

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



**TOMO I**  
**“EVALUACIÓN DE CARRETERAS SEGÚN EL GRADO DE**  
**SEGURIDAD EN LAS CARRETERAS PAVIMENTADAS QUE**  
**TIENEN ORIGEN EN LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**ROGER OSVALDO ALVAREZ CHURME**

**Gestión - 2014**  
**TARIJA - BOLIVIA**

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

**“EVALUACIÓN DE CARRETERAS SEGÚN EL GRADO DE**  
**SEGURIDAD EN LAS CARRETERAS PAVIMENTADAS QUE**  
**TIENEN ORIGEN EN LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**ROGER OSVALDO ALVAREZ CHURME**

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

**Gestión - 2014**  
**TARIJA - BOLIVIA**

-----  
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Alvarez Gozalvez  
**DECANO - FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

-----  
M.Sc. Ing. Silvana Sandra Paz Ramírez  
**VICEDECANO - FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

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

-----  
Ing. Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo

-----  
Ing. Ada Gladys López Rueda

**DEDICATORIA:**

Con mucho cariño, este trabajo se lo dedico a mis padres Osvaldo y Magalí, que me dieron su confianza y apoyo incondicional durante todos los años de mi vida y en la de mi formación profesional en la universidad.

### **AGRADECIMIENTOS:**

Agradezco a mis padres, a mi esposa Claudia que me brindaron su apoyo incondicional en la conclusión de mis estudios, a mi hijita Lucianita por darme fuerzas para seguir adelante, a mis hermanas, demás familiares, docentes y personas que me brindaron su apoyo en mi formación profesional.

## Índice

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Resumen

### CAPÍTULO I

#### Diseño teórico y metodológico

	<b>Página</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2. Diseño teórico.....	2
1.2.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1.1. Situación problemática.....	2
1.2.1.2. Problema.....	2
1.3. Objetivos de investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Variables independientes y dependientes.....	3
1.6. Diseño metodológico.....	4
1.6.1. Unidades de estudio y decisión muestral.....	4
1.6.1.1. Unidades de estudio.....	4
1.6.1.2. Población.....	4
1.6.1.3. Muestra.....	4
1.6.1.4. Muestreo.....	4
1.7. Métodos y técnicas empleadas.....	4
1.7.1. Métodos.....	5
1.7.2. Técnicas de muestreo.....	5

1.8. Medios.....	5
1.9. Preparación previa para aplicación de instrumentos.....	5

## CAPÍTULO II

### Conceptos fundamentales relacionados con el grado de seguridad en carreteras

	<b>Página</b>
2.1. Elementos fundamentales de tráfico.....	6
2.1.1. Conductor.....	6
2.1.2. Peatón.....	7
2.1.3. Vehículo.....	8
2.1.4. Vías.....	10
2.2. Sectores particulares relacionados con la seguridad en carreteras.....	10
2.2.1. Calle o camino lateral.....	11
2.2.2. Alcantarillas y obras de arte menores.....	12
2.2.3. Curvas horizontales.....	13
2.3. Elementos físicos relacionados con la seguridad en carreteras.....	14
2.3.1. Señalización vertical.....	15
2.3.2. Demarcación horizontal.....	21
2.3.3. Banquina.....	22
2.3.4. Barandas.....	23
2.3.5. Delineadores reflectivos.....	27
2.3.6. Mojoneros de seguridad.....	28
2.4. Elementos de la calzada en carreteras relacionados con la seguridad.....	29
2.4.1. Índice de rugosidad internacional (IRI).....	29
2.4.2. Ahuellamiento.....	30
2.4.3. Exudación.....	31
2.4.4. Baches.....	32
2.5. Antecedentes de aplicación de evaluación del grado de seguridad.....	33
2.6. Evaluaciones en carreteras.....	34
2.6.1. Método Vizir.....	34

2.6.2. Método PCI.....	36
2.6.3. Método de evaluación del grado de seguridad en carreteras.....	38
2.7. Inventarios.....	54
2.8. Alternativas de mantenimiento y conservación vial.....	55
2.9. Medidas de seguridad vial.....	56

### **CAPÍTULO III**

#### **Relevamiento de información para la evaluación del grado de seguridad**

	<b>Página</b>
3.1. Antecedentes generales de las carreteras a estudiar.....	62
3.2. Datos de accidentes de tránsito.....	63
3.3. Materiales y equipo utilizado.....	64
3.4. Ubicación de las carreteras a evaluar.....	68
3.5. Unidades de estudio y muestreo de las carreteras a evaluar.....	71
3.6. Levantamiento de información de los elementos físicos en los sectores particulares y valorización de la seguridad de los elementos físicos (ISef).....	86
3.7. Levantamiento de información de los elementos de la calzada (ISc).....	91
3.8. Localización de señalización de tránsito en las carreteras en estudio.....	99
3.9. Localización de las obras de protección, zonas peligrosas e inseguras.....	100
3.10. Priorización, reparación, implementación y mantenimiento.....	101
3.11. Cómputos métricos y precios unitarios.....	103

### **CAPÍTULO IV**

#### **Análisis de evaluación del grado de seguridad**

	<b>Página</b>
4.1. Análisis de accidentes de tránsito.....	107
4.2. Cálculos de la evaluación del grado de seguridad en carreteras.....	110
4.2.1. Cálculos del índice de seguridad en función de los elementos físicos	

(Isef).....	111
4.2.2. Cálculo del índice de seguridad según fallas de la calzada (ISc).....	113
4.2.3. Cálculo del índice de seguridad (IS).....	133
4.3. Análisis de los resultados de los índices de seguridad.....	135
4.4. Análisis del inventario de las señales de tránsito.....	146
4.5. Análisis del inventario de obras de protección, zonas peligrosas e inseguras.....	148
4.6. Propuesta de transferencia de información e incorporación de elementos de tránsito para aumentar la seguridad en las carreteras.....	150
4.7. Costos de señalización y mantenimiento.....	156

## **CAPÍTULO V**

### **Conclusiones y recomendaciones**

	<b>Página</b>
Conclusiones.....	162
Recomendaciones.....	164
Bibliografía.....	167

## Índice de figuras

	<b>Página</b>
Figura 2.1. Conductor.....	6
Figura 2.2. Peatón.....	7
Figura 2.3. Vehículos.....	8
Figura 2.4. Configuración vehicular por tipo de ejes.....	9
Figura 2.5. Vía.....	10
Figura 2.6. Calle o camino lateral.....	11
Figura 2.7. Alcantarilla.....	12
Figura 2.8. Obra de arte menor.....	13
Figura 2.9. Curva horizontal compuesta.....	13
Figura 2.10. Curva horizontal transición.....	14
Figura 2.11. Señal vertical.....	16
Figura 2.12. Señalización restrictiva.....	16
Figura 2.13. Especificaciones de señales reglamentarias.....	17
Figura 2.14. Señalización de advertencia.....	17
Figura 2.15. Señalización preventiva.....	18
Figura 2.16. Especificaciones de señales preventivas.....	18
Figura 2.17. Señalización transitoria.....	19
Figura 2.18. Señalización informativa.....	20
Figura 2.19. Especificaciones de señales preventivas.....	20
Figura 2.20. Señalización horizontal.....	21
Figura 2.21. Demarcación horizontal de velocidad máxima sobre el carril.....	22
Figura 2.22. Banquina.....	23
Figura 2.23. Barandas metálicas.....	24
Figura 2.24. Barandas metálicas Flex Beam.....	26
Figura 2.25. Delineadores reflectivos.....	28
Figura 2.26. Mojón de seguridad.....	28
Figura 2.27. Escala de valores del índice de rugosidad internacional.....	30

Figura 2.28. Ahuellamiento.....	31
Figura 2.29. Exudación.....	32
Figura 2.30. Bache.....	32
Figura 2.31. Piel de Cocodrilo.....	33
Figura 2.32. Rango del índice de deterioro superficial Vizir.....	35
Figura 2.33. Índice de condición del pavimento (PCI) y escala de graduación...	37
Figura 2.34. Modelo de Evaluación.....	39
Figura 2.35. Rango del índice de seguridad.....	40
Figura 2.36. Coeficientes de valoración en función del grado de seguridad.....	42
Figura 3.1. Vehículo utilizado para evaluar.....	64
Figura 3.2. Odómetro de vehículo.....	64
Figura 3.3. GPS Garmin y su cargador.....	64
Figura 3.4. Nivel de Ingeniero.....	65
Figura.3.5. Cámara Sony Cyber-shot y Celular Sony Xperia Go.....	65
Figura 3.6. Huincha de lona métrica.....	65
Figura 3.7. Flexómetros.....	66
Figura 3.8. Regla metálica de 3 m.....	66
Figura 3.9. Regla metálica de 20 cm.....	66
Figura 3.10. Spray amarillo.....	67
Figura 3.11. Conos de seguridad.....	67
Figura 3.12. Chalecos de seguridad.....	67
Figura 3.13. Ubicación del área de estudio.....	68
Figura 3.14. Carreteras a evaluar.....	68
Figura 3.15. Ubicación carretera Norte.....	69
Figura 3.16. Ubicación carretera Chaco.....	70
Figura 3.17. Ubicación carretera Sur.....	71
Figura 3.18. Inicio de evaluación Carretera Norte.....	73
Figura 3.19. Localización del primer punto de evaluación.....	73
Figura 3.20. Localización del segundo punto de evaluación.....	74
Figura 3.21. Localización del tercer punto de evaluación.....	75

Figura 3.22. Localización del cuarto punto de evaluación.....	75
Figura 3.23. Localización del quinto punto de evaluación.....	76
Figura 3.24. Final de evaluación Carretera Norte.....	77
Figura 3.25. Inicio de evaluación Carretera Chaco.....	77
Figura 3.26. Localización del primer punto de evaluación.....	78
Figura 3.27. Localización del segundo punto de evaluación.....	78
Figura 3.28. Localización del tercer punto de evaluación.....	79
Figura 3.29. Localización del cuarto punto de evaluación.....	80
Figura 3.30. Localización del quinto punto de evaluación.....	80
Figura 3.31. Final de evaluación Carretera Chaco.....	81
Figura 3.32. Inicio de evaluación Carretera Sur.....	82
Figura 3.33. Localización del primer punto de evaluación.....	82
Figura 3.34. Localización del segundo punto de evaluación.....	83
Figura 3.35. Localización del tercer punto de evaluación.....	83
Figura 3.36. Localización del cuarto punto de evaluación.....	84
Figura 3.37. Localización del quinto punto de evaluación.....	85
Figura 3.38. Final de evaluación Carretera Sur.....	85
Figura 3.39. Carretera Norte, Calle Lateral de Grado 2, Prog. 04+250.....	90
Figura 3.40. Carretera Norte, Alcantarilla de Grado 3, Prog. 04+540.....	90
Figura 3.41. Carretera Norte, Curva Horizontal de Grado 1, Prog. 04+800.....	90
Figura 3.42. Marca de la progresiva del tramo A, sección 1.....	91
Figura 3.43. Marcado de los puntos a evaluar cada 0.5 m.....	91
Figura 3.44. Levantamiento con nivel de ingeniero y mira topográfica.....	92
Figura 3.45. Medición de ahuellamiento.....	96
Figura 3.46. Medición de exudación y baches.....	97
Figura 3.47. Fotografías de señales de tránsito.....	100
Figura 3.48. Fotografías de obras de protección y zonas inseguras N°1 y N°2....	101
Figura 3.49. Fotografías de obras de protección y zonas inseguras N°3, N°4 y N°5.....	101
Figura 4.1. Heridos de carreteras y en zonas urbanas 2013.....	107

Figura 4.2. Muertos en carreteras y en zonas urbanas.....	108
Figura 4.3. Personas fallecidas por departamentos.....	109
Figura 4.4. Una década de acción para la seguridad vial.....	110
Figura 4.5. Cotas vs. Distancias del carril derecho huella externa, Norte, tramo A1.....	116
Figura 4.6. Programa INPACO, IRI.exe.....	120
Figura 4.7. Introducir el Delta (x), que es cada 0.5 metros.....	120
Figura 4.8. Identificación o código de la sección del tramo.....	121
Figura 4.9. Cargar los datos en Entrada de Información del tramo.....	121
Figura 4.10. Cálculo del IRI.....	121
Figura 4.11. Valores de Ejes “x” e “y”.....	122
Figura 4.12. Gráfica del perfil longitudinal.....	122
Figura 4.13. Terminar el procedimiento de programa.....	122
Figura 4.14. Propuesta de información para los usuarios.....	151
Figura 4.15. Propuesta de información para los usuarios.....	151
Figura 4.16. Velocidad máxima.....	152
Figura 4.17. Delineadores direccionales simples y dobles.....	153
Figura 4.18. Paneles de prevención.....	153
Figura 4.19. Mojones de prevención.....	153
Figura 4.20. Delineadores reflectivos.....	154
Figura 4.21. Use cinturón de seguridad.....	154
Figura 4.22. Distancia mínima entre vehículos.....	155
Figura 4.23. Ganado suelto; animales en la vía.....	155
Figura 4.24. Concientización de los conductores.....	156

## Índice de tablas

	<b>Página</b>
Tabla 2.1. Índice de fisuración (Vizir).....	35
Tabla 2.2. Índice de deformación (Vizir).....	35
Tabla 2.3. Índice de deterioro superficial (Vizir).....	36
Tabla 2.4. Valores máximos y mínimos para los coeficientes que valoriza el grado de seguridad para el ISef y el ISc.....	40
Tabla 2.5. Calles laterales y accesos.....	43
Tabla 2.6. Alcantarillas y obras de arte menores.....	44
Tabla 2.7. Curvas horizontales.....	45
Tabla 2.8. Demarcación horizontal.....	46
Tabla 2.9. Señalización vertical.....	46
Tabla 2.10. Banquina.....	47
Tabla 2.11. Barandas.....	47
Tabla 2.12. Tabla de estado de elementos de seguridad.....	48
Tabla 2.13. Índice de rugosidad internacional.....	49
Tabla 2.14. Ahuellamiento.....	49
Tabla 2.15. Exudación.....	50
Tabla 2.16. Baches.....	51
Tabla 2.17. Tabla de estado de fallas de la calzada.....	52
Tabla 2.18. Coeficiente de índice de seguridad físicos y de calzada.....	53
Tabla 3.1. Datos de accidentes de tránsito 2013.....	63
Tabla 3.2. Datos de accidentes de tránsito registrados Bolivia (INE).....	63
Tabla 3.3. Datos de causa de los hechos de accidentes de tránsito.....	63
Tabla 3.4. Número de muestras y longitud de muestras.....	72
Tabla 3.5. Evaluación del ISef, en la carretera Norte, tramo A.....	89
Tabla 3.6. Tabla de datos de campo IRI.....	92
Tabla 3.7. Tabla de datos de campo de ahuellamiento.....	95
Tabla 3.8. Tabla de datos de campo de exudación y baches.....	97

Tabla 3.9. Tabla de inventario y localización de señales de tránsito.....	99
Tabla 3.10. Inventario y localización de obras de protección, zonas peligrosas e inseguras.....	100
Tabla 3.11. Priorización y necesidad de mantenimiento en carreteras.....	102
Tabla 3.12. Alternativas de mantenimiento en las carreteras.....	102
Tabla 3.13. Cómputos métricos elementos físicos.....	104
Tabla 3.14. Cómputos métricos de las fallas de la calzada.....	104
Tabla 3.15. Precios unitarios.....	105
Tabla 4.1. Resumen de heridos y muertos en accidentes de tránsito 2013.....	107
Tabla 4.2. Tabla de datos de campo ISef.....	111
Tabla 4.3. Tabla resultados ISef.....	112
Tabla 4.4. Tabla de coeficientes de valorización de elementos físicos.....	112
Tabla 4.5. Resultados finales ISef.....	113
Tabla 4.6. Cálculo de cotas para IRI.....	114
Tabla 4.7. Corrección de cotas para introducir al programa IRI.....	117
Tabla 4.8. Resultados para cada sección analizada Norte A1.....	123
Tabla 4.9. Resultados finales del IRI.....	124
Tabla 4.10. Valores promedio de ahuellamiento tramo Norte A1.....	124
Tabla 4.11. Resultado de ahuellamiento Norte del tramo A.....	125
Tabla 4.12. Resultados finales ahuellamiento.....	126
Tabla 4.13. Tabla de cálculo de áreas y sumatoria de áreas Chaco B.....	126
Tabla 4.14. Datos del tramo evaluado Chaco B.....	128
Tabla 4.15. Resultados de área total, exudación y baches Chaco B.....	128
Tabla 4.16. Resultados del porcentaje total, exudación y baches Chaco B.....	129
Tabla 4.17. Resultados finales de exudación.....	129
Tabla 4.18. Resultados finales de baches.....	129
Tabla 4.19. Resultados de los coeficientes de valorización $D_i^*$ multiplicados por el grado de complejidad Norte.....	130
Tabla 4.20. Resultados del ISc Norte.....	132
Tabla 4.21. Resultados finales ISc.....	133

Tabla 4.22. Resultados finales ISef.....	133
Tabla 4.23. Resultados finales ISc.....	134
Tabla 4.24. Resultados finales IS.....	134
Tabla 4.25. Análisis de los resultados finales IS.....	135
Tabla 4.26. Análisis de los resultados del ISef de la carretera Norte.....	136
Tabla 4.27. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Norte.....	137
Tabla 4.28. Alternativas de mantenimiento en la carretera Norte.....	138
Tabla 4.29. Análisis de los resultados del ISef de la carretera Chaco.....	139
Tabla 4.30. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Chaco.....	141
Tabla 4.31. Alternativas de mantenimiento en la carretera Chaco.....	142
Tabla 4.32. Análisis de los resultados del ISef de la carretera Sur.....	143
Tabla 4.33. Análisis de los resultados del ISc de la carretera Sur.....	144
Tabla 4.34. Alternativas de mantenimiento en la carretera Sur.....	145
Tabla 3.35. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Norte.....	146
Tabla 4.36. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Chaco.....	147
Tabla 4.37. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Sur.....	147
Tabla 4.38. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Norte.....	148
Tabla 4.39. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Chaco.....	149
Tabla 4.40. Análisis de los resultados de las señales de tránsito Sur.....	149
Tabla 4.41. Transitabilidad, colores de seguridad y velocidades recomendadas..	150
Tabla 4.42. Presupuesto elementos físicos Norte, Chaco y Sur.....	156
Tabla 4.43. Presupuesto elementos fallas de la calzada Norte, Chaco y Sur.....	158
Tabla 4.44. Resumen de costos de señalización y mantenimiento.....	160