

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN
SUBRASANTES DE BAJAS CARACTERÍSTICAS DE
RESISTENCIA”**

TOMO I

Por:

YOELMA IRIS VARGAS RUEDA

Proyecto de Investigación presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en la Carrera de Ingeniería Civil

Diciembre 2014

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN
SUBRASANTES DE BAJAS CARACTERÍSTICAS DE
RESISTENCIA”**

TOMO II

Por:

YOELMA IRIS VARGAS RUEDA

Proyecto de Investigación presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en la Carrera de Ingeniería Civil

Diciembre 2014

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN
SUBRASANTES DE BAJAS CARACTERÍSTICAS DE
RESISTENCIA”**

Por:

YOELMA IRIS VARGAS RUEDA

Proyecto de Investigación presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en la Carrera de Ingeniería Civil

Diciembre 2014

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

A mi padre y a mi madre que con su ejemplo y sus sabios consejos me enseñaron el camino a seguir en la vida y que la mejor satisfacción es alcanzar una meta por méritos propios de esa manera experimentar la sensación de triunfo. Porque nada en esta vida será suficiente para retribuirles todo el amor y el cariño dedicado en estos años.

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS por ser mi fuente de apoyo espiritual y el ser Todopoderoso que guía mis pasos en el camino de la vida.

MI PADRE por brindarme su apoyo incondicional y su guía, por el cual estaré eternamente agradecida. Te amo.

MI MADRE por estar a mi lado en los buenos y malos momentos y enseñarme el sentido de perseverancia. Te amo.

ÍNDICE GENERAL

Página

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Resumen	
Introducción	1
CAPÍTULO I	
DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO	
1.1. Diseño teórico	3
1.1.1. Determinación del problema	3
1.1.1.1. Situación Problémica.....	3
1.1.1.2. Problema.....	4
1.1.2. Objetivos	4
1.1.2.1. Objetivo General	4
1.1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.1.3. Formulación de hipótesis.....	5
1.1.3.1. Tipo de estudio	5
1.1.3.2. Hipótesis	5
1.1.3.3. Variables.....	5
1.2. Diseño metodológico	6
1.2.1. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.2.1.1. Unidad de Estudio	6
1.2.1.2. Población.....	6
1.2.1.3. Muestra.....	6
1.2.1.4. Muestreo.....	6

1.2.2. Método, técnicas y procedimientos	7
1.2.2.1. Método	7
1.2.2.2. Técnicas.....	7
1.2.2.3. Procedimiento	7
1.2.3. Preparación para aplicación de instrumentos	8
1.2.3.1. Descripción de Equipos	8
1.2.3.2. Forma de operar	10
1.2.3.3. Ensayos	12
1.2.3.4. Consignas o limitaciones	15
1.2.4. Tratamiento estadístico.....	15
1.2.4.1. Confiabilidad.....	16
1.2.4.2. Validez	16
1.2.5. Cronograma	18

CAPÍTULO II

GEOSINTÉTICOS Y SUBRASANTES

2.1. Definición de conceptos.....	19
2.2. Clasificación de los geosintéticos	20
2.2.1. Geotextiles.....	20
2.2.2. Geomallas.....	34
2.3.3. Geogrilla.....	42
2.2.4. Productos relacionados.....	44
2.3. Funciones principales de los geosintéticos	47
2.4. Subrasante	54
2.4.1. Características de suelos de baja resistencia	55
2.4.2. Propiedades de la subrasante.....	56
2.4.3. Características del material usado en la subrasante	59
2.4.4. Ensayos de caracterización de subrasantes	59
2.4.5. Suelos finos	64

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. Caracterización del suelo subrasante	67
3.1.1. Criterios de Selección del suelo subrasante	67
3.1.2. Marco geográfico del suelo subrasante	72
3.1.2.1. Suelo fino “Los Chapacos” (LL>50	73
3.1.2.2. Suelo fino “Avenida Panamericana” (LL<50	75
3.1.3. Preparación y caracterización básica del suelo empleado.....	77
3.1.3.1. Análisis Hidrométrico.....	78
3.1.3.2. Peso específico.....	83
3.1.3.3. Límites de Atterberg	88
3.1.3.3.1. Limite Líquido	89
3.1.3.3.2. Limite Plástico	89
3.1.3.4. Ensayo de compactación	101
3.1.3.5. Capacidad de Soporte	105
3.1.3.6. Compresión Simple	114
3.2. Criterios de selección de los materiales geosintéticos	118
3.3. Aplicación de los materiales geosintéticos	126
3.3.1. Aplicación de geo. en la sup. del suelo sub “Los Chapacos”	129
3.3.1.1. Aplicación de geotextil tejido.....	129
3.3.1.2. Aplicación de geotextil no tejido.....	132
3.3.1.3. Aplicación de geomalla biaxial	135
3.3.1.4. Aplicación de geogrilla.....	139

3.3.2. Aplicación de geo en la mitad del suelo sub “Los Chapacos”	142
3.3.2.1. Aplicación de geotextil tejido	142
3.3.2.2. Aplicación de geotextil no tejido	145
3.3.2.3. Aplicación de geomalla biaxial	149
3.3.2.4. Aplicación de geogrilla.....	152
3.3.3. Aplicación de geo en la sup del suelo sub “Av. Pan”	155
3.3.3.1. Aplicación de geotextil tejido.....	155
3.3.3.2. Aplicación de geotextil no tejido.....	159
3.3.3.3. Aplicación de geomalla biaxial	162
3.3.3.4. Aplicación de geogrilla.....	166
3.3.4. Aplicación de geo en la mitad del suelo sub “Av. Pan”	169
3.3.4.1. Aplicación de geotextil tejido.....	169
3.3.4.2. Aplicación de geotextil no tejido.....	172
3.3.4.3. Aplicación de geomalla biaxial	176
3.3.4.4. Aplicación de geogrilla.....	179
3.4. Resumen de los valores obtenidos	183
3.4.1. %CBR	183
3.4.2. Compresión Simple “Los Chapacos”	184
3.4.3. Compresión Simple “Av. Panamericana”	188

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Incremento de la capacidad portante de la subrasante	192
4.1.1. Subrasante procedente de “Los Chapacos”	193

4.1.2. Subrasante procedente de “Av. Panamericana”	195
4.2. Incremento de la compresión simple de la subrasante	197
4.3. Reducción del % de expansión del suelo subrasante	202
4.4. Comparación de %CBR con geosintético en la Sup. y mitad	207
4.5. Comparación de esfuerzos geosintético en la Sup. y mitad	209
4.6. Comparación de %expansión geosintético en la Sup. y la mitad.....	218
4.7. Análisis de la posición del geosintético más efectivo.....	220
4.8. Costos.....	224
4.9. Tratamiento estadístico	226
4.9.1. Confiabilidad.....	226

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	228
5.2. Recomendaciones.....	230
BIBLIOGRAFÍA	232

ANEXOS

ANEXO. 1. Especificaciones técnicas de geosintéticos

ANEXO 2. Cálculos Caracterización Suelo “Los Chapacos

ANEXO 3. Cálculos Caracterización Suelo “Av. Panamericana

ANEXO 4. Cálculos Suelo “Los Chapacos” + Geo en la Sup

ANEXO 5. Cálculos Suelo “Av. Panam”+ Geo en la Sup

ANEXO 6. Cálculos Suelo “Los Chapacos” + Geo en el Med

ANEXO 7. Cálculos Suelo “Av. Panam”+ Geo en el Med

ANEXO 8. Precios unitarios

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1. Subrasante con baja resistencia 15

Figura 1.2. Subrasante reforzada con geosintético en la superficie 15

Figura 1.3. . Subrasante reforzada con geosintético en la mitad 16

CAPÍTULO II

Figura 2.1 Muestra de geotextil 20

Figura 2.2. Geotextiles tejidos 21

Figura 2.3. Geotextiles no tejidos 23

Figura 2.4. Proceso mecánico 26

Figura 2.5. Proceso térmico 27

Figura 2.6. Proceso químico..... 27

Figura 2.7. Pavimento Sin geotextil y con geotextil de separación 30

Figura 2.8. Geotextil usado como refuerzo..... 31

Figura 2.9. Geotextil impide el transporte de partículas finas 31

Figura 2.10. Geotextil impide el paso de fluidos y gas..... 32

Figura 2.11. Geotextil para protección de un talud..... 33

Figura 2.12. Geomalla Uniaxial 36

Figura 2.13 Geomallas Biaxial..... 36

Figura 2.14. Funcionamiento de granulares sin refuerzo y con ref..... 38

Figura 2.15. Diseño estructural de pavimento Sin geomalla y con geomalla..... 38

Figura 2.16. Geomalla-Ciudadela Cafam-Bogotá, 2005.....	29
Figura 2.17. Esquema talud reforzado con Geomallas Uniaxiales	40
Fig. 2.18 Geogrilla	42
Figura 2.19 Colocación de una capa de Geogrilla	44
Figura 2.20. Georedes	44
Figura 2.21. Geoceldas.....	45
Figura 2.22. Geomantas	46
Figura 2.23. Geosintético bentonítico	46
Figura 2.24 Geocompuestos.....	47
Figura 2.25 Función de separación	50
Figura 2.26 Geosintético como filtro	50
Figura 2.27 Función de drenaje planar.....	51
Figura 2.28 Barrera de Geosintético para fluidos y gases.....	51
Figura 2.29 Retención de partículas traídas por la escorrentía	52
Figura 2.30 Efecto membrana.....	54
Figura 2.31. Paquete estructural Pavimentos Flexible y Pavimentos Rígidos.....	54
Figura 2.32. Excavación de suelo limoso	65
Figura 2.33. Estrato de arcilla	66
 CAPÍTULO III	
Figura 3.1. Ubicación referente a un punto conocido	74
Figura 3.2. Ubicación del punto de extracción	74
Figura 3.3. Talud de extracción.....	75
Figura 3.4. Ubicación referente a un punto conocido	76

Figura 3.5. Ubicación del punto de extracción	76
Figura 3.6. Talud de extracción.....	77
Figura 3.7. Preparación de material	78
Figura 3.8. Material necesario para el análisis hidrométrico	79
Figura 3.9.Suelo con defloculante.....	80
Figura 3.10. Probetas con el suelo para sedimentar	80
Figura 3.11. Lectura del hidrómetro y temperatura	80
Figura 3.12. Frasco volumétrico con suelo	84
Figura 3.13. Material necesario para Límite Líquido	89
Figura 3.14. Muestra preparada para el Límite Plástico	90
Figura 3.15. Rollitos de 3mm para límite plástico	90
Figura 3.16. Taras con muestras secas de límites	91
Figura 3.17. Enrasando el suelo compactado al molde.....	102
Figura 3.18. Desmoldando para extraer humedad	102
Figura 3.19. Materiales utilizados para compactación.....	102
Figura 3.20. Compactando el suelo.....	106
Figura 3.21. Molde más suelo compactado.....	106
Figura 3.22. Sacando el collarín para enrasar	107
Figura 3.23. Lecturando la expansión con el extensómetro.....	107
Figura 3.24. Moldes sumergidos en agua	108
Figura 3.25. Equipo preparado para lecturar las resistencias.....	108
Figura 3.26. Compactación de capas.....	114
Figura 3.27. Lecturando las resistencias	114

Figura 3.28. Molde llegando a la ruptura.....	115
Figura 3.29. Molde después de ser sometido a la carga.....	115
Figura 3.30. Geogrilla recortada de forma circular.....	126
Figura 3.31. Geosintético colocado en la superficie	127
Figura 3.32. Geosintético colocado en la mitad.....	127
Figura 3.33. Combinaciones de geosintéticos “Los Chapacos”.....	128
Figura 3.34. Combinaciones de geosintéticos “Av. Panamericana”.....	128

CAPÍTULO IV

Figura N°4.1. Subrasante reforzada con geosintético colocado en la superficie ...	192
Figura N°4.2. Subrasante reforzada con geosintético colocado en la mitad.....	192
Figura N°4.3. Distribución de esfuerzos pavimento flexible.....	221
Figura N°4.4. Membrana tensionada	221
Figura N°4.5. Superficie de falla	222
Figura N°4.6. Geosintético en la superficie	222
Figura N°4.7. Geosintético en la mitad.....	223

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO III

Cuadro 3.1. Características de una buena subrasante	67
Cuadro 3.2. Límite Líquido e Índice Plástico según el % expansión	68
Cuadro 3.3. Características de una buena subrasante	68
Cuadro 3.4. Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR.....	69
Cuadro 3.5. Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR.....	69
Cuadro 3.6. Valores requeridos para el suelo natural	71
Cuadro 3.7. Características para reconocer visual o manualmente un suelo fino....	72
Cuadro 3.8. Especificaciones técnicas Geotextil tejido	123
Cuadro 3.9. Especificaciones técnicas Geotextil no tejido	124
Cuadro 3.10. Especificaciones técnicas Geomalla Biaxial	125
Cuadro 3.11. Especificaciones técnicas Geogrilla	126

CAPÍTULO IV

Cuadro N°4.1. Funciones del geosintético cuando se aplica en la superficie	224
Cuadro N°4.2. Funciones del geosintético cuando se aplica en la mitad.....	224
Cuadro N°4.3. Funciones del geosintético cuando se aplica en la mitad.....	225
Cuadro N°4.4. Funciones del geosintético cuando se aplica en la mitad.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Funciones de los geosintéticos en aplicación.....	48
Tabla 2.2 Funciones de los geosintéticos en obra	48
Tabla 2.3 Descripción de los geosintéticos según su función.....	49
Tabla 2.4 Valores de “K” en cm/seg.....	55
Tabla 2.5. Características de una buena subrasante	59
Tabla 2.6. Clasificación y uso del suelo según el calor de CBR.....	62

CAPÍTULO III

Tabla 3.1. Coordenadas del Punto de extracción de “Los Chapacos	73
Tabla 3.2. Coordenadas del Punto de extracción de Av. Panamericana”	75
Tabla 3.3. Porcentajes de las partículas “Los Chapacos”	81
Tabla 3.4. Porcentajes de las partículas “Av. Panamericana”	82
Tabla 3.5. Resumen de los resultados %Limo y arcilla	83
Tabla 3.6. Calibración del frasco “Los Chapacos”	85
Tabla 3.7. Peso específico de “Los Chapacos”	86
Tabla 3.8. Calibración del frasco “Av. Panamericana”	86
Tabla 3.9. Peso específico de “Av. Panamericana”	87
Tabla 3.10. Resumen de los resultados	88
Tabla 3.11. Valores de Limites de Atterberg de “Los Chapacos”	92
Tabla 3.12. Valores de Limites de Atterberg de “Av. Panamericana	93
Tabla 3.13. Resumen de los resultados	93
Tabla 3.14. Clasificación del método AASHTO	98

Tabla 3.15. Valores de Densidad y Humedad “Los Chapacos”	103
Tabla 3.16. Valores de Densidad y Humedad “Avenida Panamericana”	104
Tabla 3.17. Resumen de los resultados	105
Tabla 3.18. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos”	109
Tabla 3.19. Valores de expansión de “Los Chapacos”	109
Tabla 3.20. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos”	109
Tabla 3.21. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam”	111
Tabla 3.22. Valores de expansión de “Av. Panam”	112
Tabla 3.23. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam”	112
Tabla 3.24. Resumen de los resultados	113
Tabla 3.25. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos”	115
Tabla 3.26. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam”	116
Tabla 3.27. Resumen de los resultados “Los Chapacos”	117
Tabla 3.28. Resumen de los resultados “Av. Panam”	118
Tabla 3.29. Funciones de los geosintéticos en aplicación.....	118
Tabla 3.30. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GT Sup	129
Tabla 3.31. Valores de expansión de “Los Chapacos” GT Sup.....	130
Tabla 3.32. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GT Sup.....	130
Tabla 3.33. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GT Sup	131
Tabla 3.34. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GNT Sup ...	132
Tabla 3.35. Valores de expansión de “Los Chapacos” GNT Sup.....	133
Tabla 3.36. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GNT Sup.....	133
Tabla 3.37. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GNT Sup	135

Tabla 3.38. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GB Sup.....	136
Tabla 3.39. Valores de expansión de “Los Chapacos” GB Sup.....	136
Tabla 3.40. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GB Sup	136
Tabla 3.41. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GB Sup	138
Tabla 3.42. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GMB Sup ..	139
Tabla 3.43. Valores de expansión de “Los Chapacos” GMB Sup	139
Tabla 3.44. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GMB Sup.....	140
Tabla 3.45. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GMB Sup ...	141
Tabla 3.46. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GT Med.....	142
Tabla 3.47. Valores de expansión de “Los Chapacos” GT Med.....	143
Tabla 3.48. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GT Med.....	143
Tabla 3.49. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GT Med.....	145
Tabla 3.50. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GNT Med ..	146
Tabla 3.51. Valores de expansión de “Los Chapacos” GNT Med.....	146
Tabla 3.52. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GNT Med.....	146
Tabla 3.53. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GNT Med ...	148
Tabla 3.54. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GB Med.....	149
Tabla 3.55. Valores de expansión de “Los Chapacos” GB Med	149
Tabla 3.56. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GB Med	149
Tabla 3.57. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GB Med.....	151
Tabla 3.58. Contenido de humedad y peso unitario “Los Chapacos” GMB Med .	152
Tabla 3.59. Valores de expansión de “Los Chapacos” GMB Med.....	153
Tabla 3.60. Cargas y valores de CBR corregidos “Los Chapacos” GMB Med.....	153

Tabla 3.61. Valores deformaciones y esfuerzos de “Los Chapacos” GMB Sup ...	155
Tabla 3.62. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GT Sup.....	156
Tabla 3.63. Valores de expansión de “Av. Panam” GT Sup.....	156
Tabla 3.64. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GT Sup	157
Tabla 3.65. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GT Sup.....	158
Tabla 3.66. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GNT Sup.....	159
Tabla 3.67. Valores de expansión de “Av. Panam” GNT Sup.....	160
Tabla 3.68. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GNT Sup.....	160
Tabla 3.69. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GNT Sup	162
Tabla 3.70. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GB Sup.....	163
Tabla 3.71. Valores de expansión de “Av. Panam” GB Sup	163
Tabla 3.72. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GB Sup	163
Tabla 3.73. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GB Sup.....	165
Tabla 3.74. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GMB Sup	166
Tabla 3.75. Valores de expansión de “Av. Panam” GMB Sup.....	166
Tabla 3.76. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GMB Sup.....	167
Tabla 3.77. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GMB Sup	168
Tabla 3.78. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GT Med.....	169
Tabla 3.79. Valores de expansión de “Av. Panam” GT Med	170
Tabla 3.80. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GT Med	170
Tabla 3.81. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GT Med.....	172
Tabla 3.82. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GNT Med.....	173
Tabla 3.83. Valores de expansión de “Av. Panam” GNT Med.....	173

Tabla 3.84. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GNT Med	173
Tabla 3.85. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GNT Med.....	175
Tabla 3.86. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GB Med.....	176
Tabla 3.87. Valores de expansión de “Av. Panam” GB Med	176
Tabla 3.88. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GB Med	177
Tabla 3.89. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GB Med.....	178
Tabla 3.90. Contenido de humedad y peso unitario “Av. Panam” GG Med	179
Tabla 3.91. Valores de expansión de “Av. Panam” GG Med	180
Tabla 3.92. Cargas y valores de CBR corregidos “Av. Panam” GG Med.....	180
Tabla 3.93. Valores deformaciones y esfuerzos de “Av. Panam” GG Sup	182
Tabla 3.94. Resumen de valores CBR “Los Chapacos” Sup y mitad.....	183
Tabla 3.95. Resumen de valores CBR “Av. Panam” Sup y mitad.....	183
Tabla 3.96. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GT Sup.....	184
Tabla 3.97. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GNT Sup.....	184
Tabla 3.98. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GB Sup	185
Tabla 3.99. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GG Sup	185
Tabla 3.100. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GT Med.....	186
Tabla 3.101. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GNT Med.....	186
Tabla 3.102. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GB Med	187
Tabla 3.103. Resumen de valores Comp. Simple “Los Chapacos” GG Med	187
Tabla 3.104. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GT Sup	188
Tabla 3.105. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GNT Sup.....	188
Tabla 3.106. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GB Sup	189

Tabla 3.107. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GG Sup.....	189
Tabla 3.108. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GT Med	190
Tabla 3.109. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GNT Med	190
Tabla 3.110. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GB Med	191
Tabla 3.111. Resumen de valores Comp. Simple “Av. Panam” GG Med.....	191

CAPÍTULO IV

Tabla 4.1. Incremento CBR en la subrasante “Los Chapacos” Sup.....	193
Tabla 4.2. Incremento CBR en la subrasante “Los Chapacos” Med	194
Tabla 4.3. Incremento CBR en la subrasante “Av. Panamericana” Sup.....	195
Tabla 4.4. Incremento CBR en la subrasante “Av. Panamericana” Med.....	196
Tabla 4.5. Esf. natural y esf. con geosintéticos en la Sup “Los Chap”	197
Tabla 4.6. Esf. natural y esf. con geosintéticos en la Med “Los Chap”	199
Tabla 4.7 Esf. natural y esf. con geosintéticos en la Sup “Av. Pan”	200
Tabla 4.8. Esf. natural y esf. con geosintéticos en la Med “Av. Pan”	201
Tabla 4.9. % Expansión en la subrasante “Los Chapacos” Sup.....	203
Tabla 4.10. % Expansión en la subrasante “Los Chapacos” Med	204
Tabla 4.11. . % Expansión en la subrasante “Av. Panamericana” Sup.....	205
Tabla 4.12. . % Expansión en la subrasante “Av. Panamericana” Med.....	206
Tabla 4.13. Comparación %CBR según la altura de geosintético “Los Chap” ...	207
Tabla 4.14. Comparación %CBR según la altura de geosintético “Av. Panam” .	208
Tabla 4.15. Esfuerzos según la altura de GT “Los Chap”	209
Tabla 4.16. Esfuerzos según la altura de GNT “Los Chap”	210
Tabla 4.17 Esfuerzos según la altura de GB “Los Chap”	211

Tabla 4.18 Esfuerzos según la altura de GG “Los Chap”	212
Tabla 4.19. Esfuerzos según la altura de GT “Av. Panan”	214
Tabla 4.20. Esfuerzos según la altura de GNT “Av. Panan”	215
Tabla 4.21 Esfuerzos según la altura de GB “Av. Panan”	216
Tabla 4.22. Esfuerzos según la altura de GG “Av. Panan”	217
Tabla 4.23. %expansión según la altura de geosintético “Los Chap”	218
Tabla 4.24. %expansión según la altura de geosintético “Av. Pan”	219
Tabla 4.25. Coef. de Con Bach de Geosintético en la Sup “Los Chap”	226
Tabla 4.26. Coef. de Con Bach de Geosintético en la Med “Los Chap”	226
Tabla 4.27. Coef. de Con Bach de Geosintético en la Sup “Av. Panam”	227
Tabla 4.28. Coef. de Con Bach de Geosintético en la Med “Av. Panam.”	227

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CAPÍTULO III

Gráfica 3.1. Curva granulométrica de suelo “Los Chapacos”	82
Gráfica 3.2. Curva granulométrica de suelo “Avenida Panamericana”	83
Gráfica 3.3. Curva de calibración frasco + agua “Los Chapacos”	85
Gráfica 3.4. Curva de calibración frasco + agua “Av. Panam”	87
Gráfica 3.5. Límite Líquido de “Los Chapacos”	91
Gráfica 3.6. Límite Líquido de “Av. Panam”	92
Gráfica 3.7. Carta de Plasticidad para suelos cohesivos	100
Gráfica 3.8. Curva de compactación “Los Chapacos”	103
Gráfica 3.9. Curva de compactación “Avenida Panamericana”	104
Gráfica 3.10. Carga-Penetración “Los Chapacos”	110
Gráfica 3.11. Curva CBR-Peso unitario “Los Chapacos”	110
Gráfica 3.12. Carga-Penetración “Avenida Panamericana”	112
Gráfica 3.13. Curva CBR-Peso unitario “Avenida Panamericana”	113
Gráfica 3.14. Curva Deformación-Esfuerzo “Los Chapacos”	116
Gráfica 3.15. Curva Deformación-Esfuerzo “Avenida Panamericana”	117
Gráfica 3.16. Carga-Penetración GT Sup “Los Chapacos”	130
Gráfica 3.17. Curva CBR-Peso unitario GT Sup “Los Chapacos”	131
Gráfica 3.18. Curva Deformación-Esfuerzo GT Sup “Los Chapacos”	132
Gráfica 3.19. Carga-Penetración GNT Sup “Los Chapacos”	134
Gráfica 3.20. Curva CBR-Peso unitario GNT Sup “Los Chapacos”	134
Gráfica 3.21. Curva Deformación-Esfuerzo GNT Sup “Los Chapacos”	135

Gráfica 3.22. Curva Deformación-Esfuerzo GMB Sup “Los Chapacos”	137
Gráfica 3.23. Carga-Penetración GMB Sup “Los Chapacos”	137
Gráfica 3.24. Curva CBR-Peso unitario GMB Sup “Los Chapacos”	138
Gráfica 3.25. Carga-Penetración GG Sup “Los Chapacos”	140
Gráfica 3.26. Curva CBR-Peso unitario GG Sup “Los Chapacos”	141
Gráfica 3.27. Curva Deformación-Esfuerzo GG Sup “Los Chapacos”	142
Gráfica 3.28. Carga-Penetración GT Med “Los Chapacos”	144
Gráfica 3.29. Curva CBR-Peso unitario GT Med “Los Chapacos”	144
Gráfica 3.30. Curva Deformación-Esfuerzo GT Med “Los Chapacos”	145
Gráfica 3.31. Carga-Penetración GNT Med “Los Chapacos”	147
Gráfica 3.32. Curva CBR-Peso unitario GNT Med “Los Chapacos”	147
Gráfica 3.33. Curva Deformación-Esfuerzo GNT Med “Los Chapacos”	148
Gráfica 3.34. Curva Deformación-Esfuerzo GMB Med “Los Chapacos”	150
Gráfica 3.35. Carga-Penetración GMB Med “Los Chapacos”	151
Gráfica 3.36. Curva CBR-Peso unitario GMB Med “Los Chapacos”	152
Gráfica 3.37. Carga-Penetración GG Med “Los Chapacos”	154
Gráfica 3.38. Curva CBR-Peso unitario GG Med “Los Chapacos”	154
Gráfica 3.39. Curva Deformación-Esfuerzo GG Med “Los Chapacos”	155
Gráfica 3.40. Carga-Penetración GT Sup “Av. Panam”	157
Gráfica 3.41. Curva CBR-Peso unitario GT Sup “Av. Panam”	158
Gráfica 3.42. Curva Deformación-Esfuerzo GT Sup “Av. Panam”	159
Gráfica 3.43. Carga-Penetración GNT Sup “Av. Panam”	161
Gráfica 3.44. Curva CBR-Peso unitario GNT Sup “Av. Panam”	161

Gráfica 3.45. Curva Deformación-Esfuerzo GNT Sup “Av. Panam”	162
Gráfica 3.46. Curva Deformación-Esfuerzo GMB Sup “Av. Panam”	164
Gráfica 3.47. Carga-Penetración GMB Sup “Av. Panam”	164
Gráfica 3.48. Curva CBR-Peso unitario GMB Sup “Av. Panam”	165
Gráfica 3.49. Carga-Penetración GG Sup “Av. Panam”	167
Gráfica 3.50. Curva CBR-Peso unitario GG Sup “Av. Panam”	168
Gráfica 3.51. Curva Deformación-Esfuerzo GG Sup “Av. Panam”	169
Gráfica 3.52. Carga-Penetración GT Med “Av. Panam”	171
Gráfica 3.53. Curva CBR-Peso unitario GT Med “Av. Panam”	171
Gráfica 3.54. Curva Deformación-Esfuerzo GT Med “Av. Panam”	172
Gráfica 3.55. Carga-Penetración GNT Med “Av. Panam”	174
Gráfica 3.56. Curva CBR-Peso unitario GNT Med “Av. Panam”	174
Gráfica 3.57. Curva Deformación-Esfuerzo GNT Med “Av. Panam”	175
Gráfica 3.58. Curva Deformación-Esfuerzo GMB Med “Av. Panam”	177
Gráfica 3.59. Carga-Penetración GMB Med “Av. Panam”	178
Gráfica 3.60. Curva CBR-Peso unitario GMB Med “Av. Panam”	179
Gráfica 3.61. Carga-Penetración GG Med “Av. Panam”	181
Gráfica 3.62. Curva CBR-Peso unitario GG Med “Av. Panam”	181
Gráfica 3.63. Curva Deformación-Esfuerzo GG Med “Av. Panam”	182

CAPÍTULO IV

Gráfica 4.1. Incremento CBR en la subrasante “Los Chapacos” Sup.....	193
Gráfica 4.2. Incremento CBR en la subrasante “Los Chapacos” Med.....	194
Gráfica 4.3 Incremento CBR en la subrasante “Av. Panamericana” Sup.....	195

Gráfica 4.4. Incremento CBR en la subrasante “Av. Panamericana” Med.....	196
Gráfica 4.5. Incremento del esf. con Geosintéticos Sup. “Los Chapacos”	198
Gráfica 4.6. Incremento del esf. con Geosintéticos Med. “Los Chapacos”	199
Gráfica 4.7. Incremento del esf. con Geosintéticos Sup. “Av. Panam”	200
Gráfica 4.8. Incremento del esf. con Geosintéticos Med. “Av. Panam”	202
Gráfica 4.9. Reducción de % de expansión “Los Chap” Sup	203
Gráfica 4.10 Reducción de % de expansión “Los Chap” Med	204
Gráfica 4.11 Reducción de % de expansión “Av. Panam” Sup	205
Gráfica 4.12. Reducción de % de expansión “Av. Panam” Med.....	206
Gráfica 4.13. % CBR según la altura de geosintético “Los Chap”	207
Gráfica 4.14. % CBR según la altura de geosintético “Av. Panam”	208
Gráfica 4.15. Deformación – Esfuerzo con GT “Los Chap”	210
Gráfica 4.16. Deformación – Esfuerzo con GNT “Los Chap”	211
Gráfica 4.17. Deformación – Esfuerzo con GB “Los Chap”	212
Gráfica 4.18. Deformación – Esfuerzo con GG “Los Chap”	213
Gráfica 4.19. Deformación – Esfuerzo con GT “Av. Panam”	214
Gráfica 4.20. Deformación – Esfuerzo con GNT “Av. Panam”	215
Gráfica 4.21. Deformación – Esfuerzo con GB “Av. Panam”	216
Gráfica 4.22. Deformación – Esfuerzo con GG “Av. Panam”	217
Gráfica 4.23. % expansión según la altura de geosintético “Los Chap.”	219
Gráfica 4.24. % expansión según la altura de geosintético “Av. Panam”	220
Gráfica 4.25. Coeficiente Con Bach Geo en la Sup “Los Chap.”	226
Gráfica 4.26. Coeficiente Con Bach Geo en la mit “Los Chap.”	226

Gráfica 4.27. Coeficiente Con Bach Geo en la Sup “Av. Panam.” 227

Gráfica 4.28. Coeficiente Con Bach Geo en la mit “Av. Panam.” 227