apoyaron el desarrollo de mi trabajo.

PENSAMIENTO:

“El sol para brillar no necesita tu esperanza. Lo que te parece imposible está dentro de ti desde que naciste”.

Anónimo

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES DE LOS
GEOSINTÉTICOS

CAPÍTULO III
PROPIEDADES, CARACTERÍSTICAS Y
TIPOS DE ASFALTOS

CAPÍTULO IV

**CAPACIDAD DE ADHERENCIA DE
ASFALTOS EN GEOSINTÉTICOS
APLICADO AL
TRAMO VILLAMONTES-TAIRIRI**

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE

ADVERTENCIA
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PENSAMIENTO
RESUMEN

Página

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.

1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Análisis problemático	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Variables	6
1.6. Alcance	7
1.7. Medios	8
1.8. Metodología	8

CAPÍTULO II ASPECTOS GENERALES DE LOS GEOSINTÉTICOS.

2.1. Introducción	9
2.2. Clasificación de los geosintéticos	11
2.2.1. Geotextiles	11
2.2.2. Geomembranas	24
2.2.3. Productos relacionados	29
2.2.4. Geosintético bentonítico	36
2.2.5. Geocompuestos	37
2.3. Funciones de los geosintéticos	38
2.3.1. Funciones de los geosintéticos como material de aplicación	39

2.4. Funciones especiales del geosintético saturado en asfalto en Pavimentación y repavimentación	45
2.5. Mitigación del impacto ambiental con el uso de geosintéticos en obras de ingeniería y geotecnia	51
2.6. Propiedades físicas de los geosintéticos	53
2.7. Propiedades mecánicas del geosintético	57
2.8. Propiedades hidráulicas	64
2.8. Propiedades de durabilidad	67

CAPÍTULO III PROPIEDADES, CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE ASFALTOS.

3.1. Generalidades	68
3.2. Reseña histórica	68
3.3. Definición	70
3.4. Obtención del asfalto en refinerías	73
3.5. Composición	75
3.6. Propiedades del asfalto	76
3.7. Procesos de mejoramiento	79
3.8. Cemento asfáltico.....	80
3.9. Clasificación o tipos de asfaltos.....	83
3.10. Curado en un asfalto líquido	93
3.11. Caracterización física de los asfaltos.....	93
3.12. Productos asfálticos	100
3.13. Usos del asfalto	100
3.14. Aplicaciones más comunes del asfalto para pavimentos.....	101
3.14.1. Tipos de riegos	101
3.14.2. Asfaltos utilizados y su aplicación en riego.....	102
3.14.3. Equipos para ejecución para los tipos de riego.....	103
3.15. Recomendaciones generales para tipos de riego.....	104

**CAPÍTULO IV CAPACIDAD DE ADHERENCIA DE ASFALTOS
EN GEOSINTÉTICOS APLICADO AL
TRAMO VILLAMONTES-TAIRIRI.**

4.1. Ubicación del tramo.....	105
4.2. Método estándar para determinar la retención de asfalto de geotextiles usados en repavimentaciones asfálticas ASTM D-6140, INV E – 911	108
4.2.1. Equipo requerido para la práctica	109
4.2.2. Material requerido para la práctica.....	111
4.2.3. Desarrollo de la práctica.....	120
4.2.4. Cálculos de adherencia de asfaltos en geotextiles	129
4.2.4.1. Asfalto empleado: FLEXPIMER	129
4.2.4.2. Asfalto empleado: asfalto diluido de petróleo (ADP) de STRATURA ASFALTOS	135
4.2.4.3. Asfalto empleado: cemento asfáltico de petróleo (CAP) de BETUNEL	141
4.2.5. Gráficas estadísticas de los resultados de adherencia de asfaltos en geotextiles	147
4.2.5.1. Gráficas estadísticas de adherencia de asfalto líquido FLEXPIMER en geotextiles	147
4.2.5.2. Gráficas estadísticas de adherencia de asfalto líquido ADP de STRATURA ASFALTOS en geotextiles.....	158
4.2.5.3. Gráficas estadísticas de adherencia de cemento asfáltico de petróleo (CAP) de BETUNEL en geotextiles	169
4.2.6. Análisis de resultados	180

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	188
5.2. Recomendaciones	193
BIBLIOGRAFÍA	198
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 (Rollo de geotextil)	11
Figura 2.2 (Geotextiles tejidos).....	13
Figura 2.3 (Geotextiles no tejidos)	18
Figura 2.4 (Procesos de fabricación de geotextiles).....	22
Figura 2.5 (Geomembranas MACLINE)	24
Figura 2.6 (Geomembranas asfáltica MEGAFLEX)	28
Figura 2.7 (Geomallas extruidas)	30
Figura 2.8 (Geomallas tejidas)	30
Figura 2.9 (Geomallas por adhesión o sobre posición de fibras)	32
Figura 2.10 (Georedes)	33
Figura 2.11 (Geocelda)	34
Figura 2.12 (Geomantas MACMAT de MACCAFERRI)	35
Figura 2.13 (Geocompuesto – geodren circular PAVCO).....	37
Figura 2.14 (Geosintético como separador entre capas)	40
Figura 2.15 (Geosintético como filtro).....	41
Figura 2.16 (Geosintético aplicado en reforzamiento)	42
Figura 2.17 (Geosintético aplicado en transmisión)	43
Figura 2.18 (Geosintético aplicado en protección)	44
Figura 2.19 (Geotextil antes y después del ensayo de adherencia con asfalto)	46
Figura 2.20 (Estructura de vía con geotextil y sin geotextil)	51
Figura 2.21 (Tensión de rotura vs masa)	54
Figura 2.22 (Esquema del ensayo de espesor).....	55
Figura 2.23 (Diagrama típico carga – deformación).....	59
Figura 2.24 (Perforación por impacto).....	58
Figura 2.25 (Esquema del ensayo de resistencia a la perforación)	61
Figura 2.26 (Ensayo y efecto de punzonamiento causado por una partícula).....	62
Figura 2.27 (Resistencia a la tracción)	62
Figura 2.28 (Resistencia al estallido).....	63

Figura 3.1 (Productos y temperaturas típicas de destilación)	72
Figura 3.2 (Proceso de refinación del petróleo)	75
Figura 3.3 (Equipos de viscosidad)	96
Figura 3.4 (Equipo de ensayo de punto de inflamación)	97
Figura 3.5 (Aparato de penetración)	97
Figura 3.6 (Ductilómetro)	98
Figura 3.7 (Equipo para determinar el contenido de agua)	98
Figura 3.8 (Equipo de ensayo para determinar el contenido de disolventes)	99
Figura 4.1 (Tramo carretero Villa Montes - Tarairi)	105
Figura 4.2 (Comunidad Tarairi)	106
Figura 4.3 (Balanza de mesa KERN GAB-N)	109
Figura 4.4 (Horno convencional mecánico CONTROLS)	110
Figura 4.5 (Geotextil NT7000 – PAVCO)	112
Figura 4.6 (Geotextil MACTEX REPAV40.2 de MACCAFERRI)	113
Figura 4.7 (Geotextil MACTEX REPAV60.2 de MACCAFERRI)	114
Figura 4.8 (Muestras de diversos geotextiles)	120
Figura 4.9 (Balanza de precision 0.1gr en laboratorio de asfaltos UAJMS)	122
Figura 4.10 (Pesaje de las muestras de geotextiles)	122
Figura 4.11 (Introducción del asfalto al horno)	123
Figura 4.12 (Instrumento de sujeción para las muestras de geotextil fabricado por el universitario)	124
Figura 4.13 (Sujeción de las muestras de geotextiles en el instrumento para el desarrollo de la práctica)	124
Figura 4.14 (A punto de sumergir el instrumento con muestras de geotextiles en asfalto dentro del horno)	125
Figura 4.15 (Sacado de muestras embebidas para cambiar la dirección de colgado y así su saturación uniforme)	126
Figura 4.16 (Secado de geotextiles embebidos en asfalto dentro del horno)	127
Figura 4.17 (Muestras de geotextiles secas a temperatura ambiente)	127
Figura 4.18 (Muestras secas de geotextiles para su pesado correspondiente) ..	128

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1 (Funciones de los geosintéticos en aplicación)	38
Cuadro 2.2 (Funciones de los geosintéticos en obra)	39
Cuadro 3.1 (Productos bituminosos)	70
Cuadro 3.2 (El asfalto)	76
Cuadro 3.3 (Asfaltos de curado rápido)	85
Cuadro 3.4 (Normas de calidad para asfaltos rebajados de fraguado rápido)	85
Cuadro 3.5 (Asfaltos de curado medio)	86
Cuadro 3.6 (Normas de calidad para asfaltos rebajados de fraguado medio)	87
Cuadro 3.7 (Normas de calidad para asfaltos rebajados de fraguado lento)	88
Cuadro 3.8 (Temperaturas recomendables de aplicación de asfaltos rebajados)	89
Cuadro 4.1 (Propiedades físicas y químicas del asfalto líquido FLEXPRIMER)	115
Cuadro 4.2 (Especificaciones técnicas para asfaltos diluidos STRATURA ASFALTOS)	117
Cuadro 4.3 (Especificaciones técnicas para asfaltos diluidos BETUNEL)	119

ÍNDICE DE GRÁFICAS ESTADÍSTICAS

	Página
GRÁFICA 4.1 (Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en Gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER Corte paralelo al sentido de la fabricación)	147
GRÁFICA 4.2 (Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles mactex REPAV40.2 corte paralelo al sentido de la fabricación)	147
GRÁFICA 4.3 (Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER – corte perpendicular al sentido de la fabricación)	148
GRÁFICA 4.4 (Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles mactex REPAV40.2 – corte perpendicular al sentido de la fabricación)	148
GRÁFICA 4.5 (Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto líquido FLEXPRIMER en geotextil mactex REPAV40.2 de MACCAFERRI)	149
GRÁFICA 4.6 (Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER – corte paralelo al sentido de la fabricación)	150
GRÁFICA 4.7 (Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles mactex REPAV60.2 - corte paralelo al sentido de la fabricación)	150
GRÁFICA 4.8 (Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER corte perpendicular al sentido de la fabricación)	151
GRÁFICA 4.9 (Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles mactex REPAV60.2 - corte perpendicular al sentido de la fabricación)	151
GRÁFICA 4.10 (Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto líquido FLEXPRIMER en geotextil mactex REPAV60.2 de MACCAFERRI)	152
GRÁFICA 4.11 (Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER corte paralelo al sentido de la fabricación)	153

GRÁFICA 4.12	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles NT7000 de PAVCO - corte paralelo al sentido de la fabricación)	153
GRÁFICA 4.13	(Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER corte perpendicular al sentido de la fabricación)	154
GRÁFICA 4.14	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido FLEXPRIMER en los geotextiles NT7000 de PAVCO - corte perpendicular al sentido de la fabricación)	154
GRÁFICA 4.15	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto líquido FLEXPRIMER en geotextil NT7000 de PAVCO).....	155
GRÁFICA 4.16	(Comparación de adherencia de asfalto líquido FLEXPRIMER en geotextiles maxtec REPAV40.2, mactex REPAV60.2 y NT7000 de PAVCO).....	157
GRÁFICA 4.17	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte paralelo al sentido de la fabricación)	158
GRÁFICA 4.18	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex REPAV40.2 corte paralelo al sentido de la fabricación).....	158
GRÁFICA 4.19	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte perpendicular al sentido de la fabricación)	159
GRÁFICA 4.20	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex REPAV40.2 corte perpendicular al sentido de la fabricación)	159
GRÁFICA 4.21	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto líquido ADP en geotextil mactex REPAV40.2 de MACCAFERRI).....	160
GRÁFICA 4.22	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte paralelo al sentido de la fabricación)	161
GRÁFICA 4.23	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex REPAV60.2 corte paralelo al sentido de la fabricación).....	161
GRÁFICA 4.24	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte	

	perpendicular al sentido de la fabricación)	162
GRÁFICA 4.25	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex REPAV60.2 corte perpendicular al sentido de la fabricación)	162
GRÁFICA 4.26	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto líquido ADP en geotextil mactex REPAV60.2 de MACCAFERRI)	163
GRÁFICA 4.27	(Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte paralelo al sentido de la fabricación)	164
GRÁFICA 4.28	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex NT7000 de PAVCO - corte paralelo al sentido de la fabricación)	164
GRÁFICA 4.29	(Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de asfalto líquido ADP corte perpendicular al sentido de la fabricación)	165
GRÁFICA 4.30	(Capacidad de adherencia del asfalto líquido ADP en los geotextiles mactex NT7000 de PAVCO - corte perpendicular al sentido de la fabricación)	165
GRÁFICA 4.31	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio Paralela y perpendicular de asfalto líquido ADP en geotextil NT7000 de PAVCO).....	166
GRÁFICA 4.32	(Comparación de adherencia de asfalto líquido ADP de STRATURA ASFALTOS en geotextiles maxtec REPAV40.2, mactex REPAV60.2 y NT7000 de PAVCO)...	168
GRÁFICA 4.33	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte paralelo al sentido de la fabricación)	169
GRÁFICA 4.34	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles mactex REPAV40.2 – corte paralelo al sentido de la fabricación).....	169
GRÁFICA 4.35	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV40.2 en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte perpendicular al sentido de la fabricación)	170
GRÁFICA 4.36	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles mactex REPAV40.2 corte perpendicular al sentido de la fabricación)	170
GRÁFICA 4.37	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto CAP BETUNEL	

	en geotextil mactex REPAV40.2 de MACCAFERRI)	171
GRÁFICA 4.38	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte paralelo al sentido de la fabricación)	172
GRÁFICA 4.39	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles mactex REPAV60.2 corte paralelo al sentido de la fabricación).....	172
GRÁFICA 4.40	(Peso de las muestras de geotextil mactex REPAV60.2 en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte perpendicular al sentido de la fabricación)	173
GRÁFICA 4.41	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles mactex REPAV60.2 corte perpendicular al sentido de la fabricación)	173
GRÁFICA 4.42	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto CAP BETUNEL en geotextil mactex REPAV60.2 de MACCAFERRI).....	174
GRÁFICA 4.43	(Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte paralelo al sentido de la fabricación)	175
GRÁFICA 4.44	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles NT7000 de PAVCO corte paralelo al sentido de la fabricación).....	175
GRÁFICA 4.45	(Peso de las muestras de geotextil NT7000 de PAVCO en gramos con adherencia de CAP BETUNEL corte perpendicular al sentido de la fabricación)	176
GRÁFICA 4.46	(Capacidad de adherencia del CAP BETUNEL en los geotextiles NT7000 de PAVCO corte perpendicular al sentido de la fabricación)	176
GRÁFICA 4.47	(Comparación entre capacidad de adherencia promedio paralela y perpendicular de asfalto CAP BETUNEL en geotextil NT7000 de PAVCO).....	177
GRÁFICA 4.48	(Comparación de adherencia de asfalto CAP BETUNEL en geotextiles mactex REPAV40.2, mactex REPAV60.2 y NT7000 de PAVCO).....	179

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Ficha de datos de seguridad – asfalto líquido FLEXPRIMER.
- Anexo 2 Especificaciones técnicas para asfaltos diluidos - STRATURA
ASFALTOS.
- Anexo 3 BETUNEL – Especificaciones de CAP 85/100.
- Anexo 4 Especificación internacional – geotextil PAVCO NT7000.
- Anexo 5 Especificaciones técnicas de geotextiles PAVCO.
- Anexo 6 Características técnicas de geotextil NT – MACTEX.
- Anexo 7 Comparación entre geotextiles basado en el comportamiento
equivalente.
- Anexo 8 Certificación de calidad del horno mecánico convencional Controls.
- Anexo 9 Especificaciones técnicas de balanza de mesa KERN GAB-N.
- Anexo 10 Carta dirigida a jefe de laboratorio de suelos UAJMS.
- Anexo 11 Carta dirigida a oficial mayor técnico – alcaldía municipal
de Villa Montes.
- Anexo 12 Carta dirigida a director de servicio departamental de caminos.
- Anexo 13 Carta dirigida a oficial mayor técnico – alcaldía municipal de Tarija.
- Anexo 14 Gramaje – Masa por unidad de área (gr/m^2) de las muestras de
geotextiles empleados en el ensayo de retención.
- Anexo 15 Cálculo de la porosidad en % de las muestras de geotextiles
Empleados en el ensayo de retención.
- Anexo 16 Planillas de precios unitarios de los conjunto adherencia
geotextil no tejido/ asfalto eficientes desde el punto de
vista de retención.