

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“APLICACIÓN DE DISTINTOS GEOSINTÉTICOS USADOS  
COMO ANTI-REFLEJOS DE FISURAS APLICADOS A  
PAVIMENTOS RÍGIDOS”**

**Por:**

**MARIO RICHARD SURUGUAY ALBAREZ**

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

**Agosto de 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
Ing. Trinidad Baldiviezo Montalvo

**DOCENTE GUÍA**

.....  
**M.Sc.** Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

**DECANO FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....  
M.Sc. Lic. Gustavo Succu Aguirre

**VICEDECANO FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Jhonny Orgaz

.....  
Ing. Mabel Zambrana

.....  
Ing. Walter Hoyos

El Tribunal Calificador del presente Proyecto de Grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

### **DEDICATORIAS:**

- A Dios por haberme dado la vida, la fe y voluntad de superarme cada día más.
- A mis padres: Serafín y Carmen por su infinito amor, cariño y apoyo incondicional en los momentos más difíciles.
- A mis hermanos, por su excelsa paciencia y comprensión.
- A mis familiares, amigos y profesores de la Universidad, que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

**PENSAMIENTO:**

“El estudio de tus errores no te revelará el secreto del éxito, pero el estudio de la abnegación y el esfuerzo sí lo harán”.

**Bernard Holdane**

# ÍNDICE

Dedicatorias

Pensamiento

Resumen

**Página**

## **Capítulo I    Introducción**

1.1. Generalidades .....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos .....	3
1.5. Alcance.....	4

## **Capítulo II    Conceptos Generales y Propiedades de los Geosintéticos**

2.1. Definición de los geosintéticos .....	6
2.2. Componentes de los geosintéticos .....	7
2.3. Clasificación de los geosintéticos .....	9
2.3.1. Geotextiles.....	9
2.3.2. Geomallas.....	12

	<b>Página</b>
2.3.3. Georedes.....	15
2.3.4. Geomembranas.....	17
2.3.5. Geoceldas .....	18
2.3.6. Geocompuestos .....	19
2.4. Funciones principales de los geosintéticos .....	21
2.4.1. Separación .....	22
2.4.2. Refuerzo .....	24
2.4.3. Filtración .....	24
2.4.4. Transmisión.....	25
2.4.5. Protección.....	27
2.4.6. Barrera Impermeable.....	27
2.5. Propiedades físicas de los geosintético .....	28
2.6. Propiedades mecánicas del conjunto suelo- geosintéticos .....	30
2.7. Propiedades mecánicas de los geosintéticos .....	34
2.8. Propiedades hidráulicas.....	38
2.9. Propiedades de durabilidad .....	40

**Capítulo III Fisuramiento en Pavimentos Rígidos y Aplicación de Geosintéticos  
Como Anti-reflejos de Fisuras**

3.1. Pavimentos Rígidos.....	42
3.2. Materiales componentes de un pavimento rígido .....	42

	<b>Página</b>
3.3. Tipo de Pavimentos.....	50
3.3.1. Losas de concreto simple .....	50
3.3.2. Losas de concreto reforzado .....	52
3.3.3. Losas continuamente reforzado.....	53
3.4. Clasificación de las fisuras en pavimentos rígidos según su origen .....	55
3.4.1. Fisuración por retracción de fraguado .....	55
3.4.2. Fisuración por fatiga .....	55
3.4.3. Fisuración por inestabilidad de la banca .....	56
3.4.4. Fisuración por gradientes térmicos .....	56
3.5. Tipos de Fisuración en pavimentos rígidos.....	57
3.5.1. Fisuración por retracción o tipo malla (FR).....	57
3.5.2. Fisuras ligeras de aparición temprana (FT).....	58
3.5.3. Fisuración por durabilidad (FD).....	59
3.5.4. Fisura transversal o diagonal.....	59
3.5.5. Fisura longitudinal .....	60
3.5.6. Fisura de esquina.....	60
3.5.7. Losas subdivididas .....	61
3.5.8. Fisura en bloque .....	61
3.5.9. Fisuras inducidas.....	62
3.6. Evaluación de fisuras en el pavimento rígidos.....	62
3.7. Medición de fisuramiento .....	63
3.8. Aplicación de los geosintéticos como anti-reflejo de fisuras.....	63



	<b>Página</b>
3.8.1. Introducción .....	63
3.8.2. Características del geosintético usado como anti- reflejo de fisuras.....	64
3.8.3. Tipos de geosintéticos eficientes para el uso de anti-reflejos de fisuras. 65	
3.8.3.1. Geotextil no tejido.....	65
3.8.3.2. Membrana Prefabricada (Geocompuesto).....	65
3.8.3.3. Grillas o geogrillas .....	66
3.8.4. Ventajas y desventajas de geosintéticos usados como anti-reflejos.....	67

#### **Capítulo IV Aplicación Práctica y Análisis de Resultados**

4.1. Condiciones de la Investigación.....	69
4.2. Caracterización de los materiales .....	70
4.2.1. Agregado grueso para el hormigón. ....	70
4.2.2. Agregado fino para el hormigón. ....	82
4.2.2. Agregado fino para el hormigón. ....	82
4.2.3. Cemento para el hormigón. ....	91
4.2.4. Agua para el hormigón.....	96
4.2.5. Tipo de geosintéticos usados como anti-reflejos de fisuras. ....	97
4.2.5.1. Geogrilla.....	97
4.2.5.2. Geocompuesto.....	98
4.3. Dosificación. ....	100
4.3.1. Método de la ACI- 211. ....	100

	<b>Página</b>
4.3.1. Dosificación de mezcla por molde.....	103
4.4. Prueba técnica para medir la consistencia del hormigón. ....	104
4.5. Elaboración de la carpeta del pavimento rígido.....	106
4.6. Proceso de fisuración de las probetas circulares y vigas en estudio. ....	109
4.6.1. Forma de medición.....	109
4.6.2. Gráfico de probetas circulares fisuradas. ....	110
4.6.3. Gráfico de las vigas fisuradas. ....	117
4.7. Aplicación del geosintético a las vigas y probetas circulares fisuradas.....	122
4.8. Elaboración de la sobre carpeta del pavimento rígido. ....	123
4.8.1. Gráfico del recapamiento del hormigón en las vigas. ....	127
4.8.2. Gráfico del recapamiento del hormigón en las probetas circulares. ....	128
4.9. Evaluación de los reflejos de fisuración.....	129
4.9.1. Resultados de reflejos de fisuras en probetas sin geosintético.....	130
4.9.2. Resultados de reflejos de fisuras en probetas con geogrilla.....	132
4.9.3. Resultados de reflejos de fisuras en probetas con geocompuesto.....	133
4.9.1. Resultados de reflejos de fisuras en las vigas sin geosintético. ....	134
4.9.2. Resultados de reflejos de fisuras en las vigas con geogrilla. ....	136
4.9.3. Resultados de reflejos de fisuras en las vigas con geocompuesto. ....	137
4.10. Análisis de la eficiencia de los geosintéticos usados como anti-reflejos. ....	138
4.11. Análisis de Resultados. ....	140

**Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones**

5.1. Conclusiones ..... 148

5.2. Recomendaciones..... 151

**Bibliografía** ..... 152

**Anexos**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 2-1 Geotextil ..... 9

Figura 2-2 Geotextiles tejidos ..... 10

Figura 2-3 Detalles de la fabricación del geotextil tejido ..... 10

Figura 2-4 Geotextiles no tejidos proceso mecánico ..... 11

Figura 2-5 Geotextiles no tejidos proceso térmico ..... 12

Figura 2-6 Geotextiles no tejidos proceso químico..... 12

Figura 2-7 Geomallas extruidas ..... 13

Figura 2-8 Proceso de fabricación de las geomallas extruidas ..... 14

Figura 2-9 Geomallas tejidas ..... 14

Figura 2-10 Geomallas por adhesión o sobre posición de fibras ..... 15

Figura 2-11 Georedes ..... 16

Figura 2-12 Proceso de producción..... 17

Figura 2-13 Geoceldas ..... 19

Figura 2-14 Geocompuestos ..... 20

Figura 2-15 Función de separación ..... 23

	<b>Página</b>
Figura 2-16 Función de separación .....	23
Figura 2-17 Función de Reforzamiento .....	24
Figura 2-18 Función de Filtración.....	25
Figura 2-19 Función de Transmisión .....	26
Figura 2-20 Función de Transmisión .....	26
Figura 2-21 Función de protección .....	27
Figura 2-22 Función de barrera.....	27
Figura 2-23 Esquema del ensayo de espesor.....	29
Figura 2-24 Esquema del equipo para el ensayo de tracción confinada .....	31
Figura 2-25 Esquema del equipo para el ensayo de cizallamiento directo .....	31
Figura 2-26 Revestimiento de taludes – canales - barrancos .....	32
Figura 2-27 Revestimiento de Carreteras.....	32
Figura 2-28 Rellenos – Superficie de ruptura sobre el geosintético .....	32
Figura 2-29 Rellenos – Ruptura de la fundación .....	32
Figura 2-30 Esquema del equipo para el ensayo al arrancamiento .....	33
Figura 2-31 Geosintético queda sometido al arrancamiento (Muros).....	33
Figura 2-32 Geosintético queda sometido al arrancamiento (Terraplén).....	33
Figura 2-33 Diagrama típico carga - deformación .....	35
Figura 2-34 Ejemplos de situaciones de perforación .....	36
Figura 2-35 Esquema del ensayo de resistencia a la perforación.....	36
Figura 2-36 Esquema del ensayo de Punzonamiento.....	37

	<b>Página</b>
Figura 3-1 Componentes principales del pavimento rígido .....	42
Figura 3-2 Cemento portland .....	43
Figura 3-3 Agua .....	44
Figura 3-4 Grava .....	46
Figura 3-5 Arena .....	47
Figura 3-6 Losa de concreto simple sin pasadores.....	51
Figura 3-7 Losa de concreto simple con pasadores .....	52
Figura 3-8 Losa de concreto Reforzadas.....	52
Figura 3-9 Vista en perfil de la losa de concreto reforzado .....	53
Figura 3-10 Losa continuamente Reforzado .....	54
Figura 3-11 Proceso constructivo de las losas continuamente reforzado .....	54
Figura 3-12 Fisuración por retracción con nivel de severidad bajo .....	58
Figura 3-13 Fisuración por aparición temprana .....	58
Figura 3-14 Fisuración por durabilidad .....	59
Figura 3-15 Fisuración transversal o diagonal .....	59
Figura 3-16 Fisuración longitudinal.....	60
Figura 3-17 Fisuración de esquina .....	60
Figura 3-18 Losa subdividida.....	61
Figura 3-19 Fisura en bloque .....	61
Figura 3-20 Fisura inducida .....	62
Figura 3-21 Colocación del geotextil en el pavimento rígido.....	65

	<b>Página</b>
Figura 3-22 Colocación del geocompuesto como anti-reflejo .....	66
Figura 3-23 Colocación de la geogrilla como anti-reflejo .....	66
Figura 4-1 Agregado grueso Grava.....	70
Figura 4-2 Peso de la muestra (grava).....	71
Figura 4-3 Juego de tamices.....	71
Figura 4-4 Determinación de la granulometría .....	71
Figura 4-5 Curva granulométrica del agregado grueso.....	72
Figura 4-6 Muestra saturada (grava).....	74
Figura 4-7 Secando la muestra (grava) .....	74
Figura 4-8 Peso de la grava en el agua.....	74
Figura 4-9 Apisonando la muestra (grava) .....	77
Figura 4-10 Pesando el molde con la grava .....	77
Figura 4-11 Agregado fino arena .....	82
Figura 4-12 Peso de la muestra (arena).....	83
Figura 4-13 Tamizando la muestra (arena).....	83
Figura 4-14 Curva granulométrica del agregado fino .....	84
Figura 4-15 Usando el molde cónico .....	86
Figura 4-16 Vacinando la arena en el matraz.....	86
Figura 4-17 Pesando la arena más el agua y matraz .....	86
Figura 4-18 Molde con la arena suelta.....	89
Figura 4-19 Apisonando la muestra (arena).....	89
Figura 4-20 Peso del molde con la arena .....	89

	<b>Página</b>
Figura 4-21 Material ligante cemento .....	91
Figura 4-22 Peso de la muestra (cemento).....	95
Figura 4-23 Matraz con el kerosene.....	95
Figura 4-24 Introduciendo el cemento al matraz .....	95
Figura 4-25 Agua para la construcción .....	96
Figura 4-26 Geogrilla utilizada como anti-reflejos de fisuras .....	97
Figura 4-27 Geocompuesto utilizado como anti-reflejos de fisuras .....	98
Figura 4-28 Moldes para vigas.....	103
Figura 4-29 Moldes para probetas circulares .....	103
Figura 4-30 Cono de Abrams .....	104
Figura 4-31 Elaboración de la mezcla de concreto .....	107
Figura 4-32 Mezcla para la elaboración de la carpeta.....	107
Figura 4-33 Medición del asentamiento.....	107
Figura 4-34 Molde para vigas .....	107
Figura 4-35 Molde para probetas circulares.....	107
Figura 4-36 Apisonando la mezcla en las vigas.....	108
Figura 4-37 Apisonando la mezcla en las probetas.....	108
Figura 4-38 Nivelando la mezcla de concreto.....	108
Figura 4-39 Desmoldando las probetas circulares .....	108
Figura 4-40 Desmoldando las vigas .....	108
Figura 4-41 Midiendo la fisura en la probeta circular.....	109
Figura 4-42 Midiendo la fisura en la viga.....	109

	<b>Página</b>
Figura 4-43 Geogrilla.....	122
Figura 4-44 Geocompuesto.....	122
Figura 4-45 Midiendo la geogrilla a las probetas circulares .....	122
Figura 4-46 Verificando el tamaño del geocompuesto en las probetas .....	122
Figura 4-47 Colocando el geocompuesto en las vigas fisuradas.....	123
Figura 4-48 Colocando la geogrilla en las vigas fisuradas .....	123
Figura 4-49 Seis probetas circulares sin geosintetico .....	123
Figura 4-50 Seis vigas sin geosintetico.....	123
Figura 4-51 Seis probetas circulares con geogrilla .....	124
Figura 4-52 Seis vigas con geogrilla.....	124
Figura 4-53 Seis probetas circulares con geocompuesto .....	124
Figura 4-54 Seis vigas con geocompuesto .....	124
Figura 4-55 Componentes del concreto .....	125
Figura 4-56 Preparación de la mezcla de concreto .....	125
Figura 4-57 Probeta circular de geocompuesto con desencofrante .....	125
Figura 4-58 Probeta circular de geogrilla con desencofrante.....	125
Figura 4-59 Apisonando y nivelando el concreto en las probetas circulares .....	126
Figura 4-60 Vigas con concreto niveladas .....	126
Figura 4-61 Probetas circulares desmoldadas .....	126
Figura 4-62 Vigas desmoldadas .....	126
Figura 4-63 Recapamiento de hormigón sin geosintético en vigas.....	127
Figura 4-64 Recapamiento de hormigón con geogrilla en vigas.....	127



	<b>Página</b>
Figura 4-65 Recapamiento de hormigón con geocompuesto en vigas.....	127
Figura 4-66 Recapamiento de hormigón sin geosintético en probetas .....	128
Figura 4-67 Recapamiento de hormigón con geogrilla en probetas .....	128
Figura 4-68 Recapamiento de hormigón con geocompuesto en probetas.....	128
Figura 4-69 Fisuras en la carpeta antigua .....	129
Figura 4-70 Fisuras en la sobre carpeta.....	129
Figura 4-71 Fisuras en la carpeta antigua .....	129
Figura 4-72 Sobre carpeta sin ningún tipo de fisura .....	129
Figura 4-73 Aplicación de la carga en probetas con geosintético.....	138
Figura 4-74 Carga Vs porcentaje de reflejos de fisuración.....	147

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Tabla de funciones de los geosintéticos .....	22
Tabla 3-1 Especificaciones – Materiales – Sustancias perjudiciales en el agua.....	44
Tabla 3-2 Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava.....	45
Tabla 3-3 Especificaciones – Materiales – Sustancias perjudiciales en grava.....	45
Tabla 3-4 Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena.....	46
Tabla 3-5 Especificaciones – Materiales – Sustancias perjudiciales en la arena.....	47
Tabla 4-1 Análisis granulométrico del agregado grueso.....	72
Tabla 4-2 Humedad y Absorción del agregado grueso .....	73
Tabla 4-3 Peso específico y Absorción de la grava .....	75

	<b>Página</b>
Tabla 4-4 Peso unitario del agregado grueso .....	78
Tabla 4-5 Desgaste de los Ángeles .....	79
Tabla 4-6 Gradación para la prueba del desgaste de los Ángeles .....	80
Tabla 4-7 Porcentaje de desgaste en la Grava.....	81
Tabla 4-8 Análisis granulométrico del agregado Fino.....	84
Tabla 4-9 Humedad y Absorción del agregado fino .....	85
Tabla 4-10 Peso específico y Absorción de la arena.....	87
Tabla 4-11 Peso unitario del agregado fino .....	90
Tabla 4-12 Finura del Cemento.....	93
Tabla 4-13 Peso Específico del Cemento .....	95
Tabla 4-14 Propiedades de la Geogrilla .....	97
Tabla 4-15 Propiedades del Geocompuesto .....	99
Tabla 4-16 Características de los Agregados y del Diseño.....	100
Tabla 4-17 Cálculos de la Dosificación .....	101
Tabla 4-18 Peso seco de los ingredientes por m <sup>3</sup> de Concreto.....	101
Tabla 4-19 Peso húmedo de los Materiales.....	101
Tabla 4-20 Proporciones de Mezcla.....	102
Tabla 4-21 Cantidad de Materiales para una viga de Concreto .....	103
Tabla 4-22 Cantidad de Materiales para una probeta de Concreto .....	104
Tabla 4-23 Evaluación de Fisuración de las probetas circulares .....	113
Tabla 4-24 Evaluación de Fisuración de las vigas .....	120
Tabla 4-25 Resultados de los Reflejos de fisuración en las probetas sin el uso de geosintéticos .....	131

	<b>Página</b>
Tabla 4-26 Resultados de los Reflejos de fisuración en las vigas sin el uso de geosintéticos .....	135
Tabla 4-27 Resultados de los Reflejos de fisuración en las probetas circulares con la aplicación de carga .....	138
Tabla 4-28 Rangos de Valores específicos según la Norma ASTM C-33 .....	140
Tabla 4-29 Resultando de los ensayos de laboratorio de Banco de materiales ....	140
Tabla 4-30 Valores específicos del cemento según la Norma NMX-C-414 .....	141
Tabla 4-31 Resultados de los ensayos de laboratorio Cemento El puente .....	141
Tabla 4-32 Resultados de la clasificación de aparición de fisuras .....	142
Tabla 4-33 Resultados de fisuración en probetas y vigas sin geosintético .....	143
Tabla 4-34 Diferencia de Reflejos de fisuras .....	144
Tabla 4-35 Resultados de fisuración en probetas y vigas con geogrilla .....	145
Tabla 4-36 Resultados de fisuración en probetas y vigas con geocompuesto .....	145
Tabla 4-37 Resultados de la aplicación de carga en probetas con geosintético ....	145

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> .....	Precios y costos de los Materiales utilizados en Laboratorio.
<b>Anexo 2</b> .....	Fotografías de la investigación.
<b>Anexo 3</b> .....	Tablas de la Dosificación A.C.I.- 211
<b>Anexo 4</b> .....	Cartas de respaldo de la Investigación