

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



**“ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA CARRETERAS DE BAJO
TRÁFICO MEDIANTE EL USO DE PAVIMENTOS
ULTRADELGADOS DE CONCRETO CON FIBRAS”**

POR:

KELLY EVELIN VARGAS HOYOS

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

SEMESTRE II - 2021

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada:

A mis padres Humberto y Deidamia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Karen, Katherine y Andrés por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	4
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
1.6.1. Componentes.....	5
1.6.2. Unidad de estudio.....	6
1.6.3. Población.....	6
1.6.4. Muestra.....	7
1.6.5. Muestreo.....	7
1.7. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	8
1.7.1. Método seleccionado.....	8
1.7.2. Técnicas.....	8
1.7.3. Proceso metodológico.....	9
1.7.4. Esquema de la metodología.....	10
1.7.5. Aplicación de instrumentos y equipos.....	11
1.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	15
1.9. ALCANCE.....	16

CAPÍTULO II
PROPIEDADES GENERALES DEL PAVIMENTO RÍGIDOS Y
ULTRADELGADOS

	Página
2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTOS	18
2.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS	19
2.2.1. Sub-rasante	20
2.2.2. Sub-base	21
2.2.3. Capa de rodadura.....	22
2.2.3.1. Los agregados pétreos	22
2.2.3.2. Elección de los bancos de material	23
2.2.3.3. Clasificación según su procedencia	24
2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO	26
2.3.1. Concreto fresco	26
2.3.1.1. Trabajabilidad.....	26
2.3.1.2. Sangrado	26
2.3.1.3. Tiempo de fraguado	27
2.3.2. Concreto endurecido.....	27
2.3.2.1. Resistencia	27
2.3.2.2. Impermeabilidad y estanquidad	27
2.3.2.3. Estabilidad de volumen y control de fisuración	27
2.3.2.4. Durabilidad.....	28
2.4. JUNTAS EN UN PAVIMENTO RÍGIDO	28
2.4.1. Tipos de juntas	28
2.4.1.1. Junta longitudinal de construcción.....	28
2.4.1.2. Junta longitudinal de contracción	29
2.4.1.3. Juntas de contracción en el hormigón fresco.....	29
2.4.1.4. Juntas de contracción en el hormigón endurecido	30
2.4.1.5. Juntas transversales de construcción	30
2.4.1.6. Juntas transversales de expansión.....	31

2.4.1.7. Junta transversal de contracción	32
2.4.1.8. Juntas de expansión-aislamiento.....	33
2.4.2. Sellado de juntas en pavimentos de concreto	34
2.4.2.1. Materiales para el sello	34
2.5. FISURACIÓN DEL CONCRETO	35
2.5.1. Fisuras estabilizadas	36
2.5.2. Fisuras en movimiento	36
2.5.3. Fisuras estructurales	36
2.5.4. Fisuras causadas por fuerzas externas	36
2.5.5. Fisuras causadas por el reforzamiento de acero.....	37
2.5.6. Fisuras en estado plástico.....	37
2.5.7. Fisuras en estado sólido	38
2.6. DOSIFICACIÓN PARA EL HORMIGÓN POR EL MÉTODO ACI-211.....	39
2.6.1. Características de los agregados.....	39
2.6.2. Características del diseño	39
2.6.3. Datos de las tablas	41
2.6.4. Cálculos.....	42
2.6.5. Pesos secos de los ingredientes por (m ³) de concreto	43
2.6.6. Pesos húmedos de los materiales	43
2.6.7. Corrección del agua.....	44
2.6.8. Pesos húmedos de los ingredientes por (m ³) de hormigón.....	44
2.6.9. Proporciones de mezcla (adimensional).....	45
2.7. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (MÉTODO DE LA AASHTO 93)	45
2.7.1. Uso del software para diseño de pavimentos AASHTO 1993.....	46
2.8. MÉTODO DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND (PCA) PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	53
2.8.1. Resistencia a la flexión del concreto	53
2.8.2. Terreno de apoyo o base	54
2.8.3. Período de diseño	55
2.8.4. Número de repeticiones esperadas para cada eje	56
2.8.5. Factor de crecimiento anual (FCA)	56

2.8.6. Factor de sentido	57
2.8.7. Factor de carril	57
2.8.8. Factor de seguridad de carga	58
2.8.9. Procedimiento de diseño	58
2.8.10. Descripción del software BS-PCA	60
2.9. ESFUERZOS PRODUCIDOS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS	67
2.9.1. Esfuerzos producidos por las cargas de tránsito	67
2.9.2. Esfuerzos producidos por cambios de temperatura	68
2.9.2.1. Alabeo provocado por gradiente térmico	68
2.9.2.2. Contracción durante el fraguado	70
2.9.2.3. Expansión y contracción de las losas	71
2.9.3. Esfuerzos producidos por cambios de temperatura	71
2.9.3.1. Alabeo por cambios de humedad	72
2.10. TIPOS DE TRÁFICO VEHICULAR	72
2.10.1. Tránsito promedio diario (TPD)	72
2.10.2. Tránsito promedio horario (TPH)	73
2.11. PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO	73
2.11.1. Nivel de tránsito de vehículos para caminos de bajo volumen	74
2.12. PAVIMENTOS ULTRADELGADOS	76
2.12.1. Ventajas de los pavimentos ultradelgados	76
2.12.2. Desventajas de los pavimentos ultradelgados	77
2.13. RESEÑA HISTÓRICA DE LA APLICACIÓN DE LAS FIBRAS	77
2.14. FIBRAS SINTÉTICAS	78
2.14.1. Concepto	78
2.14.2. Clasificación de las fibras sintéticas	79
2.14.3. Características de las fibras sintéticas	80
2.14.4. Ventajas del uso de fibras sintéticas (polipropileno)	80
2.14.5. Desventajas del uso de fibras sintéticas (polipropileno)	81
2.15. FIBRAS METÁLICAS	82
2.15.1. Concepto	82
2.15.2. Clasificación de las fibras	82

2.15.3. Características de las fibras metálicas	83
2.15.4. Ventajas del uso de fibras metálicas	84
2.15.5. Desventajas del uso de fibras metálicas.....	85
2.16. REFUERZO DEL CONCRETO CON FIBRAS.....	86
2.16.1. Características de las fibras en el concreto endurecido	87
2.16.2. Características mecánicas de las fibras en el hormigón endurecido	88
2.16.2.1. Resistencia a tracción.....	88
2.16.2.2. Resistencia a compresión.....	89
2.16.2.3. Resistencia a flexo-tracción	89
2.16.2.4. Resistencia a cargas dinámicas (impacto).....	91
2.16.2.5. Módulo de deformación.....	91
2.16.2.6. Deformación.....	91
2.16.2.7. Tenacidad	92
2.16.2.8. Cortante y torsión.....	92
2.16.2.9. Punzonamiento	92
2.16.2.10. Adherencia fibras-matriz.....	93
2.17. DETALLE CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO CON FIBRAS	94
2.18. APLICACIÓN DE PAVIMENTOS ULTRADELGADO CON FIBRAS	98
2.18.1. Aplicación del método en Chile	98

CAPÍTULO III

PROYECTO DE APLICACIÓN SOBRE EL USO DE PAVIMENTOS ULTRADELGADOS DE CONCRETO CON FIBRAS

	Página
3.1. UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	103
3.2. RESUMEN CLIMATOLÓGICO	104
3.3. ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUBRASANTE.....	105
3.3.1. Granulometría del suelo	105
3.3.2. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro.....	108
3.3.3. Contenido de humedad	110
3.3.4. Peso específico.....	111

3.3.5. Límites de Atterberg.....	114
3.3.6. Compactación próctor T-180.....	117
3.3.7. Ensayo de relación soporte de California (CBR).....	120
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	125
3.4.1. Selección del material granular.....	125
3.4.2. Granulometría de los agregados.....	125
3.4.3. Peso específico del agregado.....	129
3.4.4. Peso unitario de los agregados.....	130
3.4.5. Finura del cemento.....	133
3.4.6. Peso específico del cemento.....	134
3.4.7. Ensayo de desgaste máquina de Los Ángeles.....	135
3.5. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN POR EL MÉTODO ACI-211.....	138
3.5.1. Características de los agregados.....	138
3.5.2. Características del diseño.....	138
3.5.3. Datos de tablas.....	138
3.5.4. Cálculos.....	138
3.5.5. Pesos secos de los ingredientes por m ³ de concreto.....	141
3.5.6. Pesos húmedos de los materiales.....	141
3.5.7. Corrección del agua.....	142
3.5.8. Pesos de los ingredientes por m ³ de hormigón.....	143
3.5.9. Proporciones de mezcla.....	143
3.5.10. Dosificación para las probetas cilíndricas.....	143
3.5.11. Dosificación para las vigas.....	144
3.6. DOSIFICACIÓN DE FIBRA SINTÉTICA PARA LOS MOLDES.....	146
3.7. DOSIFICACIÓN DE FIBRA METÁLICA PARA LOS MOLDES.....	148
3.8. USO DEL SOFTWARE PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS AASHTO 1993.....	151
3.9. CALCULO DEL ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODO PCA.....	159
3.10. CONSTRUCCIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS Y VIGAS.....	162
3.11. PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.....	166
3.11.1. Resultados del ensayo de resistencia a compresión de probetas cilíndricas.....	166
3.11.2. Resultados del ensayo de resistencia a flexo-tracción de vigas rectangulares.....	169

3.12. ANÁLISIS DE RESULTADOS	173
3.12.1. Análisis de la caracterización de los agregados pétreos	173
3.12.2. Análisis de los ensayos a compresión y flexo-tracción de probetas y vigas	174
3.13. PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO (1M ² DE H°).....	182

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

	Página
4.1. CONCLUSIONES	198
4.2. RECOMENDACIONES	204

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1 Ensayos de laboratorio

Anexo 2 Aforo de vehículos

Anexo 3 Ficha técnica de las fibras y agregados pétreos

Anexo 4 Manual investigativo de losas ultradelgadas

Anexo 5 Cartas de solicitud

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. 1. Componentes	5
Figura 1. 2. Aforo manual	11
Figura 1. 3. Planillas de aforo	11
Figura 1. 4. Cronómetro	12
Figura 1. 5. Cinta métrica	12
Figura 1. 6. Probetas	12
Figura 1. 7. Máquina de ensayo de compresión	13
Figura 1. 8. Hormigonera	13
Figura 1. 9. Enrasadora metálica	13
Figura 1. 10. Tamices	13
Figura 1. 11. Balanza	14
Figura 1. 12. Pala	14
Figura 1. 13. Cono holandés	14
Figura 2.1. Transmisión de carga a la carpeta estructural	18
Figura 2.2. Estructura de un pavimento rígido	20
Figura 2.3. Capa sub-base	22
Figura 2.4. Capa de rodadura	22
Figura 2.5. Extracción natural de agregados	24
Figura 2.6. Chancadora de agregados	25
Figura 2.7. Detallamiento de una junta longitudinal de construcción	29
Figura 2.8. Detallamiento de una junta longitudinal de contracción	30
Figura 2.9. Detallamiento de juntas transversales de construcción	31
Figura 2.10. Detallamiento de juntas transversales de construcción	31
Figura 2.11. Detallamiento de juntas transversales de expansión	32
Figura 2.12. Detallamiento de junta transversal de contracción	32

Figura 2.13. Junta de expansión.....	33
Figura 2.14. Detallamiento de junta de expansión.....	33
Figura 2.15. Obrero realizando el sellado de un pavimento.....	35
Figura 2.16. Módulo compuesto de reacción de la subrasante.....	50
Figura 2.17. Gráfico de corrección del módulo efectivo de reacción de subrasante.....	51
Figura 2.18. Ventana principal del software para pavimentos AASHTO 1993.....	52
Figura 2.19. Distribución en altura de las capas	52
Figura 2.20. Curva de desarrollo de resistencia a la flexión a través del tiempo	53
Figura 2.21. Relación aprox. entre las clasificaciones del suelo y sus resistencia.....	55
Figura 2.22. Vehículos circulando por el carril de baja vel. en una vialidad de 2 o 3	58
Figura 2.23. Ventana de inicio de software BS-PCA.....	60
Figura 2.24. Introducción de datos en el software BS-PCA	60
Figura 2.25. Introducción de la unidad de peso del tránsito	61
Figura 2.26. Introducción de datos del tránsito	61
Figura 2.27. Análisis de fatiga (repeticiones permisibles, con o sin apoyo lateral).....	63
Figura 2.28. Análisis de erosión. (repeticiones permisibles, sin apoyo lateral).....	65
Figura 2.29. Análisis de erosión. (repeticiones permisibles, con apoyo lateral).....	66
Figura 2.30. Localización de cargas en un pavimento	68
Figura 2.31. Carta de Bradbury para la determinación de C, C1 y C2	69
Figura 2.32. Alabeo provocado por gradiente térmico.....	70
Figura 2.33. Esfuerzos de fricción en el pavimento.....	70
Figura 2.34. Alabeo causados por la humedad.....	72
Figura 2.35. Estructura de un pavimento ultradelgado	76
Figura 2.36. Curado del pavimento ultradelgado	77
Figura 2.37. Fibra sintética Fibromac	79
Figura 2.38. Fibra metálica Wirand	82
Figura 2.39. Diferentes tipos de fibras para reforzar el hormigón	86
Figura 2. 40. Resistencia de las fibras a diferentes situaciones desfavorables.....	88

Figura 2.41. Curvas tensión de tracción-alargamiento de morteros.....	88
Figura 2.42. Ejemplo de gráfica carga-deformación para hormigones.....	89
Figura 2.43. Curva carga-flecha a flexo-tracción para un HRFA.....	90
Figura 2.44. Comportamiento a flexión del hormigón con fibras.....	90
Figura 2.45. Fibras sintéticas y metálicas en sus envases.....	94
Figura 2.46. Vaciado de las fibras al mixer.....	95
Figura 2.47. Fibras metálicas vaciadas por el tubo del mixer.....	95
Figura 2.48. Personal de la obra realizando el ensayo del cono de Abrams.....	96
Figura 2.49. Mezcla de hormigón fresco con fibras.....	96
Figura 2.50. Personal realizando el vaciado de la mezcla en.....	96
Figura 2.51. Obreros esparciendo el hormigón puesto en obra.....	97
Figura 2.52. Obrero realizando el respectivo vibrado.....	97
Figura 2.53. Nivelación de losa con maquinaria.....	97
Figura 2.54. Trabajador con máquina para cortar el pavimento.....	98
Figura 2.55. Maquinaria para realizar el pulido del pavimento.....	98
Figura 2.56. Revista chilena “Hormigón al día”.....	100
Figura 2.57. Camino Mahuidache Misión Inglesa (Chile).....	101
Figura 2.58. Ruta Quilamuta - La Manga (Chile).....	102
Figura 2.59. Cruce Ruta 7 Bahía Murta.....	102
Figura 3.1. Camino a Viscacheral.....	103
Figura 3.2. Camino a Viscacheral.....	103
Figura 3.3. Vista satelital de la ubicación de Viscacheral.....	104
Figura 3.4. Suelo subrasante y juego de tamices para usar en la práctica.....	106
Figura 3.5. Tamizado manual del suelo.....	106
Figura 3.6. Curva granulométrica del suelo.....	107
Figura 3.7. Hidrómetro.....	108
Figura 3.8. Muestras para el horno.....	110

Figura 3.9. Pesado del material seco	110
Figura 3.10. Calibración del frasco volumétrico mediante el baño María.....	112
Figura 3.11. Peso específico del suelo	112
Figura 3.12. Pesado del frasco	113
Figura 3.13. Peso vs Temperatura.....	113
Figura 3.14. Límite líquido con el aparato de Casa Grande.....	115
Figura 3.15. Material obtenido del ensayo a diferentes números de golpes	115
Figura 3.16. Ensayo del límite plástico	115
Figura 3.17. Porcentaje de humedad vs N° de golpes	116
Figura 3.18. Saturación del suelo	117
Figura 3.19. Compactación con el próctor de suelo saturado	118
Figura 3.20. Enrasado y toma de muestra del suelo.....	118
Figura 3.21. Curva de compactación.....	119
Figura 3.22. Saturación del suelo y compactación con martillo T-180.....	120
Figura 3.23. Lectura de expansión del suelo y lectura la carga aplicada sobre área.....	120
Figura 3.24. Curva carga vs Penetración.....	122
Figura 3.25. CBR vs Peso unitario	122
Figura 3.26. Curva carga vs Penetración.....	124
Figura 3.27. Curva CBR vs Peso unitario	124
Figura 3.28. Tamizado en el Rop-Tap.....	126
Figura 3.29. Agregado fino y agregado grueso	126
Figura 3.30. Curva granulométrica del agregado fino	127
Figura 3.31. Curva granulométrica del agregado grueso	128
Figura 3.32. Peso específico de la arena	129
Figura 3.33. Peso específico de la grava	129
Figura 3.34. Peso unitario de la grava.....	131
Figura 3.35. Peso unitario de la grava.....	131
Figura 3.36. Muestra de cemento	133

Figura 3.37. Tamizado del cemento	134
Figura 3.38. Vaciamos el cemento en gasolina.....	134
Figura 3.39. Medimos el aumento de alturas	135
Figura 3.40. Grava después del desgaste.....	136
Figura 3.41. Lavado el material desgastado	136
Figura 3.42. Módulo compuesto de reacción de la subrasante.....	156
Figura 3.43. Gráfico de corrección del módulo efectivo de reacción de subrasante.....	157
Figura 3.44. Ventana principal del software de pavimentos AASHTO 1993	158
Figura 3.45. Distribución en altura de las capas	158
Figura 3.46. Ventana de inicio de software BS-PCA.....	161
Figura 3.47. Tránsito de ejes de software BS-PCA.....	162
Figura 3.48. Agregados pétreos, fibras y moldes.....	163
Figura 3.49. Vaciado de material a la mezcladora	163
Figura 3.50. Hormigón obtenido con fibras sintéticas y metálicas	164
Figura 3.51. Ensayo del asentimiento de cono de Abrams	164
Figura 3.52. Vaciado del hormigón en los moldes.....	165
Figura 3.53. Moldes terminados.....	165
Figura 3.54. Curado del hormigón	165
Figura 3.55. Pesado de los moldes	166
Figura 3.56. Rotura de probetas cilíndricas y vigas	166
Figura 3.57. Resultado de las pruebas de rotura a compresión.....	167
Figura 3.58. Resultado de las pruebas de rotura a compresión.....	168
Figura 3.59. Resultado de las pruebas de rotura a flexo-tracción	169
Figura 3.60. Resultado de las pruebas de rotura a flexo-tracción	170
Figura 3.61. Resultado de las pruebas de rotura a flexo-tracción	171
Figura 3.62. Resultado de las pruebas de rotura a flexo-tracción	172
Figura 3.63. Resistencia a compresión a los 28 días kg/cm ²	175
Figura 3.64. Resistencia a compresión a los 28 días kg/cm ²	177

Figura 3.65. Resistencia a compresión a los 28 días kg/cm^2	178
Figura 3.66. Resistencia a flexo-tracción a los 28 días kg/cm^2	179
Figura 3.67. Resistencia a flexo-tracción a los 28 días kg/cm^2	181
Figura 3.68. Resistencia a flexo-tracción a los 28 días kg/cm^2	182

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Resistencia a flexo-tracción a los 28 días kg/cm^2	26
Tabla 2.2. Dimensiones de junta longitudinal de construcción (MINVU, 2008)	29
Tabla 2.3. Dimensiones de junta transversal de contracción	32
Tabla 2.4. Datos de los agregados pétreos	39
Tabla 2.5. Resistencia de diseño cuando no hay datos que permitan determinar la desviación estándar (a)	39
Tabla 2.6. Asentamientos recomendados para diversos de tipos construcción y sistemas de colocación y compactación	40
Tabla 2.7. Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días y la relación agua-cemento para los cementos Portland tipo I, en hormigones.....	40
Tabla 2.8. Volumen de agregado grueso, seco y compactado con varilla (a), por volumen de hormigón para diferentes módulos de finura de la arena (b)	41
Tabla 2.9. Requerimiento aprox. de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos de agregado, con partículas de forma redondeada y textura lisa, en hormigón sin aire incluido	41
Tabla 2.10. Pesos secos de los ingredientes	43
Tabla 2.11. Pesos húmedos de los ingredientes.....	44
Tabla 2.12. Periodo de análisis de la vía	46
Tabla 2.13. Tabla índice de crecimiento vehicular.....	46
Tabla 2.14. Factores de equivalencia de carga (LEF's).....	47
Tabla 2.15. Cálculo de N° de ESAL's	47
Tabla 2.16. % ESAL de 18 kips	48
Tabla 2.17. Nivel de confiabilidad	49
Tabla 2.18. Coeficiente de transferencia de carga.....	49
Tabla 2.19. Valores típicos de módulo elástico de la base y pérdida de soporte (LS)	49

Tabla 2.20. Correlación entre el tipo de material, CBR y K	54
Tabla 2.21. Períodos de análisis	55
Tabla 2.22. Factores de crecimiento anual, según la tasa de crecimiento anual.....	57
Tabla 2.23. Esfuerzo equivalente para pavimentos sin apoyo lateral.....	62
Tabla 2.24. Esfuerzo equivalente para pavimentos con apoyo lateral.....	63
Tabla 2.25. Factores de erosión, para pavimentos con pasajuntas y sin apoyo lateral....	64
Tabla 2.26. Factores de erosión, para pavimentos sin pasajuntas y sin apoyo lateral	64
Tabla 2.27. Factores de erosión, para pavimentos con pasajuntas y con apoyo lateral...	65
Tabla 2.28. Factores de erosión, para pavimentos sin pasajuntas y con apoyo lateral....	66
Tabla 2.29. Valores del coeficiente de contracción (δ)	71
Tabla 2.30. Categorías de tránsito para la selección de espesores.....	74
Tabla 2.31. Clasificación de tránsito vehicular aplicada en el Estado de Washington ...	75
Tabla 2.32. Clasificación de tránsito de diseño aplicado en Australia	75
Tabla 2.33. Propiedades físicas	80
Tabla 2.34. Características técnicas.....	80
Tabla 2.35. Propiedades mecánicas de las fibras.....	80
Tabla 2.36. Características físicas y técnicas de las fibras con terminación gancho.....	83
Tabla 2.37. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas ondulada sección circular	83
Tabla 2.38. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas ondulada plana....	84
Tabla 2.39. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas serradas	84
Tabla 2.40. Características físicas y técnicas de las fibras metálicas recta	84
Tabla 3.1. Granulometría del suelo	107
Tabla 3.2. Análisis granulométrico del suelo por hidrómetro	109
Tabla 3.3. Cálculo del contenido de humedad.....	111
Tabla 3.4. Cálculo del ensayo del frasco volumétrico.....	113
Tabla 3.5. Cálculo del peso específico del suelo	114

Tabla 3.6. Cálculo del límite líquido del suelo.....	116
Tabla 3.7. Clasificación del suelo según S.U.C.S.	116
Tabla 3.8. Clasificación de suelos según AASHTO.....	117
pTabla 3.9. Compactación próctor T-180.....	119
Tabla 3.10. Datos y cálculos del ensayo de CBR 1.....	121
Tabla 3.11. Datos y cálculos del ensayo de CBR 2.....	123
Tabla 3.12. Granulometría del agregado fino (arena).....	127
Tabla 3.13. Granulometría del agregado grueso (grava).....	128
Tabla 3.14. Peso específico del agregado fino (arena).....	130
Tabla 3.15. Peso específico del agregado grueso (grava).....	130
Tabla 3.16. Peso unitario suelto del agregado fino (arena).....	132
Tabla 3.17. Peso unitario compactado del agregado fino (arena).....	132
Tabla 3.18. Peso unitario compactado del agregado grueso (grava).....	132
Tabla 3.19. Peso unitario compactado del agregado grueso (grava).....	133
Tabla 3.20. Módulo de finura del cemento.....	134
Tabla 3.21. Peso específico del cemento.....	135
Tabla 3.22. Datos y cálculos para el desgaste de Los Ángeles (grava).....	137
Tabla 3.23. Datos y cálculos para el desgaste de Los Ángeles (gravilla).....	137
Tabla 3.24. Datos del material granular y el cemento.....	138
Tabla 3.25. Materiales para 1m ³ de hormigón.....	141
Tabla 3.26. Material para 1 m ³ de hormigón.....	143
Tabla 3.27. Dosificación para 1 probeta cilíndrica.....	144
Tabla 3.28. Dosificación para 1 viga estándar.....	145
Tabla 3.29. Dosificación para 1 viga ultradelgada.....	146
Tabla 3.30. Dosificaciones según su porcentaje de fibras sintéticas.....	148
Tabla 3.31. Dosificaciones según su porcentaje de fibras metálicas.....	150
Tabla 3.32. Tránsito promedio diario del camino a Viscacheral (Villa Montes).....	150
Tabla 3.33. Periodo de análisis de la vía.....	151

Tabla 3.34. Tabla índice de crecimiento vehicular.....	151
Tabla 3.35. Factores de equivalencia de carga (LEF's).....	152
Tabla 3.36. Cálculo de N° de ESAL's.....	152
Tabla 3.37. % ESAL de 18 kips	153
Tabla 3.38. Nivel de confiabilidad	154
Tabla 3.39. Coeficiente de transferencia de carga.....	155
Tabla 3.40. Valores típicos de módulo elástico de la base y pérdida de soporte (LS) ..	155
Tabla 3.41. Cálculo del espesor del pavimento con fibra sintética	159
Tabla 3.42. Cálculo del espesor del pavimento con fibra metálica	159
Tabla 3.43. Tipos de vehículo para vía en estudio	159
Tabla 3.44. Tráfico promedio diario semanal.....	160
Tabla 3.45. Tráfico promedio diario mensual	160
Tabla 3.46. Tráfico promedio diario anual	161
Tabla 3.47. Tabla de los resultados de las probetas con fibras sintética	167
Tabla 3.48. Tabla de los resultados de las probetas con fibras metálicas.....	168
Tabla 3.49. Tabla de los resultados de vigas estándar con fibras sintética.....	169
Tabla 3.50. Tabla de los resultados de vigas ultradelgadas con fibras sintética.....	170
Tabla 3.51. Tabla de los resultados de vigas estándar con fibras metálica	171
Tabla 3.52. Tabla de los resultados de vigas ultradelgadas con fibras metálicas	172
Tabla 3.53. Norma de rangos de la norma ASTM C-33.....	173
Tabla 3.54. Requisitos de granulometría para los agregados pétreos (ASTM C-33)....	173
Tabla 3.55. Resultados de las pruebas de rotura a compresión	174
Tabla 3.56. Resultados de las pruebas de rotura compresión.....	176
Tabla 3.57. Resultados de las pruebas de rotura compresión.....	177
Tabla 3.58. Resultados de las pruebas de rotura a flexo-tracción	179
Tabla 3.59. Resultados de las pruebas de rotura a flexo-tracción	180
Tabla 3.60. Resultados de las pruebas de rotura a flexo-tracción	181
Tabla 3.61. Precios unitarios carpeta de hormigón convencional e = 8,5cm	184

Tabla 3.62. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra sintética e = 8,5cm.....	185
Tabla 3.63. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra metálica e = 8,5cm.....	186
Tabla 3.64. Precios unitarios carpeta de hormigón convencional e = 9 cm	188
Tabla 3.65. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra sintética e = 9 cm.....	189
Tabla 3.66. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra metálica e = 9 cm.....	190
Tabla 3.67. Precios unitarios carpeta de hormigón convencional e = 10 cm	192
Tabla 3.68. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra sintética e = 10 cm.....	193
Tabla 3.69. Precios unitarios carpeta de hormigón con fibra metálica e = 10 cm.....	194
Tabla 3.70. Precios unitarios de la junta transversal	195
Tabla 3.71. Precios unitarios de corte y sellado de juntas	196
Tabla 3.72. Tabla resumen de los resultados de los precios unitarios.....	197