

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



**“EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ACCIDENTABILIDAD DEBIDO AL
COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO”**

Por:

SEBASTIAN JOSE SCHMIDT OLIVERA

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 ÍNDICE DE ACCIDENTABILIDAD DEBIDO AL
COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO”**

Por:

SEBASTIAN JOSE SCHMIDT OLIVERA

Semestre I - 2021

Tarija – Bolivia

M. Sc. Ing. Aurelio José Navía Ojeda
DECANO A.I.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

M. Sc. Lic. Deysi Beatriz Arancibia
Marquez
VICEDECANA A.I.
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

Tribunal:

Ing. Weimar Adolfo Mejía Mogrovejo

Ing. Edwin Osvaldo Aguirre

Ing. Ada Gladys López Rueda

El tribunal calificador de la presente tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones misma, siendo única responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

Especialmente a mis padres, hermanos y abuelos que me apoyaron incondicionalmente durante toda mi formación profesional y fueron mi sustento para poder culminar mis estudios.

AGRADECIMIENTOS:

Primeramente, a Dios por haberme dado la fortaleza y perseverancia para poder concluir mis estudios.

A mis papás Ramiro y Rebeca por guiarme y ser mi sustento en todo momento.

A mi abuelo José que con sus consejos me dio la fortaleza y a mi abuela Antonia que desde el cielo guía mis pasos, también a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Finalmente, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil que me brindaron sus bastos conocimientos en todos los años de estudio.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación del proyecto de aplicación.....	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	5
1.5. Hipótesis	5
1.6. Variables.....	5
1.6.1. Variable independiente	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.6.3. Conceptualización de variables	6
1.7. Alcance	6

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

	Página
2.1. Introducción.....	8
2.2. Elementos de tránsito	10
2.2.1. El usuario	10

2.2.2. El vehículo.....	12
2.2.3. La vía.....	13
2.3. Parámetros fundamentales del tráfico.....	15
2.3.1. Volumen de tránsito.....	15
2.3.2. Velocidad.....	16
2.3.3. Capacidad vial.....	18
2.4. Dispositivos de control.....	19
2.4.1. Clasificación de los dispositivos de control.....	20
2.4.2. Señalización horizontal.....	22
2.5. Seguridad vial.....	25
2.5.1. Normativa vigente.....	28
2.5.2. Plan nacional de seguridad vial en carreteras.....	28
2.6. Accidentabilidad.....	33
2.6.1. Causas de los accidentes.....	34
2.6.2. Causas de los accidentes.....	36
2.6.3. Análisis de los accidentes.....	37
2.7. Coeficiente de resistencia al deslizamiento.....	38
2.7.1. Conceptos fundamentales de la resistencia al deslizamiento.....	39
2.7.2. Factores que afectan el valor del coeficiente de fricción.....	41
2.7.3. Medición de la resistencia al deslizamiento en Bolivia.....	45
2.7.4. Metodología de cálculo.....	53
2.8. Textura superficial del pavimento.....	55
2.8.1. Ensayo de la mancha de arena.....	55
2.8.2. Metodología de cálculo.....	59
2.9. Índice de fricción internacional (IFI).....	60

2.9.1. Modelo PIARC	61
2.9.2. Definición del IFI.....	61
2.9.3. Implementación del IFI.....	62
2.9.4. Metodología de cálculo.....	62

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN EL TRAMO DE ESTUDIO

	Página
3.1. Elección del tramo de estudio.....	65
3.2. Recopilación de datos del tramo elegido.....	67
3.2.1. Puente Phayo.....	67
3.2.2. Puente Orozas	68
3.2.3. Puente Campanario.....	69
3.2.4. Río Negro.....	70
3.3. Medición de la resistencia al deslizamiento y determinación de la textura superficial en el tramo elegido	71
3.3.1. Elección de la metodología a emplear	71
3.3.2. Medición de la resistencia al deslizamiento con el método elegido	71
3.3.3. Medición de la textura superficial con el método elegido	72
3.4. Datos obtenidos	72
3.4.1. Datos obtenidos puente Phayo.....	73
3.4.2. Datos obtenidos puente Orozas.....	75
3.4.3. Datos obtenidos puente Campanario	77
3.4.4. Datos obtenidos comunidad de Río Negro	79
3.5. Procesamiento de los datos obtenidos	80

3.5.1. Determinación del error máximo permitido en el ensayo del péndulo británico y mancha de arena	81
3.5.2. Resultados obtenidos del cálculo de errores efectuado en los puntos críticos.....	83
3.5.3. Análisis de la determinación de errores en ambos ensayos	86
3.6. Procesamiento de datos validos.....	87
3.6.1. Ensayo del péndulo británico.....	87
3.6.2. Ensayo de la mancha de arena	90
3.6.3. Índice de fricción internacional (IFI).....	93
3.7. Análisis de la accidentabilidad en los puntos críticos	96
3.7.1. Magnitud del problema.....	97
3.7.2. Causas de los accidentes	99
3.8. Análisis de los resultados obtenidos.....	101
3.8.1. Puente Phayo.....	105
3.8.2. Puente Orozas	107
3.8.3. Puente Campanario	109
3.8.3. Comunidad de Río Negro	111

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. Conclusiones.....	113
4.2. Recomendaciones	114

Bibliografía

Anexos

Anexo I: Datos de accidentabilidad

Anexo II: Datos obtenidos en campo

Anexo III: Teoría de errores

Anexo IV: Resultados coeficiente de resistencia al deslizamiento

Anexo V: Resultados de la textura superficial del pavimento

Anexo VI: Resultados del índice de fricción internacional

Anexo VII: Memoria fotográfica

Anexo VIII: Documentación de respaldo

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Accidente comunidad de Río Negro carretera a Bermejo.	27
Figura 2 Accidente en una carretera de montaña al norte de La Paz.	34
Figura 3 Accidente por presunto exceso de velocidad en la localidad de Camargo.	37
Figura 4 Mal estado de la carretera a la altura del puente Campanario.	38
Figura 5 Escala de textura.	42
Figura 6 Esquema de Macrotextura y Microtextura.	42
Figura 7 Zonas de interacción neumático – pavimento.	43
Figura 8 Péndulo de fricción TRRL.....	46
Figura 9 Medición del CRD con el péndulo de fricción TRRL.....	46
Figura 10 Medición de la macrotextura con el método de la mancha de arena.	57
Figura 11 Curva de Fricción – Velocidad de desplazamiento del Modelo PIARC además de los rangos para varios de los equipos que participaron en el experimento.....	61
Figura 12 Modelo del Índice de Fricción Internacional, según documento PIARC.....	62
Figura 13 Mapa del departamento de Tarija.	66
Figura 14 Mapa de la provincia Arce del departamento de Tarija.....	66
Figura 15 Ubicación de los puntos críticos donde se realizó el estudio.....	67
Figura 16 Imagen satelital del puente Phayo y segmento de estudio.....	68
Figura 17 Imagen satelital del puente Orozas y segmento de estudio.	69
Figura 18 Imagen satelital del puente Campanario y segmento de estudio.	70
Figura 19 Imagen satelital de la comunidad de Río Negro y segmento de estudio.	71

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Criterio para evaluar los valores de fricción en la superficie de pavimento.	54
Tabla 2 Clases de macrotextura (DNIT, 2006).	60
Tabla 3 Valores de a y b para la estimación de la constante de velocidad.	63
Tabla 4 Ecuaciones para determinar S según el tipo de equipo.	64
Tabla 5 Clasificación del Índice de Fricción Internacional.	65
Tabla 6 Clasificación de la textura del pavimento.	65
Tabla 7 Lista de equipo que fueron calibrados para predecir el F60.	66
Tabla 8 Coordenadas KML Puente Phayo.	68
Tabla 9 Coordenadas KML del puente Orozas.	69
Tabla 10 Coordenadas KML del puente Campanario.	70
Tabla 11 Coordenadas KML del puente Campanario.	71
Tabla 12 Ensayo del péndulo británico en puente Phayo.	73
Tabla 13 Ensayo de la mancha de arena en puente Phayo.	74
Tabla 14 Ensayo del péndulo británico en puente Orozas.	75
Tabla 15 Ensayo de la mancha de arena en puente Orozas.	76
Tabla 16 Ensayo del péndulo británico en puente Campanario.	77
Tabla 17 Ensayo de la mancha de arena en puente Campanario.	78
Tabla 18 Ensayo del péndulo británico en la comunidad de Río Negro.	79
Tabla 19 Ensayo de la mancha de arena en la comunidad de Río Negro.	80
Tabla 20 Errores máximos permitidos para los ensayos.	81
Tabla 21 Registro BPN en progresiva 0+100 puesta 1 puente Orozas.	81
Tabla 22 Errores obtenidos de la medición del BPN en la progresiva 0+100 pista 1 del puente Orozas.	82
Tabla 23 Estimación de los errores para el ensayo con el péndulo británico en puente Phayo y puente Orozas.	83
Tabla 24 Estimación de los errores para el ensayo con el péndulo británico en puente Campanario y comunidad de Río Negro.	84
Tabla 25 Estimación de los errores para el ensayo de la mancha de arena en puente Phayo y puente Orozas.	85

Tabla 26 Estimación de los errores para el ensayo de la mancha de arena en puente Campanario y comunidad de Río Negro.	86
Tabla 27 Registros BPN progresiva 0+000 pista 1 en puente Phayo.....	87
Tabla 28 Criterio para evaluar los valores de fricción en la superficie de pavimento.	88
Tabla 29 Resultados del coeficiente de resistencia al deslizamiento en puente Phayo y puente Orozas.....	89
Tabla 30 Resultados del coeficiente de resistencia al deslizamiento en puente Campanario y comunidad de Río Negro.	90
Tabla 31 Diámetros obtenidos del ensayo de círculo de arena en la progresiva 0+000 pista 1 del puente Phayo.	91
Tabla 32 Clases de macrotextura (DNIT, 2006).	91
Tabla 33 Resultados de la macrotextura superficial en puente Phayo y puente Orozas.....	92
Tabla 34 Resultados de la macrotextura superficial en puente Campanario y comunidad de Río Negro.	93
Tabla 35 Datos para ejemplo de cálculo del IFI en progresiva 0+600 pista 2 del puente Campanario.....	94
Tabla 36 Resultados del IFI puente Phayo y puente Orozas.....	95
Tabla 37 Resultados del IFI puente Campanario y comunidad de Río Negro.....	96
Tabla 38 Índice de accidentabilidad en la carretera Tarija - Bermejo.	98
Tabla 39 Índice de morbilidad en la carretera Tarija - Bermejo.....	98
Tabla 40 Índice de mortalidad en la carretera Tarija - Bermejo.	99
Tabla 41 Causales de los accidentes en la zona de estudio.....	99
Tabla 42 Descripción del hecho en la zona de estudio.	100

ÍNDICE DE GRÁFICAS.

	Página
Gráfica 1 Corrección por temperatura.	54
Gráfica 2 Corrección por temperatura.....	88
Gráfica 3 Reporte de accidentabilidad carretera Tarija - Bermejo gestión 2018-2020.....	97
Gráfica 4 Causales de los accidentes en la zona de estudio.....	100
Gráfica 5 Descripción del hecho en la zona de estudio.	101
Gráfica 6 Coeficiente de resistencia al deslizamiento en los puntos críticos.....	102
Gráfica 7 Espesor de la macrotextura en los puntos críticos.	103
Gráfica 8 Resultados del IFI en los puntos críticos.....	104
Gráfica 9 Accidentes en los puntos críticos gestión 2013 - 2020.	104
Gráfica 10 Descripción del hecho puente Phayo.	105
Gráfica 11 Causas de los accidentes puente Phayo.....	106
Gráfica 12 Resultados del IFI puente Phayo.....	106
Gráfica 13 Descripción del hecho puente Orozas.	107
Gráfica 14 Causas de los accidentes puente Orozas.	107
Gráfica 15 Resultados del IFI puente Orozas.	108
Gráfica 16 Descripción del hecho puente Campanario.....	109
Gráfica 17 Causas de los accidentes puente Campanario.	109
Gráfica 18 Resultados del IFI puente Campanario.	110
Gráfica 19 Descripción del hecho comunidad de Río Negro.....	111
Gráfica 20 Causas de los accidentes comunidad de Río Negro.....	111
Gráfica 21 Resultados del IFI comunidad de Río Negro.	112