

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



**“EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO  
GEOMÉTRICO APLICANDO LA NORMA BOLIVIANA DE  
CARRETERAS EN EL SOFTWARE IHSDM AL TRAMO  
TIMBOY – TENTAGUAZÚ – KUMANDAROTI KM 38+000 –  
45+501.98”**

**Por:**

**ANIBAL ALFONZO CASTRO RUIZ**

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

**Gestión 2015**

**TARIJA – BOLIVIA**

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

**“EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO  
GEOMÉTRICO APLICANDO LA NORMA BOLIVIANA DE  
CARRETERAS EN EL SOFTWARE IHSDM AL TRAMO  
TIMBOY – TENTAGUAZÚ – KUMANDAROTI KM 38+000 –  
45+501.98”**

**Por:**

**ANIBAL ALFONZO CASTRO RUIZ**

**Gestión 2015**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por estar siempre a mi lado, a mis padres Alberto Castro y Audia Ruiz, por su apoyo incondicional, a mis hermanas Karen y Mariana les dedico este trabajo ya que ellos fueron mi motivación y me demostraron que están a mi lado recorriendo el camino de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por estar siempre a mi lado en cada etapa de mi vida, por darme la fortaleza mental y espiritual necesaria para vencer los obstáculos que se presentan día a día.

A mis padres que siempre confiaron en mí, por el amor que me brindan y darme la oportunidad de lograr uno de mis propósitos profesionales.

## **PENSAMIENTO**

Todo debe hacerse tan  
simple como se pueda, pero  
no más simple.... **Albert  
Einstein**

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I DISEÑO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

1.1.	INTRODUCCIÓN. ....	1
1.2.	DISEÑO TEORICO. ....	3
1.2.1	Situación Problemática .....	3
1.2.2	Problema .....	3
1.2.3	Justificación .....	3
1.2.4	Objetivos de la Investigación .....	4
1.2.4.1	Objetivo general .....	4
1.2.4.2	Objetivos específicos .....	4
1.2.5	Hipótesis .....	5
1.2.6	Definición de Variables Independientes y Dependientes .....	5
1.2.6.1	Variables .....	5
1.2.6.2	Conceptualización y operacionalización de variables .....	6
1.3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	6
1.3.1.	Unidades de Estudio y Decisión Muestral .....	6
1.3.1.1.	Unidad de Estudio .....	6
1.3.1.2.	Población. ....	7
1.3.1.3.	Muestra .....	7
1.3.1.4.	Muestreo .....	7
1.3.1.5.	Tipo de investigación .....	9
1.3.2.	Métodos y Técnicas Empleadas .....	9
1.3.2.1.	Selección de Métodos y Técnicas .....	9
1.3.2.2.	Descripción de equipos e instrumentos .....	9
1.3.2.3.	Procedimiento de aplicación .....	11
1.3.2.4.	Preparación previa .....	13
1.3.3.	Procedimiento para el Análisis y la Interpretación de la Información .....	14
1.3.4.	Alcance .....	14

## **CAPÍTULO II.**

### **CONSISTENCIA DEL DISEÑO, FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CONSISTENCIA, IHSDM Y ADAPTACIÓN DE LA NORMATIVA**

2.1.	ANTECEDENTES .....	16
2.2.	LA VELOCIDAD EN EL DISEÑO VIAL.....	23
2.2.1.	Velocidad de Proyecto .....	23
2.2.2.	Velocidad Percentil 85 (V85%) .....	24
2.2.3.	Velocidad de Operación.....	24
2.2.4.	Velocidad Deseada.....	24
2.3.	EXPECTATIVAS DEL CONDUCTOR .....	25
2.4.	NORMAS DE PROYECTO Y SEGURIDAD VIAL.....	26
2.5.	CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO. ....	28
2.5.1.	Determinación de la consistencia Basada en la Velocidad de Operación.....	30
2.6.	MEDIDAS CORRECTORAS .....	32
2.7.	MODELO INTERACTIVO PARA DISEÑO SEGURO DE CARRETERAS (IHSDM) .....	35
2.7.1.	Descripción Módulo de Revisión de la Política (PRM).....	38
2.7.2.	Descripción del Módulo de Consistencia de Diseño (DCM).....	41
2.7.2.1.	Algoritmo de perfil de velocidades .....	42
2.7.2.2.	Evaluación de la consistencia de diseño mediante el módulo DCM.....	44
2.7.3.	Aplicación Herramientas de Administración .....	46
2.8.	ADAPTACIÓN DE LA NORMATIVA DE LA ABC .....	49
2.8.1.	Metodología .....	49
2.8.2.	Valores Escalares .....	50
2.8.3.	Ancho de Calzada por Sentido.....	51
2.8.4.	Ancho de Berma .....	53
2.8.5.	Tipo de Berma.....	53
2.8.6.	Pendiente de la Sección Transversal .....	54
2.8.7.	Pendiente Normal de la Berma .....	54
2.8.8.	Radios de Curvas Horizontales .....	55

2.8.9.	Peralte .....	57
2.8.10.	Pendiente Longitudinal .....	58
2.8.11.	Curvas Verticales .....	59
2.8.12.	Distancia de Visibilidad de Parada .....	59
2.8.13.	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento .....	60
2.8.14.	Vehículo de Diseño .....	61

### **CAPÍTULO III.**

#### **IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DEL MÓDULO POLICY REVIEW**

##### **MODULE (PRM) Y DESIGN CONSISTENCY MODULE (DCM)**

3.1.	GENERALIDADES .....	63
3.2.	INFORMACIÓN GEOMÉTRICA Y DE TRÁNSITO DE LA VÍA .....	63
3.2.1.	Información General de la Vía. ....	63
3.2.2.	Información de Tránsito. ....	64
3.2.3.	Información Geométrica. ....	65
3.2.3.1.	Alineamiento Horizontal “Horizontal alignment” .....	65
3.2.3.2.	Alineamiento Vertical “Vertical Alignment” .....	70
3.2.3.3.	Sección transversal de la vía “Road cross section” .....	73
3.3.	ANÁLISIS DE LAS SALIDAS DEL MÓDULO DCM “REPORTE DE EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA DE DISEÑO” .....	90
3.3.1.	Percentil 85 de Velocidades “V85 speed profile coordinates .....	90
3.3.2.	Diferencia de Velocidades en Elementos Adyacentes “Speed differential of adjacent design elements”. ....	92
3.4.	ANÁLISIS DE LAS SALIDAS DEL MÓDULO PRM “REPORTE DE EVALUACIÓN DE LA REVISIÓN DE LA POLÍTICA” .....	95
3.4.1.	Ancho de Calzada “Traveled way width”. ....	95
3.4.2.	Ancho de Berma “Shoulder width” .....	98
3.4.3.	Radio de Curvatura “Radius of Curve” .....	99
3.4.4.	Pendiente Longitudinal “Tangent grade” .....	100
3.4.5.	Curva Vertical “Vertical Curve”. ....	101
3.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	102



3.6.	ANÁLISIS DE ACCIDENTALIDAD .....	106
3.7.	ANÁLISIS DE VOLÚMENES Y ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO .	108
3.8.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD FÍSICA .....	110

#### **CAPÍTULO IV.**

##### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1.	CONCLUSIONES .....	114
4.2.	RECOMENDACIONES.....	117

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>118</b>
--------------------------	------------

##### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Operacionalización de variables .....	6
Tabla 2.1	Calificación de consistencia según velocidad .....	17
Tabla 2.2	Expresiones para estimar la velocidad de operación .....	18
Tabla 2.3	Modelos de velocidad de operación desarrollados por Fitzpatrick.....	21
Tabla 2.4	Porcentaje de reducción de accidentes .....	34
Tabla 2.5	Descripción de las salidas del módulo PRM .....	40
Tabla 2.6	Código de colores utilizado por el modelo IHSDM .....	45
Tabla 2.7	Ejemplo ficha resumen Scalar Values “Valores escalares” .....	50
Tabla 2.8	Clasificación funcional de las carreteras .....	51
Tabla 2.9	Categorías de carreteras según su Tránsito Promedio Diario .....	52
Tabla 2.10	Tipos de Berma .....	53
Tabla 2.11	Bombes de la calzada.....	54
Tabla 2.12	Pendiente normal de la berma .....	55
Tabla 2.13	Valores máximos para el peralte y la fricción transversal .....	56
Tabla 2.14	Radios mínimos absolutos en curvas horizontales .....	57
Tabla 2.15	Clasificación del terreno según la pendiente longitudinal .....	58
Tabla 2.16	Distancia mínima de frenado en horizontal .....	60
Tabla 2.17	Distancia mínima de adelantamiento .....	61
Tabla 3.1	Información general de la vía .....	64
Tabla 3.2	Tráfico Promedio Diario Anual .....	65
Tabla 3.3	Alineamiento Horizontal .....	66
Tabla 3.4	Alineamiento Vertical .....	71
Tabla 3.5	Ancho de carril .....	73
Tabla 3.6	Sección transversal .....	80
Tabla 3.7	Percentil 85 de velocidades, sentido Tentaguzú – Timboy .....	90
Tabla 3.8	Diferencia entre velocidad de operación y velocidad de diseño .....	91
Tabla 3.9	Diferencia de velocidades entre elementos consecutivos .....	92
Tabla 3.10	Ancho de calzada, sobre ancho en curvas y radios de curvatura .....	96
Tabla 3.11	Curvas con radios menores a 120 m .....	97

Tabla 3.12 Ancho de berma .....	98
Tabla 3.13 Radios de curvatura.....	99
Tabla 3.14 Pendiente longitudinal .....	100
Tabla 3.15 Curvas verticales .....	102
Tabla 3.16 Elementos alineamiento horizontal rediseñados .....	105
Tabla 3.17 Elementos alineamiento vertical rediseñados .....	105
Tabla 3.18 Estimación del número de accidentes para elementos del diseño .....	106
Tabla 3.19 Estimación del número de accidentes para elementos del rediseño .....	107
Tabla 3.20 Porcentaje de reducción de accidentes .....	107
Tabla 3.21 Presupuesto Diseño Original .....	108
Tabla 3.22 Presupuesto Rediseño .....	109
Tabla 3.23 Comparación de Presupuestos .....	109
Tabla 4.1 Curvas con consistencia regular .....	114
Tabla 4.2 Tangentes con consistencia regular .....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Modelo de perfil de velocidades .....	13
Figura 1.2	Reporte Gráfico del módulo DCM .....	14
Figura 2.1	Fuentes de inconsistencia del trazado en perfil .....	29
Figura 2.2	Fuentes de inconsistencia del trazado en planta .....	30
Figura 2.3	Perfil de velocidades .....	31
Figura 2.4	Relación entre las mejoras de la alineación en planta y el costo .....	33
Figura 2.5	Relación entre las mejoras de la alineación en perfil y el costo .....	33
Figura 2.6	Perfil de velocidades obtenido de los pasos 1 a 4 del modelo del DCM.	44
Figura 2.7	Perfil final estimado para percentil 85 de velocidades .....	44
Figura 2.8	Salida gráfica del módulo DCM .....	45
Figura 2.9	Interfaz Administration Tool .....	46
Figura 2.10	Dimensiones de los vehículos .....	62
Figura 3.1	Alineamiento Horizontal .....	70
Figura 3.2	Alineamiento Vertical .....	73
Figura 3.3	Resultado de la evaluación con el módulo DCM, sentido Tentaguazú – Timboy .....	93
Figura 3.4	Resultado de la evaluación con el módulo DCM, sentido Timboy - Tentaguazú .....	95
Figura 3.5	Resultado de la evaluación con el módulo DCM, sentido Tentaguazú - Timboy para el rediseño .....	103
Figura 3.6	Resultado de la evaluación con el módulo DCM, sentido Timboy - Tentaguazú para el rediseño .....	104

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1 Adaptación del módulo PRM del software IHSDM a la normativa Boliviana

Anexo 2 Salidas módulo DCM “Design Consistence Module”

Anexo 3 Salidas módulo PRM “Policy Review Module”

Anexo 4 Características geométricas del rediseño

Anexo 5 Análisis de consistencia del rediseño geométrico

Anexo 6 Análisis estadístico de los aforos de velocidades

Anexo 7 Planos bimodales