

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO

DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DEL USO DE GEOSINTÉTICOS COMO
REFUERZO EN VÍAS TERCIARIAS NO PAVIMENTADAS”**

Por:

FERNANDEZ RODRIGUEZ LUIS FERNANDO

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

SEMESTRE I – 2021

Tarija – Bolivia

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ EVALUACIÓN DEL USO DE GEOSINTÉTICOS COMO
REFUERZO EN VÍAS TERCIARIAS NO PAVIMENTADAS ”**

Por:

FERNANDEZ RODRIGUEZ LUIS FERNANDO

SEMESTRE I – 2021

Tarija – Bolivia

.....
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

DECANA a.i.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Aurelio José Navia Ojeda

VICEDECANO a.i.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
Ing. Wilson Roger Yucra Rivera.

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez.

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco.

ADVERTENCIA

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.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Ramiro Fernandez Condori y Maura Rodriguez Condori, por haberme inculcado buenos valores, por guiarme por el camino del bien, demostrándome siempre su amor, cariño y apoyo incondicional en todo momento, siendo ellos el motor fundamental en mi vida.

A MIS HERMANOS: Kevin Ramiro Fernandez Rodriguez y Abigail Cirelda Fernandez Rodriguez, por su gran cariño, comprensión y apoyo incondicional, sin ellos todo este momento de satisfacción y felicidad no habría sido posible

A MIS ABUELITOS: Alejandro Rodriguez, Marcelina Condori, Rosendo Fernandez y Maura Condori, por haberme apoyado, colaborado en todo momento para poder lograr este gran paso en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por ser la luz que ilumina y guía mi camino. A mis padres que, a través de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino. A mis hermanos, tías, tíos, primos, abuelitos, por su apoyo, consejos y palabras de aliento, que hicieron de mi una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A mis amigos que me ayudaron de una manera desinteresada y buena voluntad. A mis docentes que me apoyaron en mi formación académica.

PENSAMIENTO

“Siempre parece imposible hasta que se
convierte en realidad”

Nelson Mandela

ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

	Página.
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3.1 Situación problemática.....	2
1.3.2 Problema.....	3
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 HIPÓTESIS.....	4
1.6 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES.....	4
1.7.1 Variables independientes.....	4
1.7.2 Variables dependientes.....	5
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
1.8.1 Componentes.....	5
1.8.1.1 Unidad.....	5
1.8.1.2 Población.....	5

1.8.1.3 Muestra	6
1.8.1.4 Muestreo	6
1.9 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS	6
1.9.1 Método inductivo.....	6
1.9.2 Técnicas.....	7
1.9.2.1 Técnicas experimentales en laboratorio	7
1.10 PROCESO DE APLICACIÓN	8

CAPÍTULO 2

ASPECTOS GENERALES SOBRE VÍAS NO PAVIMENTADAS Y REFUERZO CON GEOSINTÉTICOS

	Página.
2.1 MATERIALES GEOSINTÉTICOS.....	9
2.1.1 Uso de los geosintéticos en el mundo.....	9
2.1.2 Tipos de materiales geosintéticos.....	9
2.1.2.1 Geotextiles.....	10
2.1.2.1.1 Geotextil no tejido	10
2.1.2.1.2 Geotextil tejido	11
2.1.2.2 Geomallas	11
2.1.2.2.1 Tipos de geomallas y sus aplicaciones	12
2.1.2.2.1.1 Geomalla uniaxial.....	12
2.1.2.2.1.2 Geomalla biaxial.....	12
2.1.2.2.1.3 Geomalla triaxial	12
2.1.2.3 Geomembranas	13
2.1.2.4 Geoceldas	15
2.1.3 Funciones generales de los geosintéticos	16
2.1.3.1 Funciones hidráulicas	16
2.1.3.2 Funciones mecánicas	16
2.1.4 Funciones y campos de aplicación específicas de los geotextiles.....	16
2.1.4.1 Separación	16

2.1.4.2	Filtro	18
2.1.4.3	Drenaje	20
2.1.4.4	Estabilización	21
2.1.4.5	Refuerzo de la estructura granular.....	21
2.1.4.6	Protección	23
2.1.4.7	Impermeabilización	24
2.1.5	Ensayos que se realizan a los geotextiles	24
2.1.5..1	Método para la determinación de la carga de rotura y la elongación de geotextiles (método GRAB) ASTM D-4632, INV E – 901	24
2.1.5..2	Método para la determinación del índice de resistencia al punzonamiento de geotextiles, geomembranas y productos relacionados ASTM D-4833, INV E – 902.....	25
2.1.5..3	Método para la determinación de la resistencia al rasgado trapezoidal de geotextiles ASTM D-4533, INV E – 903	27
2.2	PAVIMENTOS	28
2.2.1	Características que debe reunir un pavimento.....	29
2.2.2	Clasificación de los pavimentos	29
2.2.2..1	Pavimentos flexibles.....	30
2.2.2..1.1	Funciones de las capas de un pavimento flexible.....	30
2.2.2..2	Pavimentos semi-rígidos	31
2.2.2..3	Pavimentos rígidos	32
2.2.2..3.1	Funciones de las capas de un pavimento rígido	32
2.2.2..4	Pavimentos articulados.....	33
2.2.2..4.1	Funciones de las capas de un pavimento articulado.....	34
2.3	PAVIMENTOS EN VÍAS TERCIARIAS (CARPETAS DE RODADURA NO PAVIMENTADAS)	35
2.4	MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS (ESTABILIZACIÓN DE SUELOS).....	35
2.4.1	Tipos de estabilización	37
2.4.1..1	Estabilización física.....	37
2.4.1..2	Estabilización química.....	38

2.4.1.3	Estabilización mecánica	38
2.5	USO DEL GEOSINTÉTICO EN VÍAS Terciarias Y EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTO REFORZADO	39
2.6	GESTIÓN DE VÍAS Terciarias SIN PAVIMENTAR	41
2.6.1	Introducción a la gestión de vías terciarias sin pavimentar	41
2.6.2	Marco teórico de la gestión de vías terciarias sin pavimentar	42

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN PRACTICA SOBRE LA EVALUACIÓN DEL REFUERZO DE VÍAS Terciarias

	Página.	
3.1	UBICACIÓN DE LOS TRAMOS, COORDENADAS DE LOS PUNTOS INICIO Y FIN DEL TRAMO COMO TAMBIEN DE LOS PUNTOS DE EXTRACCIÓN DEL MATERIAL	45
3.1.1	Macro localización	45
3.1.2	Micro localización	46
3.2	JUSTIFICAIÓN DE LA ELECCIÓN DE LOS TRAMOS ESTUDIADOS Y SUS CARACTERÍSTICAS DE LOS MISMOS.....	54
3.2.1	Tramo Carachimayo y Sella Méndez	54
3.2.2	Tramo Santa Barbara Grande y Tucumillas	56
3.2.3	Tramo Tolomosa y San Andrés.....	57
3.2.4	Tramo San Juan y Impora.....	59
3.3	MUESTREO DEL MATERIAL	61
3.3.1	Equipo utilizado.....	61
3.3.2	Procedimiento para la extracción de las muestras de suelo.....	61
3.3.2.1	Tramo Carachimayo y Sella Méndez	62
3.3.2.2	Tramo Santa Barbara Grande y Tucumillas	62
3.3.2.3	Tramo Tolomosa y San Andrés.....	63
3.3.2.4	Tramo San Juan y Impora.....	63
3.4	OBTENCIÓN DEL MATERIAL GEOSINTÉTICO.....	64

3.5	CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	65
3.5.1	S0202. Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo (AASHTO T248).....	65
3.5.2	S0302. Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422 AASHTO T88)	66
3.5.3	S0304. Determinación del límite líquido de los suelos (ASTM D4318 AASHTO T89)	71
3.5.4	S0305. Determinación del límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D4318 AASHTO T90).....	73
3.5.5	Clasificación de los suelos según AASHTO Y S.U.C.S.	76
3.5.6	S0403. Relaciones de peso unitario – humedad en los suelos –método modificado (ASTM D422 AASHTO T180).....	77
3.5.7	S0404. Determinación de la relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio) (ASTM D1883 AASHTO T193).....	80
3.6	PRUEBAS (ENSAYOS) QUE SE REALIZARÁN PARA EL USO DE GEOSINTÉTICOS COMO REFUERZOS	83
3.6.1	Ensayo S0404. Determinación de la relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de laboratorio) (ASTM D1883 AASHTO T193)	83
3.6.2	Ensayo sin geosintéticos solo de la capa subrasante	85
3.6.3	Ensayo sin geosintéticos capa subrasante y con la capa de rodadura.....	85
3.6.4	Combinaciones que se realizarán con el geosintético y las muestras de suelo	85
3.6.4..1	Primera combinación geosintético en el medio de la capa subrasante	85
3.6.4..2	Segunda combinación geosintético entre la capa subrasante y la capa de rodadura.....	86
3.6.4..3	Tercera combinación geosintético en medio de la capa de rodadura	87
3.6.5	Resultados de los ensayos de penetración sin geosintético.	88
3.6.6	Resultados de los ensayos de penetración con refuerzo de los 2 tipos de geosintéticos.	97
3.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS	117
3.7.1	Análisis de resultados por cada combinación de cada tramo	117
3.7.2	Análisis de resultados por tramo en general.....	143
3.8	COSTOS DE ACUERDO AL TRAMO ESTUDIADO	149

3.8.1 Precio unitario capa de rodadura (ripiado)	149
3.8.2 Datos necesarios para diseñar mediante el método de CBR	152
3.8.2..1 Tramo 1 Carachimayo y Sella Méndez	152
3.8.2..2 Tramo 2 Santa Barbara y Tucumillas	157
3.8.2..3 Tramo 3 Tolomosa y San Andrés	157
3.8.2..4 Tramo 4 San Juan y Impora	162

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página.
4.1 CONCLUSIONES.....	168
4.2 RECOMENDACIONES	170

BIBLIOGRAFÍA

WEBGRAFÍA

ANEXOS

Anexo A: Memoria fotografica de los ensayos realizados en laboratorio de suelos.

Anexo B: Caracterizacion, compactacion, CBR de los materiales de los tramos de las vías terciarias no pavimentadas.

Anexo C: Ensayo de penetracion geosintético tipo 1 y 2.

Anexo D: Caracteristicas de los geosintéticos usados.

Anexo E: Especificaciones técnicas de los geosintéticos para ser colocados en obra.

Anexo F: Carta de solicitud de donación de material a SEDECA – TARIJA.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1.2.1 Geotextil	11
Figura 2.1.2.2 Geomalla.....	13
Figura 2.1.2.3 Geomembranas	14
Figura 2.1.2.4 Geoceldas.....	15
Figura 2.1.4.1 Separación de capas granulares y subrasante.	17
Figura 2.1.5.1 Ensayo de tensión grab.....	25
Figura 2.1.5.2 Ensayo de punzonamiento	27
Figura 2.2.1 Pavimento flexible.....	30
Figura 2.2.2 Pavimento rígido.....	32
Figura 2.2.3 Pavimento articulado	34
Figura 2.5.1 Deformación de la subrasante en contacto con el geosintético.	40
Figura 2.5.2 Anclaje del geosintético por fuera del área de carga.	41
Figura 3.1.1 Vista satelital, ubicación de los tramos.	45
Figura 3.1.2.1.1 Vista satelital, ubicación de los puntos de inicio y final del tramo como tambien de extracción tramo 1.	46
Figura 3.1.2.1.2 Fotografía del tramo 1.	47
Figura 3.1.2.2.1 Vista satelital, ubicación de los puntos de inicio y final del tramo como tambien de extracción tramo 2.	48
Figura 3.1.2.2.2 Fotografía del tramo 2.	49
Figura 3.1.2.3.1 Vista satelital, Ubicación de los puntos de inicio y final del tramo como tambien de extracción tramo 3.	50
Figura 3.1.2.3.2 Fotografía del tramo 3.	51

Figura 3.1.2.4.1 Vista satelital, ubicación de los puntos de inicio y final del tramo como tambien de extracción tramo 4.	52
Figura 3.1.2.4.2 Fotografía del tramo 4.	53
Figura 3.2.1.1 Vista satelital, ubicación de los tramos que unen los 2 municipios.	54
Figura 3.2.1.2 Medición del ancho del tramo.	55
Figura 3.2.1.3 Medición de la capa de rodadura.	55
Figura 3.2.2.1 Medición del ancho del tramo.	56
Figura 3.2.2.2 Medición de la capa de rodadura.	56
Figura 3.2.2.3 Tipo de terreno.	57
Figura 3.2.3.1 Vista satelital, ubicación de los tramos que unen los 2 municipios.	58
Figura 3.2.3.2 Medición del ancho del tramo.	58
Figura 3.2.3.3 Medición de la capa de rodadura.	59
Figura 3.2.4.1 Medición del ancho del tramo.	60
Figura 3.2.4.2 Medición de la capa de rodadura.	60
Figura 3.3.2.1 Identificación del lugar y extracción de la muestra.	62
Figura 3.3.2.2 Identificación del lugar y extracción de la muestra.	62
Figura 3.3.2.3 Identificación del lugar y extracción de la muestra.	63
Figura 3.3.2.4 Identificación del lugar y extracción de la muestra.	63
Figura 3.4.1 Geotextil que se compró.	64
Figura 3.4.2 Geotextil que se obtuvo de SEDECA.	64
Figura 3.5.1 Cuarteo del material.	65
Figura 3.5.2.1 Análisis granulométrico (suelo granular).	67
Figura 3.5.2.2 Análisis granulométrico (suelo Fino).	67

Figura 3.5.3.1 Ensayo límite líquido.....	72
Figura 3.5.3.2 Ensayo límite líquido fallido.	72
Figura 3.5.4.1 Ensayo límite plástico.....	73
Figura 3.5.4.2 Ensayo límite plástico fallido.	74
Figura 3.5.7 Ensayo proctor modificado.....	78
Figura 3.5.8 Ensayo CBR.	81
Figura 3.6.1 Ensayo que se realizó a las muestras con el uso del geosintético.....	84
Figura 3.6.2 Capa subrasante sin geosintético.	85
Figura 3.6.3 Capa subrasante y capa de rodadura sin geosintético.....	85
Figura 3.6.4.1 Primera combinación con geosintético.....	86
Figura 3.6.4.2 Segunda combinación con geosintético.....	86
Figura 3.6.4.3 Tercera combinación con geosintético.	87
Figura 3.6.5.1 Curva tensión – penetración capa subrasante tramo 1 (A-4(6)).	88
Figura 3.6.5.2 Curva tensión – penetración capa subrasante tramo 1 (A-7-6(13)).....	89
Figura 3.6.5.3 Curva tensión – penetración capa subrasante A-4(6) y capa de rodadura A-1-b(0) tramo 1.....	90
Figura 3.6.5.4 Curva tensión – penetración capa subrasante A-7-6(13) y capa de rodadura A-1-b(0) tramo 1.....	91
Figura 3.6.5.5 Curva tensión – penetración capa de rodadura tramo 2.....	92
Figura 3.6.5.6 Curva tensión – penetración capa subrasante tramo 3.....	93
Figura 3.6.5.7 Curva tensión – penetración capa subrasante y capa de rodadura tramo 3.	94
Figura 3.6.5.8 Curva tensión – penetración capa subrasante tramo 4.....	95
Figura 3.6.5.9 Curva tensión – penetración capa subrasante y capa de rodadura tramo 4.	96

Figura 3.6.6.1 Curva tensión – penetración capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	97
Figura 3.6.6.2 Curva tensión – penetración capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	98
Figura 3.6.6.3 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	99
Figura 3.6.6.4 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	100
Figura 3.6.6.5 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	101
Figura 3.6.6.6 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	102
Figura 3.6.6.7 Curva tensión – penetración capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 2.....	103
Figura 3.6.6.8 Curva tensión – penetración capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 3.....	104
Figura 3.6.6.9 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	105
Figura 3.6.6.10 Curva tensión – penetración capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	106
Figura 3.6.6.11 Curva tensión – penetración capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 4.....	107
Figura 3.6.6.12 Curva tensión – penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	108
Figura 3.6.6.13 Curva tensión – penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	109
Figura 3.7.1.1 Comparando los resultados capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	117
Figura 3.7.1.2 Comparando los resultados capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	118

Figura 3.7.1.3 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	119
Figura 3.7.1.4 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	120
Figura 3.7.1.5 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	121
Figura 3.7.1.6 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	122
Figura 3.7.1.7 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 2.	123
Figura 3.7.1.8 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 3.	124
Figura 3.7.1.9 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.	125
Figura 3.7.1.10 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.	126
Figura 3.7.1.11 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 4.	127
Figura 3.7.1.12 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.	128
Figura 3.7.1.13 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.	129
Figura 3.7.1.14 Comparando los resultados capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 2 tramo 1.	130
Figura 3.7.1.15 Comparando los resultados capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 2 tramo 1.	131
Figura 3.7.1.16 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	132
Figura 3.7.1.17 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	133

Figura 3.7.1.18 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	134
Figura 3.7.1.19 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	135
Figura 3.7.1.20 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 2.	136
Figura 3.7.1.21 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 3.	137
Figura 3.7.1.22 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.	138
Figura 3.7.1.23 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.	139
Figura 3.7.1.24 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 4.	140
Figura 3.7.1.25 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.	141
Figura 3.7.1.26 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.	142
Figura 3.7.2.1 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 1.	143
Figura 3.7.2.2 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 2.	145
Figura 3.7.2.3 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 3.	146
Figura 3.7.2.4 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 4.	147
Figura 3.8.1.1.1 Pesos máximos permitidos por ejes.	152
Figura 3.8.1.1.2 Tipo camión eje sencillo de cuatro llantas.	152
Figura 3.8.2.1.1 Curvas para el cálculo de espesores para diferentes CBR y carga por rueda (Tramo 1 subrasante A-7-6(13)).	153
Figura 3.8.2.1.2 Comparación de costos tramo 1 geosintético tipo 1.	155
Figura 3.8.2.1.3 Comparación de costos tramo 1 geosintético tipo 2.	157

Figura 3.8.2.3.1 Curvas para el cálculo de espesores para diferentes CBR y carga por rueda (Tramo 3 subrasante A-4(5)).	158
Figura 3.8.2.3.2 Comparación de costos tramo 3 geosintético tipo 1.....	160
Figura 3.8.2.3.3 Comparación de costos tramo 3 geosintético tipo 2.....	162
Figura 3.8.2.4.1 Curvas para el cálculo de espesores para diferentes CBR y carga por rueda (Tramo 4 subrasante A-4(1)).	163
Figura 3.8.2.4.2 Comparación de costos tramo 4 geosintético tipo 1.....	165
Figura 3.8.2.4.3 Comparación de costos tramo 4 geosintético tipo 2.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.6.1 Variable independiente.....	5
Tabla 1.6.2 Variable dependiente.....	5
Tabla 3.1.2.1 Coordenadas de los puntos del tramo 1.....	47
Tabla 3.1.2.2 Coordenadas de los puntos del tramo 2.....	49
Tabla 3.1.2.3 Coordenadas de los puntos del tramo 3.....	51
Tabla 3.1.2.4 Coordenadas de los puntos del tramo 4.....	53
Tabla 3.5.2.1 Resumen granulométrico tramo 1.	68
Tabla 3.5.2.2 Resumen granulométrico tramo 2.	68
Tabla 3.5.2.3 Resumen granulométrico tramo 3.	69
Tabla 3.5.2.4 Resumen granulométrico tramo 4.	70
Tabla 3.5.5.1 Resumen límites tramo 1.....	74
Tabla 3.5.5.2 Resumen límites tramo 2.....	75
Tabla 3.5.5.3 Resumen límites tramo 3.....	75
Tabla 3.5.5.4 Resumen límites tramo 4.....	75

Tabla 3.5.6.1 Resumen clasificación tramo 1.	76
Tabla 3.5.6.2 Resumen clasificación tramo 2.	76
Tabla 3.5.6.3 Resumen clasificación tramo 3.	76
Tabla 3.5.6.4 Resumen clasificación tramo 4.	77
Tabla 3.5.7.1 Resumen proctor modificado tramo 1.....	78
Tabla 3.5.7.2 Resumen Proctor modificado tramo 2.....	79
Tabla 3.5.7.3 Resumen proctor modificado tramo 3.....	79
Tabla 3.5.7.4 Resumen proctor modificado tramo 4.....	79
Tabla 3.5.8.1 Resumen CBR tramo 1.....	81
Tabla 3.5.8.2 Resumen CBR tramo 2.....	82
Tabla 3.5.8.3 Resumen CBR tramo 3.....	82
Tabla 3.5.8.4 Resumen CBR tramo 4.....	82
Tabla 3.6.5.1 Resultados penetración capa subrasante tramo 1 (A-4(6)).	88
Tabla 3.6.5.2 Resultados penetración capa subrasante tramo 1 (A-7-6(13)).	89
Tabla 3.6.5.3 Resultados penetración capa subrasante A-4(6) y capa de rodadura A-1-b(0) tramo 1.	90
Tabla 3.6.5.4 Resultados penetración capa subrasante A-7-6(13) y capa de rodadura A-1-b(0) tramo 1.	91
Tabla 3.6.5.5 Resultados penetración capa de rodadura tramo 2.	92
Tabla 3.6.5.6 Resultados penetración capa subrasante tramo 3.	93
Tabla 3.6.5.7 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura tramo 3.....	94
Tabla 3.6.5.8 Resultados penetración capa subrasante tramo 4.	95
Tabla 3.6.5.9 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura tramo 4.....	96
Tabla 3.6.6.1 Resultados penetración capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 1 tramo 1.	97

Tabla 3.6.6.2 Resultados penetración capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	98
Tabla 3.6.6.3 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	99
Tabla 3.6.6.4 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	100
Tabla 3.6.6.5 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	101
Tabla 3.6.6.6 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	102
Tabla 3.6.6.7 Resultados penetración capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 2.	103
Tabla 3.6.6.8 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 3.	104
Tabla 3.6.6.9 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	105
Tabla 3.6.6.10 Resultados penetración capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	106
Tabla 3.6.6.11 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 4.	107
Tabla 3.6.6.12 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	108
Tabla 3.6.6.13 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	109
Tabla 3.6.6.14 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 1.	110
Tabla 3.6.6.15 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 1.	110
Tabla 3.6.6.16 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 1.....	111

Tabla 3.6.6.17 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 1.....	111
Tabla 3.6.6.18 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 1.....	112
Tabla 3.6.6.19 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 1.....	112
Tabla 3.6.6.20 Resultados penetración capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 2.	113
Tabla 3.6.6.21 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 3.	113
Tabla 3.6.6.22 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.....	114
Tabla 3.6.6.23 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.....	114
Tabla 3.6.6.24 Resultados penetración capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 4.	115
Tabla 3.6.6.25 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.....	115
Tabla 3.6.6.26 Resultados penetración capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.....	116
Tabla 3.7.1.1 Comparando los resultados capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 1 tramo 1.	117
Tabla 3.7.1.2 Comparando los resultados capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	118
Tabla 3.7.1.3 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	119
Tabla 3.7.1.4 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	120
Tabla 3.7.1.5 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.	121

Tabla 3.7.1.6 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 1 tramo 1.....	122
Tabla 3.7.1.7 Comparando los resultados capa rodadura con geosintético tipo 1 tramo 2.	123
Tabla 3.7.1.8 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 3.	124
Tabla 3.7.1.9 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	125
Tabla 3.7.1.10 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 3.....	126
Tabla 3.7.1.11 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 1 tramo 4.	127
Tabla 3.7.1.12 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	128
Tabla 3.7.1.13 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 1 tramo 4.....	129
Tabla 3.7.1.14 Comparando los resultados capa subrasante A-4(6) con geosintético tipo 2 tramo 1.	130
Tabla 3.7.1.15 Comparando los resultados capa subrasante A-7-6(13) con geosintético tipo 2 tramo 1.....	131
Tabla 3.7.1.16 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	132
Tabla 3.7.1.17 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.....	133
Tabla 3.7.1.18 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-4(6) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.	134
Tabla 3.7.1.19 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura (A-7-6(13) y A-1-b(0)) con geosintético tipo 2 tramo 1.....	135
Tabla 3.7.1.20 Comparando los resultados capa rodadura con geosintético tipo 2 tramo 2.	136

Tabla 3.7.1.21 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 3.	137
Tabla 3.7.1.22 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.	138
Tabla 3.7.1.23 Comparando los resultados capa subrasante y la capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 3.	139
Tabla 3.7.1.24 Comparando los resultados capa subrasante con geosintético tipo 2 tramo 4.	140
Tabla 3.7.1.25 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.	141
Tabla 3.7.1.26 Comparando los resultados capa subrasante y capa de rodadura con geosintético tipo 2 tramo 4.	142
Tabla 3.7.2.1 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 1.	143
Tabla 3.7.2.2 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 2.	145
Tabla 3.7.2.3 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 3.	146
Tabla 3.7.2.4 Porcentaje de incremento del CBR con geosintético tramo 4.	147
Tabla 3.8.1.1 Precio unitario capa de rodadura tramo 3.	149
Tabla 3.8.1.2 Precio unitario geosintético tipo 1.	150
Tabla 3.8.1.3 Precio unitario geosintético tipo 2.	151
Tabla 3.8.2.1.1 Presupuesto general sin refuerzo de geosintético tramo 1.	154
Tabla 3.8.2.1.2 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 1 tramo 1.	155
Tabla 3.8.2.1.3 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 2 tramo 1.	156
Tabla 3.8.2.3.1 Presupuesto general sin refuerzo de geosintético tramo 3.	159
Tabla 3.8.2.3.2 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 1 tramo 3.	160
Tabla 3.8.2.3.3 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 2 tramo 3.	161
Tabla 3.8.2.4.1 Presupuesto general sin refuerzo de geosintético tramo 4.	164

Tabla 3.8.2.4.2 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 1 tramo 4..... 165

Tabla 3.8.2.4.3 Presupuesto general con refuerzo de geosintético tipo 2 tramo 4..... 166