

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



**“ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE VOLUMEN Y VELOCIDADES PUNTUAL EN
VÍAS MULTICARRILES CON ALTO VOLUMEN DE TRÁNSITO CON
CONTEO DE TRÁNSITO NO INVASIVO”**

POR:

LEONEL WILTON GUZMÁN GUERRA

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

SEMESTRE I – 2025

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres **Raúl Guzmán Ruíz** y **Cleira Guerra Nieves**, quienes, con su afecto y apoyo incondicional en todos estos tiempos, fueron los pilares fundamentales para lograr esta profesión.

A mi hermana **Ariana Guzmán** por darme su apoyo en todo momento.

A mi abuelo **Wilton Guerra Tovar**, quien desde el lugar donde se encuentra me guía por el buen camino.

A mis abuelas **Elina Nieves Castillo** y **Nelva Ruíz Avendaño** por haberme apoyado de una u otra manera durante toda mi vida.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 Situación problemática.....	3
1.3.2 Problema	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 HIPÓTESIS	5
1.6 VARIABLES	5
1.6.1 Variable independiente	5
1.6.2 Variable dependiente.....	6
1.7 ALCANCE	7
CAPÍTULO II	12
ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO VEHICULAR	12
2.1 DEFINICIÓN Y EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO VEHICULAR	12
2.1.1 Definición.....	12
2.1.2 Evolución de la ingeniería de transito.....	13
2.2 ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO	14
2.2.1 Usuario	14

2.2.1.1 El Peatón	14
2.2.1.2 El Conductor	15
2.2.1.3 El Ciclista.....	15
2.2.2 El vehículo	16
2.2.2.1 Características de los vehículos de proyecto.....	16
2.3 VÍA O VIABILIDAD.....	17
2.3.1 Clasificación funcional	17
2.3.2 Sistema vial urbano.....	18
2.3.3 Sistema de carreteras.....	19
2.3.3.1 Clasificación de transitabilidad	20
2.4 ESTRUCTURA DE UNA CARRETERA.....	20
2.5 PROBLEMAS QUE EXISTEN EN EL TRÁFICO VEHICULAR	23
2.5.1. Factores que afectan el tráfico	23
2.5.1.1 Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad	23
2.5.1.2 Superposición de tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.	23
2.5.1.3 Falta de planificación en el tránsito	23
2.5.1.4 El automóvil no considerado como una necesidad pública.	24
2.5.1.5 Falta de responsabilidad y asimilación del problema por parte de las entidades de gobierno y del usuario.	24
2.5.2. Tipos de solución	24
2.5.2.1 Solución integral	24
2.5.2.2. Solución parcial de alto costo	25
2.5.2.3. Solución parcial de bajo costo	25
2.5.3. Bases para una solución	26
2.6 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO .	27

2.6.1 Velocidad	28
2.6.1.1 Velocidad de punto	28
2.6.1.2 Velocidad instantánea	29
2.6.1.3 Velocidad media temporal	29
2.6.1.4 Velocidad de recorrido.....	29
2.6.2 Estudios de velocidad.....	29
2.6.2.1 Estudios de velocidad de punto.....	29
2.6.3 Estudios de velocidad de recorrido	30
2.6.3.1 Determinación de la velocidad de flujo libre (FFS).....	30
2.6.3.2 Velocidad a Flujo Libre Medida en Campo.....	32
2.6.3.3 Velocidad a Flujo Libre Estimada, FFS	33
2.6.4 Volumen.....	36
2.6.5 Características de los volúmenes de tránsito.....	36
2.6.5.1 Distribución y composición del volumen de tránsito.....	37
2.6.5.2 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda	37
2.6.5.3 Variación horaria del volumen de tránsito	37
2.6.5.4 Variación diaria del volumen de tránsito	39
2.6.5.5 Variación mensual del volumen de tránsito	39
2.6.6 Factor de hora pico (FHP).....	39
2.6.7 Tipos de volúmenes	40
2.6.7.1 Volúmenes de tráfico absolutos o totales.....	40
2.6.7.2 Volúmenes de tráfico promedio diarios (TPD).....	40
2.6.7.3. Volúmenes de tránsitohorarios (VH)	41
2.7 TIPOS DE AFOROS.....	41

2.7.1. Manuales	41
2.7.2. Mecánicos	42
2.8 CONTEO INVASIVOS Y NO INVASIVOS	44
2.8.1 Conteo de tránsito invasivo.....	44
2.8.2 Conteo de tránsito no invasivo.....	44
2.9 ESTADÍSTICA.....	45
2.9.1 Media	45
2.9.2 Mediana.....	46
2.9.3 Moda	46
2.9.4 Desviacion Estandar.....	47
2.9.5 Varianza	48
CAPÍTULO III	49
APLICACIÓN PRÁCTICA.....	49
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	49
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	53
3.3. ESTUDIO DEL TRÁFICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO	57
3.3.1 Ubicación detallada de puntos de aforo	57
3.4 AFORO DE VOLÚMENES EN HORARIOS PICOS	66
3.4.1 Datos de campo.....	67
3.5 AFORO DE VELOCIDADES EN HORARIOS PICOS	72
3.5.1 Datos de campo.....	73
CAPÍTULO IV	75
ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
4.1 VOLUMEN.....	75

4.1.1 Depuración de datos de volúmenes.....	76
4.1.2 Resultados	78
4.2 VELOCIDADES	80
4.2.1 Depuración de datos de velocidades	83
4.2.3 Resultados	85
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	88
4.3.1 Análisis de Volumen por calzadas de Norte a Sur	88
4.3.2 Análisis de Velocidades por calzadas	98
4.4 PROPUESTAS PLANTEADAS	108
4.4.1 Cálculos métricos de las propuestas planteadas	118
4.4.2 Presupuesto general total	119
CAPÍTULO V	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
5.1 CONCLUSIONES.....	120
5.2 RECOMENDACIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	
ANEXO I TABLAS DE DATOS DE AFOROS DE VOLUMENES	
ANEXO II TABLAS DE VOLUMENES SIN DEPURAR	
ANEXO III TABLAS DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE VOLUMENES	
ANEXO IV TABLAS DE DEPURACIONES DE VOLUMENES	
ANEXO V TABLAS DE DATOS DE TIEMPOS Y VELOCIDADES	
ANEXO VI TABLAS DE VELOCIDADES SIN DEPURAR	
ANEXO VII TABLAS DE PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DE VELOCIDADES	

ANEXO VIII TABLAS DE DEPURACIONES DE VELOCIDADES

ANEXO IX PLANOS DEL TRAMO DE ESTUDIO

ANEXO X PLANILLAS DE PROPUESTA PLANTEADA

ANEXO XI NORMAS DE APLICACIÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Tráfico vehicular.....	13
Figura 2 Evoluciones de los autos.....	14
Figura 3 Carretera Multicarriles.....	19
Figura 4 Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta	20
Figura 5 Cronómetro	35
Figura 6 Radar Métrico	35
Figura 7 Variación horaria del volumen de transito.....	38
Figura 8 Conteo de vehículos manuales.....	42
Figura 9 Conteo de vehículos automáticos	43
Figura 10 Conteo de tránsito invasivo	44
Figura 11 Conteo de tránsito no invasivo	45
Figura 12 Ubicación del tramo de estudio	49
Figura 13 Punto inicial de aforo calzada de la derecha altura del Gimnasio Universitario	54
Figura 14 Punto inicial de aforo calzada del medio altura del Gimnasio Universitario ..	54
Figura 15 Punto inicial de aforo calzada de la izquierda altura del Gimnasio Universitario	55
Figura 16 Punto final de aforo calzada de la derecha altura del Matadero Municipal.....	55
Figura 17 Punto final de aforo calzada del medio altura del Matadero Municipal.....	56
Figura 18 Punto final de aforo calzada de la izquierda altura del Matadero Municipal ..	56
Figura 19 Ubicación puntos de aforo	60
Figura 20 Ubicación puntos de aforo	60
Figura 21 Ubicación puntos de aforo	61

Figura 22 Ubicación puntos de aforo	61
Figura 23 Ubicación puntos de aforo	62
Figura 24 Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario	68
Figura 25 Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio altura Gimnasio Universitario	70
Figura 26 Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa calzada de la izquierda	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Variables Independiente.....	6
Tabla 2 Variables Dependientes.....	7
Tabla 3 Coordenadas Este y Norte de todos los puntos de aforo.....	50
Tabla 4 Nombres de puntos de aforos de volúmenes y velocidades por calzadas con sus respectivas progresivas	57
Tabla 5 Resumen de cantidad de vehículos que pasan en una hora en la Av. Jaime Paz Zamora altura del Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	65
Tabla 6 Planilla de aforo de volúmenes	66
Tabla 7 Datos de aforo de volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	67
Tabla 8 Datos de aforo de volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	69
Tabla 9 Datos de aforo de norte a sur de volumen Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa calzada de la izquierda (Progresiva 0+066)	71
Tabla 10 Planilla de aforo de velocidades.....	73
Tabla 11 Datos de tiempo y velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	74
Tabla 12 Volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha (Progresiva 0+004).....	75
Tabla 13 Parámetros estadísticos Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	76
Tabla 14 Volúmenes depurados Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	77
Tabla 15 Resultado promedio final Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	78

Tabla 16 Resultados promedios de volúmenes finales de todos los puntos de aforo	79
Tabla 17 Velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004).....	82
Tabla 18 Parámetros estadísticos de velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004).....	83
Tabla 19 Depuración de velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	84
Tabla 20 Resultado de velocidad Av. Jaime Paz Zamora carril derecho Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)	85
Tabla 21 Resultados de Velocidades Promedios Finales de todos los puntos de aforo ...	86
Tabla 22 Volúmenes Promedios Finales de la calzada derecha.....	88
Tabla 23 Volúmenes Promedios Finales de la calzada del medio	90
Tabla 24 Resultados de Volúmenes Promedios Finales calzada izquierda.....	92
Tabla 25 Volúmenes promedio finales de todo el tramo estudiado	94
Tabla 26 Resultados de velocidades calzada de la derecha	98
Tabla 27 Resultados de Velocidades Promedios Finales calzada del medio	100
Tabla 28 Resultados de Velocidades Promedios Finales calzada de la izquierda	102
Tabla 29 Resultados Velocidades Promedios Finales de todo el tramo estudiado	104
Tabla 30 Propuestas de elementos de señal horizontal y tachas viales para todo el tramo de estudio	109
Tabla 31 Propuesta de elementos de señal vertical preventiva y reglamentaria para todo el tramo de estudio.....	111
Tabla 32 Cantidad de material de señalización horizontal y vertical.....	114
Tabla 33 Tramo a ejecutar.....	115
Tabla 34 Personal requerido.....	115
Tabla 35 Cómputos métricos	118

Tabla 36 Presupuesto general.....119

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1 Horas pico en la Av. Jaime Paz Zamora Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004).....	65
Gráfica 2 Variación de Volúmenes Promedios Finales calzada de la derecha	89
Gráfica 3 Variación de Volúmenes Finales calzada del medio.....	90
Gráfica 4 Variación de Volumen Promedio Final calzada doble sentido	93
Gráfica 5 Variación de Volúmenes Promedios Finales de todo el tramo estudiado	96
Gráfica 6 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada de la derecha.....	99
Gráfica 7 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada del medio	100
Gráfica 8 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada de la izquierda	102
Gráfica 9 Variación de Velocidades Promedios Finales de todo el tramo estudiado	106