

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



**“NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES
INDIVISOS Y SU RELACIÓN CON LA VELOCIDAD MEDIA
PUNTUAL EN CARRETERAS DEL DEPARTAMENTO
APLICADO A LOS TRAMOS PUENTE TOMATITAS - CRUCE
SANTA BÁRBARA Y CRUCE SANTA BÁRBARA – SAN
LORENZO”**

Por:

DEIVI FERNANDO BEJARANO ALBORNOZ

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.

Julio, de 2013

TARIJA - BOLIVIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICADO A:

Mi madre Audelia Albornoz,
mi padre Amado Bejarano
por el amor, apoyo y
sacrificio brindado durante
toda mi vida y mi carrera. A
mi esposa Nedenka Aguilar
por su paciencia, amor y
apoyo brindado y mi hijo
Francisco Bejarano con amor.

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Juan Misael Saracho, a mis Docentes y compañeros que me ayudaron a cumplir esta meta, y a mis hermanos por su apoyo incondicional y comprensión durante todo este tiempo.

...GRACIAS.

PENSAMIENTO:

"La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo".

Nelson Mandela.

ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

Página

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes.	1
1.2.	Planteamiento del problema.	3
1.3.	Justificación.	4
1.4.	Objetivos.	5
	1.4.1. Objetivo general.	5
	1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5.	Alcance.	6
1.6.	Medios y metodología.	7

CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO.

2.1.	Generalidades.	9
2.2.	Características del flujo vehicular o tránsito.	10
	2.2.1. Conceptos fundamentales.	10
	2.2.2. Velocidad.	11
	2.2.2.1. Velocidad promedio de rodaje.	11
	2.2.2.2. Velocidad promedio de viaje.	11
	2.2.2.3. Velocidad media puntual.	12
	2.2.2.4. Velocidad media espacial.	12
	2.2.2.5. Velocidad media temporal.	12
	2.2.2.6. Velocidad de flujo libre.	12
	2.2.2.7. Velocidad percentil	12
2.2.3.	Volumen o intensidad de tránsito.	14
2.2.4.	Factor de hora pico.	15

2.2.5. Densidad.	16
2.2.6. Relación entre los tres parámetros básicos.	17
2.2.7. Variables relacionadas con el flujo.	18
2.2.8. Variables relacionadas con la velocidad.	20
2.2.9. Variables relacionadas con la densidad.	20
2.3. Tipos de flujo de tráfico.	22
2.3.1. Flujos continuos o ininterrumpidos.	23
2.3.2. Flujo discontinuo o interrumpido.	24

CAPÍTULO III: CAPACIDAD VEHICULAR Y NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES INDIVISOS

3.1. Carreteras de dos carriles indivisos.	25
3.1.1. Clasificación de las carreteras de dos carriles.	25
3.1.1.1. Clase I.	25
3.1.1.2. Clase II.	26
3.1.2. Relaciones básicas.	26
3.1.3. Carriles de rebase.	27
3.1.4. Terreno nivelado.	28
3.1.5. Terreno ondulado.	28
3.2. Capacidad.	29
3.2.1. Definición de capacidad.	29
3.2.2. Importancia de la capacidad.	30
3.2.2.1. Consideraciones básicas.	31
3.2.3. Capacidad en vías ininterrumpidas.	32
3.2.3.1. Capacidad en condiciones ideales.	33
3.2.3.2. El radio v/c y su uso.	34
3.2.4. Factores que reducen la capacidad en condiciones ideales.	34
3.2.4.1. Terreno llano.	34
3.2.4.2. Anchuras de carril.	35
3.2.4.3. Despejes laterales.	35
3.2.4.4. Existencia de puntos de accesos directos a lo largo de la carretera.	36
3.2.4.5. Circulación compuesta únicamente por vehículos ligeros.	36

3.2.4.6.	Velocidad libre.	36
3.3.	Nivel de servicio.	37
3.3.1.	Definición de nivel de servicio.	37
3.3.2.	Clasificación de los niveles de servicio.	38
3.3.3.	Medida de efectividad.	44
3.3.3.1.	Velocidad y tiempo de viaje.	44
3.3.3.2.	Densidad.	44
3.3.3.3.	Demora.	45
3.3.4.	Razones de flujo de servicio y volúmenes de servicio.	45
3.4.	Ajuste de capacidad y nivel de razón de flujo de servicio para reflejar condiciones prevalecientes.	46
3.4.1.	Condiciones geométricas que afectan la capacidad y los niveles de flujo de servicio.	46
3.4.1.1.	Alineamiento vertical y horizontal.	46
3.4.1.2.	Ancho de carril y libertad lateral.	46
3.4.1.3.	Porcentaje (%) de pendiente	47
3.4.2.	Condiciones prevalecientes del tránsito que afectan la capacidad.	47
3.4.2.1.	Distribución direccional.	47
3.4.2.2.	Vehículos pesados en el tránsito.	47
3.4.2.3.	Camiones.	47
3.4.2.4.	Vehículos recreacionales.	48
3.4.2.5.	Buses extraurbanos.	48
3.4.2.6.	Buses locales del área.	48
3.4.3.	Condiciones prevalecientes de control que afectan la capacidad.	48
3.4.3.1.	Límites de velocidad.	48

CAPÍTULO IV: CAPACIDAD VEHICULAR POR EL MÉTODO (HCM)

4.1.	Antecedentes.	49
4.2.	Principales características de la versión del HCM 1994 en carreteras de dos carriles.	53
4.2.1.	Metodología.	53
4.2.1.1.	Análisis de la circulación.	59

4.2.1.1.1.	Uso del factor de hora punta.	59
4.2.1.1.2.	Análisis de tramos normales.	62
4.2.2.	Procedimientos de aplicación.	67
4.2.2.1.	Análisis de la circulación de segmentos con condiciones geométricas normales.	68
4.3.	Principales características de la versión del HCM-2000 en carreteras de dos carriles.	72
4.3.1.	Metodología.	72
4.3.1.1.	Capacidad.	73
4.3.1.2.	Nivel de servicio.	74
4.3.2.	Limitaciones de la metodología.	76
4.3.3.	Segmentos en dos sentidos (two-way segments).	77
4.3.3.1.	Determinación de la velocidad a flujo libre (FFS).	77
4.3.3.1.1.	Velocidad a flujo libre medida en campo FFS.	78
4.3.3.1.2.	Velocidad a flujo libre estimada, FFS.	79
4.3.3.2.	Determinación de la demanda de tasa de flujo. Vp.	82
4.3.3.2.1.	Factor de hora pico FHP.	82
4.3.3.2.2.	Factor de ajuste por pendiente (FG).	83
4.3.3.2.3.	Ajuste por vehículos pesados (FHV).	84
4.3.3.3.	Determinación de la velocidad promedio de recorrido, ATS.	87
4.3.3.4.	Determinación del porcentaje de demora en tiempo (PTSF).	88
4.3.3.5.	Determinación de los niveles de servicio (LOS).	91
4.3.3.6.	Otras medidas de tráfico.	91

CAPÍTULO V: APLICACIÓN Y PRÁCTICA

5.1.	Ubicación del tramo en estudio.	94
5.2.	Características de los tramos en estudio.	96
5.3.	Proceso de obtención de datos.	99
5.4.	Determinación de las propiedades físicas y geométricas del	99

tramo.	
5.5. Determinación de puntos de aforo.	102
5.6. Aforo de volúmenes de tráfico.	103
5.7. Medición de velocidades puntuales.	104
5.8. Determinación de relaciones entre factores fundamentales.	106
5.9. Fase de gabinete.	107
5.9.1. Recopilación de datos.	107
5.9.2. Proceso de obtención de datos.	132
5.9.3. Análisis y determinación de la capacidad y nivel de servicio de los tramos con las dos metodologías.	137
5.9.3.1. Metodología HCM 1994.	137
5.9.3.2. Metodología HCM 2000.	147
5.9.4. Relación de la velocidad media puntual con el nivel de servicio.	156
5.9.5. Análisis y síntesis de resultados.	162
5.9.6. Valoración de los resultados y validación de aplicación en las vías de estudio.	165
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1. Conclusiones.	166
6.2. Recomendaciones.	171

ÍNDICE DE TABLAS

1.6-1. Relación volumen capacidad para cada nivel de servicio.	8
1.6-2. Relación nivel de servicio VMR – PTSF.	8
2.2-1. La velocidad media temporal y la velocidad media espacial.	13
2.2-2. Volumen Horario.	15
4.2-1. Niveles de servicio para tramos de carreteras de dos carriles de características geométricas normales. Valores de la relación I/C.	55
4.2-2. Criterios de nivel de servicio para rampas singulares.	56
4.2-3. Reparto del tráfico por sentidos.	58
4.2-4. Factores de hora punta para carreteras de dos carriles basados en circulación aleatoria.	61
4.2-5. Factores de ajuste del reparto por sentidos en tramos de características geométricas normales.	66
4.2-6. Factores de ajuste para el efecto combinado de la anchura de los carriles y arcenes, f_A .	66
4.2-7. Equivalentes en vehículos ligeros de camiones, vehículos de recreo y autobuses para carreteras de dos carriles en tramos de condiciones geométricas normales.	67
4.3-1. Criterio del LOS para carreteras de dos carriles Clase I.	75
4.3-2. Criterio del LOS relación para carreteras de dos carriles Clase I.	75
4.3-3. Criterio del LOS para carreteras de dos carriles de Clase II.	76
4.3-4. Ajuste (f_{LS}) por ancho de carril y berma.	80
4.3-5. Ajuste (f_A) para densidad de puntos de acceso.	81
4.3-6. Factor de ajuste por pendiente (f_G) para determinar velocidades en segmentos en dos sentidos y segmentos direccionales.	83
4.3-7. Factor de ajuste por pendiente (f_G) para determinar porcentaje de tiempo de seguimiento en segmentos en dos sentidos y direccional.	84
4.3-8. Equivalencias de vehículos livianos para pesados E_t y recreacionales E_r para determinar velocidades en segmentos en dos sentidos y segmentos direccionales.	85

4.3-9. Equivalencias de vehículos livianos para pesados Et y recreacionales Er para determinar tiempos de seguimiento en segmentos en dos sentidos y segmentos direccionales.	86
4.3-10. Ajuste (fnp) por el efecto de zonas de no-adelantamiento sobre la velocidad en segmentos en dos sentidos.	89
4.3-11. Ajuste (fd/np) por el efecto combinado de la distribución de tráfico y el Porcentaje de zonas de no-adelantamiento en el porcentaje de demora en tiempo sobre segmentos en dos sentidos.	90
5.4-1. Propiedades físicas y geométricas tramo 1 (Tomatitas – Cruce Santa Bárbara).	101
5.4-2. Propiedades físicas y geométricas tramo 2 (Cruce Santa Bárbara – San Lorenzo).	101
5.9-1. Ubicación de las estaciones de aforos.	107
5.9-2. Resumen de aforos volumétricos medios por horas (remarcado volumen horario máximo).	132
5.9-3. Resumen de velocidades medias por horas.	134
5.9-4. Resumen velocidades medias por tipo de vehículo.	134
5.9-5. Resumen de aforos volumétricos medios por horas (remarcado volumen horario máximo).	135
5.9-6. Resumen de aforos velocidades medias por horas.	136
5.9-7. Resumen velocidades medias por tipo de vehículo.	136
5.9-8. Nivel de servicio HCM ambas metodologías.	164

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1-1. Flujo vehicular.	9
2.2-1. Relación entre las velocidades medias temporal y la espacial.	13
2.2-2. Relación entre los tres parámetros básicos.	17
2.2-3. Intervalos entre vehículos.	20
2.2-4. Densidad o concentración.	21
2.2-5. Espaciamientos entre vehículos.	22
3.1-1. Razón de flujo versus velocidad promedio de viaje.	26
3.1-2. Razón de flujo versus % de tiempo utilizado en seguir.	27
3.1-3. Vista típica de un carril de rebase.	27
3.3-1. Nivel de servicio A.	39
3.3-2. Nivel de servicio B.	40
3.3-3. Nivel de servicio C.	41
3.3-4. Nivel de servicio D.	42
3.3-5. Nivel de servicio E.	43
3.3-6. Nivel de servicio F.	44
3.3-7. Nivel de servicio para flujo ininterrumpido.	45
4.2-1. Formulario para análisis de la circulación de tramos genéricos.	71
4.3-1. Metodología básica para carreteras de dos carriles.	73
4.3-2. Hoja de trabajo para carreteras de dos carriles.	93
5.1-1. Tramo 1 (Tomatitas – Cruce Santa Bárbara).	94
5.1-2. Tramo 2 (Cruce Santa Bárbara – San Lorenzo).	95
5.2-1. Fotografías tramo puente Tomatitas - Cruce Santa Bárbara.	97
5.2-2. Fotografías tramo Cruce Santa Bárbara – San Lorenzo.	98
5.4-1. Elementos que conforman una vía.	100
5.4-2. Fotografías determinación en campo de características geométricas de la vía.	101
5.6-1. Planilla de aforos.	103
5.6-2. Fotografías aforo vehicular.	104
5.7-1. Figura medición de velocidades.	105

5.9-1. Ubicación de las estaciones de aforos.	108
5.9-2. Configuración vehicular por tipo de ejes.	109
5.9-3. Composición vehicular.	133
5.9-4. Velocidades medias según el tipo de vehículo.	134
5.9-5. Composición vehicular.	135
5.9-6. Velocidades medias según el tipo de vehículo.	136
5.9-7. Vehículos tipo Clase I y Clase II.	151
5.9-8. Relación entre nivel de servicio y velocidad media forma gráfica	159
Tramo 1.	
5.9-9. Relación entre nivel de servicio y velocidad media forma gráfica	161
Tramo 2.	

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Configuración vehicular por tipo de ejes.

Anexo 2. Aforos volumétricos.