

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El tráfico vehicular en la ciudad de Tarija ha ido aumentando considerablemente y en sus vías de acceso se ha desarrollado conjuntamente, lo que lleva a la necesidad de tomar medidas para evaluar el desempeño operacional de las mismas, y con ello ofrecer alternativas de mejora además de contribuir a estudios posteriores.

Estudios estadísticos en Bolivia sitúan a la ciudad de Tarija en tercer lugar en crecimiento vehicular además señala que por mes en la ciudad incrementa de 300 a 400 vehículos.

En la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se han desarrollado proyectos de grado en las principales zonas de acceso a la ciudad de Tarija. Se han hecho estudios en los accesos norte y sur de la ciudad, como ser capacidad y nivel de servicio, análisis de tráfico pesado, pero todos se los han realizado hace más de 10 años. Por lo que es necesario realizar estudios de ingeniería de tráfico para poder plantear soluciones técnicas a la situación problemática que se vive en la actualidad.

En la actualidad los vehículos pesados influyen en el tránsito en los accesos de la ciudad, ya que por la carga pesada que transportan y sus dimensiones generan bajas velocidades, dificultades de movilidad y maniobrabilidad. Y es uno de los principales causales de congestamiento sobretodo en horas pico.

El aporte académico que se pretende es el de obtener las condiciones actuales de tránsito en los accesos a la ciudad de Tarija en base a la evaluación de volúmenes de vehículos pesados por medio de aforos utilizando los manuales para vías suburbanas, HCM y AASTHO y teniendo como guía la norma de la administradora Boliviana de carreteras (ABC). Esto con el fin de desarrollar un proyecto cumpliendo todos los parámetros de la norma aplicada para vías urbanas, llevando a cabo todos los conceptos académicos y técnicos para posteriormente proponer alternativas técnicas de solución a las falencias encontradas.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Para un análisis más concreto y preciso, se utilizara el método de aforo manual que consiste en la obtención de datos de volúmenes del tránsito a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tránsito. Los aforadores manuales son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos y es que en nuestro medio no contamos con los equipos adecuados para utilizar el método de aforo o recuento automático.

A través de planillas de conteo de vehículos según sus características, los aforos se realizaran por el periodo de cinco semanas aproximadamente con los manuales para vías urbanas, HCM y AASTHO ya que en nuestro País son las normas más difundidas y que por el tiempo de aforo permite obtener mayor cantidad de datos para tener resultados puntuales, además la norma Boliviana para carreteras (ABC) conserva como base dichas guías Americanas.

Con la presente investigación se pretende dar soluciones técnicas al problema de tránsito generada por la circulación de vehículos pesados en los accesos norte y sur.

El acceso norte Tomatitas se presenta el mayor problema porque las características de la vía no son las adecuadas para el tránsito de vehículos pesados, y al ser esta la única vía de ingreso de vehículos que llegan del interior del País genera congestionamiento, demoras y velocidades bajas de flujo, por lo que el nivel de servicio de la vía es próximo a ser inestable.

En el acceso sur la triple vía hace que se tenga un buen nivel de servicio, no obstante necesita estudios de Ingeniería de Trafico para una mejor funcionalidad y para facilitar estudios posteriores que se vayan a realizar como es la segunda circunvalación.

Con los estudios de volúmenes e ingeniería de tráfico se busca brindar seguridad, un mejor nivel de servicio a los usuarios de la vía, tanto conductores como peatones. Pero sobretodo se pretende mejorar las condiciones de tránsito en los accesos norte y sur de la ciudad de Tarija.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tráfico o tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una determinada vía. La ingeniería de tráfico tiene como objetivo fundamental lograr un flujo de tráfico eficiente para optimizar el uso de esa infraestructura vial. En base estudios y evaluaciones previas.

Los vehículos pesados por sus características de dimensiones y carga que transportan generan bajas velocidades y problemas de movilidad, inmersa en un tránsito denso en determinadas horas.

El conjunto de estos factores son determinantes para establecer las condiciones de flujo dentro de un estudio de tráfico.

El congestionamiento debido al alto volumen de vehículos pesados llega a ser un problema de todos (peatones, conductores y sociedad en general), ya que si bien se presenta con mayor énfasis en algunos horarios, en un futuro puede afectar tanto en lo económico, como en aspectos de salud.

La evaluación del volumen de vehículos pesados en las vías de acceso norte y sur de la ciudad de Tarija, podrá definir la calidad y condiciones actuales de flujo vehicular, y en futuro optimizar el tránsito de dichas vías.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto que tiene el volumen de vehículos pesados, en los accesos Norte y Sur de la ciudad de Tarija?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el volumen de vehículos pesados en los accesos norte y sur de la ciudad de Tarija para establecer las condiciones de tránsito y plantear alternativas viales de solución.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar aforos manuales para la obtención de los volúmenes de vehículos de carga pesada por el método AASTHO.
- Identificar las horas pico en los accesos norte y sur de la ciudad de Tarija.
- Hacer un análisis vehicular en cada uno de los accesos estudiados.
- Plantear alternativas viales de solución, para la evacuación de vehículos de carga pesada.
- Establecer el nivel de servicio en las vías de acceso norte y sur de la ciudad de la Tarija.

1.5 HIPÓTESIS

La evaluación del volumen de vehículos pesados que transitan por los accesos norte y sur y un respectivo análisis de Ingeniería de tráfico, permitirá identificar las condiciones actuales de tránsito y así disponer de alternativas viales de solución pertinentes y oportunas que mejoren las condiciones de flujo vehicular en estas zonas.

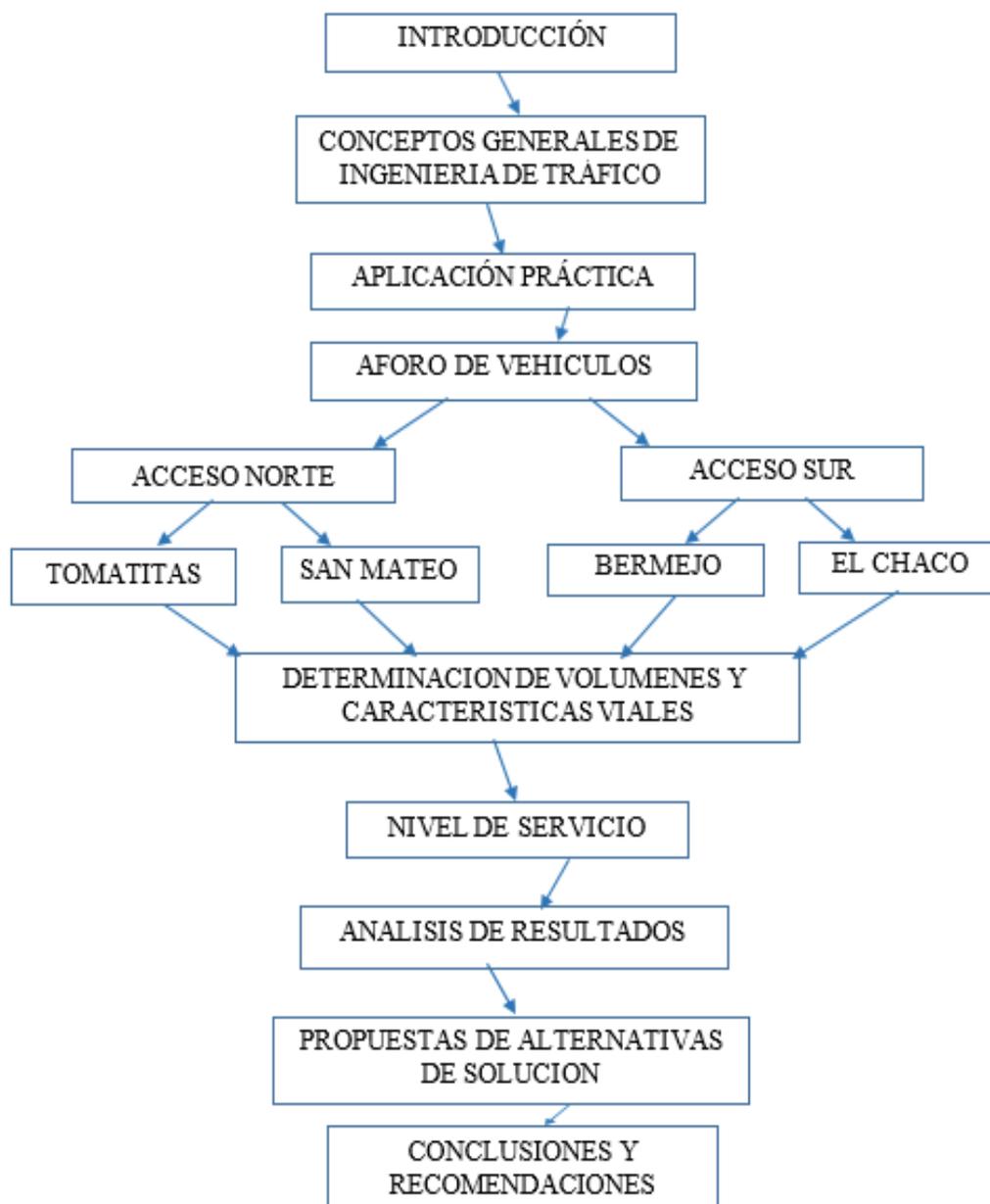
1.6 ALCANCE

Con el presente estudio se pretende establecer las condiciones de tránsito vehicular, capacidad y nivel de servicio en las vías de acceso norte y sur de la ciudad de Tarija que forman parte de la red vial nacional, en base a información recopilada en campo y utilizando el método de aforo manual de acuerdo a normativa AASTHO , con miras a plantear alternativas viales de solución a las deficiencias encontradas y contribuir a la planeación y diseño de posibles intervenciones futuras en todas las vías analizadas.

1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

1.7.1 Determinación del esquema lógico estructural

Figura nro 1. Esquema lógico estructural



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS GENERALES DE INGENIERÍA DE TRÁFICO

2.1 INGENIERÍA DE TRÁFICO

La Ingeniería de Tráfico es una rama de la Ingeniería cuyo objetivo es estudiar, analizar y dar soluciones a la problemática del transporte y mejorar las condiciones de tránsito. Se entiende por transporte a toda forma o medio de llevar de un punto a otro, pasajeros o carga.

2.2 VOLÚMENES DE TRÁFICO

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una determinada carretera o calle en un periodo de tiempo definido que normalmente puede ser 1 hora, 1 día, dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

2.2.1 Tránsito promedio diario (TPD)

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más.

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

2.2.2 Tránsito promedio horario (TPH)

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo dado la posibilidad de que ese valor máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

2.3 COMPOSICIÓN DEL VOLUMEN

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico. Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en automóviles camiones autobuses y motocicletas y bicicletas. Entendiéndose por automóviles a todos aquellos que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas como los autos, jeeps y camionetas pequeñas.

En camiones, se tendrá los pequeños, medianos y grandes diferenciándose por su capacidad de carga.

Los autobuses livianos y pesados serán diferenciados por la capacidad de pasajeros que puedan transportar.

Todo esto de acuerdo a los vehículos y sus características que circulan en nuestro medio, pero según el manual de la norma AASHTO se tiene seis vehículos tipo que según la nomenclatura utilizada en dicha norma son los siguientes, El vehículo tipo P corresponde a la categoría de vehículos livianos, que representa el automóvil. El vehículo representativo de las unidades de transporte colectivo, representado por el autobús sencillo, corresponde al tipo bus. El camión de tres ejes no aparece en la clasificación de la AASHTO, pero puede asimilarse al camión sencillo de dos ejes identificado como SU, por ser más restrictivo que los vehículos articulados. En la

categoría de vehículos articulados de carga se puede escoger para diseño, por semejanza, el vehículo tipo WB-19 (Semirremolque Interestatal), que utiliza un semirremolque de 14.6 metros de largo (48 pies) y fue adoptado como vehículo de diseño según la ley federal norteamericana de Transporte por Superficie de 19821, aunque igualmente se puede considerar el vehículo tipo WB-20 que está provisto de un semirremolque de 16.2 metros de longitud (53 pies), que en algunas esporádicas ocasiones ha hecho presencia en la carreteras de la región.¹

2.4 DIMENSIONES DE LOS VEHÍCULOS (METROS)

Tabla nro 1. Dimensiones de los vehículos según la norma AASHTO².

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2,6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7 (16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

¹ American Association of State Highway and Transportation Officials (1993).

² AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

Motocicletas y bicicletas si bien son parte del tráfico, no están incluidos en el volumen total representadas por el TPD o el TPH.

Dimensiones Máximas Permitidas para vehículos pesados según el artículo 12 de ley 441 de control de pesos y dimensiones vehiculares en la red vial fundamental.

Tabla nro 2. Alturas máximas permitidas según norma (ABC)³

Dimensiones	Tipo de vehículo	Metros
Ancho máximo	todos	2.60
Altura máxima	Camiones	4.20
		
	Furgones y Contenedores	4.30
		
Buses	4.20	
		

³ Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia.

Tabla nro 3. Dimensiones máximas permitidas según la norma (ABC)⁴

Dimensiones	Tipo de vehículo	Metros
Longitudes totales máximas	Camiones de dos ejes	12
		
	Camiones con más de 2 ejes	12.50
		
Buses	14	
		
Camiones con semirremolque	18.60	
		

⁴ Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia.

Este tipo de la clasificación de la composición no es rígida pudiendo establecerse la más adecuada para un proyecto en particular de una carretera o una calle.

Es necesario conocer los porcentajes de cada tipo de vehículos que circulan para analizar los efectos que estos producen como ser: el porcentaje de vehículos pesados que ejercerán una disminución de la capacidad de una ruta reducirán las velocidades de circulación, requerirán mayor espacio para las maniobras.

2.5 EL TRÁNSITO DE LA HORA PICO O DE PUNTA

Siendo el TPD una medida muy genérica de la intensidad del tránsito a lo largo de un día, se vuelve necesario tomar en debida cuenta las variaciones extremas que registra el movimiento vehicular a lo largo de las veinticuatro horas del día, para seleccionar las horas de máxima demanda como base más apropiada para el diseño geométrico de las carreteras.

2.6 EL FACTOR DE HORA PICO, FHP

El factor de hora pico o FHP, se expresa como la relación que siempre será igual o menor que la unidad, entre la cuarta parte del volumen de tránsito durante la hora pico y el volumen mayor registrado durante el lapso de quince minutos dentro de dicha hora pico. O sea que al afectar los volúmenes horarios de diseño por este factor, se están asumiendo las condiciones más exigentes de la demanda, a las cuales debe responder la propuesta de solución de reconstrucción, mejoramiento o ampliación de una carretera determinada.

La decisión de afectar o no el volumen horario de diseño por este factor, muy utilizado en los cálculos de capacidad y niveles de servicio, depende del grado en que las fluctuaciones del movimiento vehicular durante la hora máxima, por su relevante significación, afectan las decisiones operativas y de diseño de la carretera. En muchas soluciones viales en el área rural, los analistas se limitan a examinar las condiciones promedio durante la hora pico. En general, se considera que cuando el FHP es menor de 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán sustancialmente.

2.7 VARIACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TRÁFICO

Nos referiremos a las variaciones periódicas que sufre el volumen de tráfico en las horas del día, los días de la semana, los meses del año y en el sentido de la circulación.

2.7.1 Variaciones horarias

El volumen de tráfico es diferente a lo largo de las horas del día pudiendo existir horas de máximo flujo, horas de flujo medio, etc.

2.7.2 Variaciones diarias

A lo largo de los días de la semana el volumen de tráfico es diferente generalmente presentándose estas diferencias entre los días hábiles de trabajo y los días no hábiles y feriados que existen. Esta variación diaria permitirá establecer una metodología más adecuada del control de la circulación en los días de máximo volumen.

2.7.3 Variación semanal

Esta variación está ligada a las estaciones del año, puede existir una leve variación entre los volúmenes de tráfico.

2.7.4 Variación mensual

A lo largo de los meses del año puede existir una variación del volumen de tráfico, generalmente por épocas relacionadas con las estaciones del año y con los periodos vacacionales, es decir los meses de vacaciones, fiestas de fin de año o los meses de verano son los que tienen un incremento en los volúmenes.

2.7.5 Variaciones por sentido

En carreteras o calles que tengan ambos sentidos de circulación también es importante establecer las variaciones que estas tienen, aunque normalmente deben tener valores similares algunas características muy particulares podrían hacer variar la cantidad por Sentido.

2.8 CONTEOS O AFOROS VEHICULARES

El conteo o aforo vehicular es una forma de caracterizar el tránsito. Este procedimiento se debe realizar en días típicos (laborales, no laborales, festivos, fines de semana, etc.) En los cuales se puedan obtener resultados representativos para la caracterización del tránsito en la zona en estudio.

El recuento de volúmenes se puede realizar de dos formas:

- Recuento automático
- Recuento manual

2.8.1 Recuento automático

Se considera recuento automático cuando se utiliza un contador automático que en base a pulsaciones eléctricas acciona un contador conectado a una membrana que esta transversal a la calzada, que a cada paso de un vehículo se va a accionar un pulso eléctrico que hará avanzar el contador. Este tipo de recuento es más utilizado en carreteras y no así en trazos urbanos debido a las particularidades que este último tiene.

La contadora automática de volúmenes pueden ser registrados en forma horaria, diaria mensual o anual, normalmente el mayor uso de los contadores automáticos son para llevar registros diarios que a través de una lectura inicial y otra final se pueden obtener diariamente lo que no proporciona este tipo de recuento es el tipo de vehículo que ha sido registrado, tampoco se registra el número de ejes de cada uno de los vehículos; en algunos proyectos puede ser indispensable conocer el porcentaje de vehículo pesados o conocer cual el porcentaje de vehículos que tienen más de dos ejes, este tipo de datos no es posible conseguirlos con un recuento automático pero si es muy útil el recuento automático para tener valor de TPD (transito promedio diario).

2.8.2 Recuento manual

Si se quiere tener una información mucho más explícita sobre el tipo de vehículos, el número de ejes, el volumen por cada sentido, el volumen por cada carril, etc.

El recuento manual resulta ser más efectivo, aunque ello requiere de mucho más personal; como ser operadores o aforadores, en definitiva representa un mayor presupuesto.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos de corta duración o en forma periódica realizada en algunos tramos de carreteras importantes.

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

2.9 PERIODO DE RECuento

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento según la periodicidad.

- Permanente
- Periódicos
- De tiempo específico

2.9.1 Recuentos permanentes

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera, que van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, y así obtener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia.

2.9.2 Recuento periódico

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes, es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos generalmente se los realiza en el tiempo de un mes y de tres veces al año.

2.9.3 Recuento de tiempo específico

La ejecución de estudios de diseño de carreteras, diseño de trazos urbanos, evaluación de carreteras ya existentes, evaluación de trazos urbanos, estudios de variantes y ampliaciones, por ser proyectos específicos involucran a un tramo definido o a un sector del trazo urbano definido. Los recuentos en tiempos específicos pueden ser útiles en su información para correlacionar con los datos ya existentes y coadyuvar a la toma de decisiones para dichos proyectos, se pueden tener 5 días o 30 días de recuento constante es decir las 24 horas del día, para posteriormente procesar esa información proyectándola a volúmenes diarios, mensuales y anuales, de acuerdo a la variabilidad que pueda tener el volumen en diferentes épocas del año se elegirán la época más adecuada más significativa.

2.10 TIPOS DE VEHÍCULOS Y SUS CARACTERÍSTICAS

El vehículo ha tenido desde sus inicios una constante transformación en cuanto a sus características físicas de ancho y largo sin embargo la tendencia actual es la de estandarizar estas dimensiones en todas las fabricas habiendo la tendencia de reducir la dimensiones y aumentar la potencia y velocidad.

Estas dimensiones sin embargo varían de acuerdo a los tipos de vehículos considerando como tipos de vehículos a los automóviles, camiones y autobuses, Los automóviles los consideramos aquellos que tienen 4 ruedas en los que están incluidos los denominados Jeeps y camionetas pequeñas; los camiones son aquellos que los consideramos para transporte de carga normalmente tienen 6 ruedas o más, estos pueden ser simples o combinados, los simples son los que tienen solo dos ejes y los combinados son los que tienen más de dos ejes que pueden tener remolque o semirremolque. Finalmente autobuses consideramos a los vehículos para transporte de pasajeros con una capacidad de más 24 personas.

A continuación indicaremos las dimensiones más comunes de acuerdo a los tipos de vehículos.

2.10.1 Automóviles

Tabla nro 4. Dimensiones de los vehículos en nuestro medio⁵

Dimensión	Máxima (mts)	Mínima (mts)
Ancho	2.06	1.14
Largo	6.0	4.56
Alto	1.75	1.25

2.10.2 Camiones

Dimensión	Máxima (mts)	Mínima (mts)
Ancho	2.44	1.88
Largo	11.0	5.75
Alto	3.81	1.75

2.10.3 Autobuses

Dimensión	Máxima (mts)	Mínima (mts)
Ancho	2.44	2.44
Largo	12.25	7.15
Alto	2.90	2.44

⁵ Johnny Orgaz, Guía para Proyectos de Ingeniería de Trafico,. Tarija, Bolivia.

2.11 NIVELES DE SERVICIO

El nivel de servicio es un indicador cualitativo utilizado para medir la calidad y las condiciones del flujo vehicular, descrito en factores como velocidad, seguridad, comodidad, libertad del conductor para maniobrar, tiempo de recorrido, entre otros elementos que permitan evaluar el servicio de la vía.

De acuerdo a la norma HCM 2000 que es la base para el desarrollo de la norma Boliviana de la (ABC) Administradora Boliviana de carreteras, los niveles de servicio son los siguientes.

2.11.1 Nivel de servicio A

Es aquel que por sus condiciones de circulación son de flujo libre, bajos volúmenes y altas velocidades hay poco o nada de limitación de maniobras por la presencia de otro vehículo, existiendo pocos o nulos retardos.⁶

Figura nro 2. Nivel de servicio A⁷



⁶ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

⁷ Elaboración propia.

2.11.2 Nivel de servicio B

Es aquel cuyas condiciones de circulación tiene un flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser restringidas pero con cierta libertad para definir su velocidad y su carril. Al existir un mayor volumen se hace algo más restringidas las maniobras de los vehículos.⁸

Figura nro 3. Nivel de servicio B⁹



2.11.3 Nivel de servicio C

Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebase. Sin embargo se considera todavía en condiciones apropiadas de circulación y por ello se ha establecido que este nivel de servicio es el más adecuado y equilibrado para fines de diseño.¹⁰

⁸ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

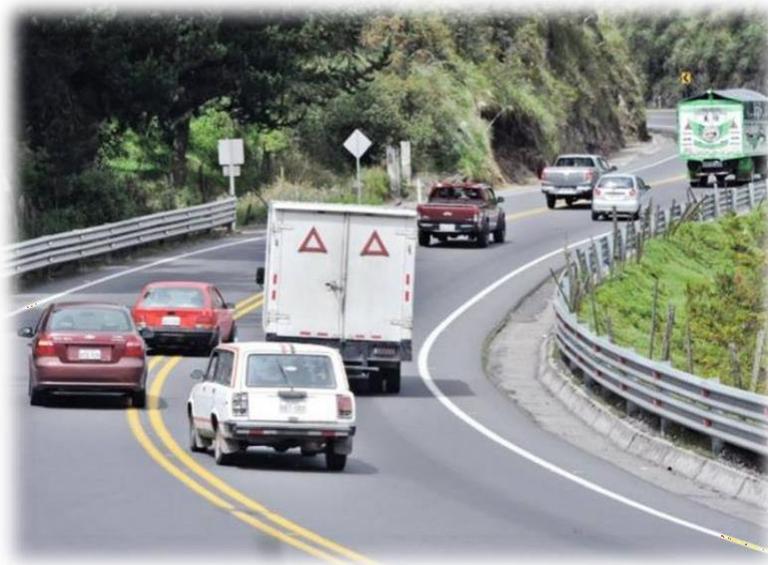
⁹ Elaboración propia.

¹⁰ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

Figura nro 4. Nivel de servicio C¹¹

2.11.4 Nivel de servicio D

Las condiciones de circulación se acercan a un flujo inestable, con velocidades de circulación bajas, las fluctuaciones de volúmenes son mayores y por tanto las restricciones de maniobras muy frecuentes.¹²

Figura nro 5. Nivel de servicio D¹³

¹¹ Elaboración propia.

¹² Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

¹³ Elaboración propia.

2.11.5 Nivel de servicio E

Las condiciones de tráfico prácticamente son inestables las velocidades de operación son bajas, los volúmenes ya están cerca de la capacidad de la carretera y calle y pueden existir demoras o paradas de duración pequeña.¹⁴

Figura nro 6. Nivel de servicio E¹⁵



2.11.6 Nivel de servicio F

En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado.

Las condiciones generales de operación para los niveles de servicio, se describen sumariamente de la siguiente manera.¹⁶

¹⁴ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

¹⁵ Elaboración propia.

¹⁶ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC.

Figura nro 7. Nivel de servicio F¹⁷Tabla nro 5. Descripción de los niveles de servicio¹⁸

Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

¹⁷ Elaboración propia.

¹⁸ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

El presente proyecto de grado tiene el propósito de aportar datos de Volúmenes de vehículos en los principales accesos de la Ciudad de Tarija que serán extraídos a partir de recuentos o aforos manuales realizados en base a normas establecidas como la norma AASTHO y HCM.

Con los datos de volúmenes, velocidades podremos determinar los niveles de servicio de las vías en estudio.

Niveles de servicio que serán de gran de ayuda para estudios posteriores o mejoras que se pretendan realizar en lo posterior.

La evaluación de volúmenes de vehículos Pesados mostrara las deficiencias de las vías estudiadas, por lo que se harán propuestas técnicas para el mejoramiento del tránsito en los accesos norte y sur de la ciudad de Tarija.

2.12 TIPOS DE VÍAS Y SUS CARACTERÍSTICAS NORMA AASTHO

La clasificación funcional agrupa a las carreteras según la naturaleza del servicio que están supuestas a brindar, lo cual a su vez tiene íntima relación con la estructura y categorización de los viajes. La realización de un viaje normal de origen a destino, del hogar al trabajo, implica el escalamiento gradual en la estructura de la red, para movilizarse por carreteras de menor a mayor intensidad de movimiento, para luego invertir la relación hasta alcanzar el lugar donde completa su recorrido. Esto trae a cuenta los dos elementos esenciales para la clasificación de las carreteras, según que su función primordial sea de brindar movilidad, acceso o un balance de ambas características de los viajes.

Cuando la función que se persigue es predominantemente de movilidad, la mejor ilustración la ofrecen las autopistas, que están previstas para facilitar el desplazamiento a distancias relativamente grandes, en volúmenes considerables y a las mayores velocidades compatibles con el medio. En las áreas urbanas y suburbanas se evalúa la funcionalidad de estas instalaciones por los tiempos efectivos de viaje.

A mayor pretensión de movilidad, mayor sacrificio habrá en los accesos, que estarán muy controlados por restricciones físicas y operativas.

Por otra parte, la función de acceso de una carretera, tipificada por un camino vecinal o una calle local, dice de una red bastante densa de vías, con generosa accesibilidad a las propiedades colindantes o dentro de su limitada área de influencia, modesta demanda del tránsito de paso y velocidades moderadas de operación.

2.12.1 Autopistas

Las autopistas son carreteras cuya función principal es de movilidad, no de acceso. En un sistema vial desarrollado.

Las autopistas según su ubicación se dividen en dos grupos:

2.12.1.1 Autopistas urbanas

Las autopistas urbanas son capaces de soportar elevados volúmenes de tránsito. Estas autopistas pueden llegar a contar con un sinnúmero de carriles de circulación, aunque la solución más frecuente consta de dos y tres carriles en una sola dirección.

2.12.1.2 Autopistas rurales

Siendo catalogada una autopista como la categoría superior en la tipología de las carreteras regionales, debe proyectársele para altas velocidades de diseño, con un máximo razonable de 110 kilómetros por hora. Una velocidad tal de diseño debe usarse.

2.12.2 Carreteras troncales

2.12.2.1 Las carreteras troncales suburbanas

Están concebidas fundamentalmente para atender demandas de tránsito que, al término del período de diseño, alcanzarán volúmenes comprendidos entre 10,000 y 20,000 vehículos promedio diario. Se localizan entre las ciudades dormitorio y las capitales, de las cuales dichas ciudades son tributarias, o entre áreas proyectadas para alcanzar un llamativo desarrollo económico.

Los accesos se permiten directamente, excepto cuando se desea introducir algún grado de control de los mismos para favorecer la fluidez del tránsito de paso, reservándose espacios y diseños adecuados para estacionamiento y movimientos peatonales longitudinales. La construcción de calles marginales a estas carreteras es altamente recomendable, cuando se desea destacar su función de movilidad.

2.12.2.2 Las carreteras troncales rurales

Constituyen los ejes principales y de mayor significación en la estructura de la red regional de un País o Departamento. Se desarrollan con recorridos que se extienden a lo largo y ancho de todo el estado , por lo que el entorno que les corresponde es variable, así como también son variables los rangos en los volúmenes de tránsito que sirven y que, al año de diseño, podrían llegar hasta los 20 ,000 vehículos por día promedio

2.12.3 Carreteras Colectoras

2.12.3.1 Las carreteras colectoras suburbanas

Mantienen un sensible balance entre su función de acceso a las propiedades colindantes y su importante función complementaria de movilidad. Atiende, por consiguiente, una demanda de tránsito similar a las troncales rurales, ya que por el límite superior pueden alcanzar hasta los 10,000 vehículos por día. Al mismo tiempo, estas carreteras están ligadas a los movimientos generados por las áreas urbanas, canalizando tránsito hacia otras vías y dando acceso a terrenos y propiedades colindantes, por lo que su demanda vehicular puede disminuir sensiblemente. Este tipo de vías estará dotado de una sección transversal provista de dos a cuatro carriles de circulación, para la atención del tránsito en ambos sentidos.

2.12.3.2 Las carreteras colectoras rurales

Generalmente sirven al tránsito con recorridos de menores distancias relativas, que se mueve entre ciudades, pueblos, sirve así mismo como alimentador de las arterias troncales y de las colectoras suburbanas. La velocidad en estas vías es moderada comparada con las arterias de tránsito mayor.

Las colectoras amplían la zona de influencia de la red principal, por cuanto mueven el tránsito que se origina en zonas agrícolas y ganaderas importantes, centros de educación con significativo movimiento de estudiantes y áreas industriales. Sus volúmenes de tránsito para diseño se ubican entre los 10,000 y 10,500 vehículos promedio diario.

El siguiente cuadro muestra la guía recomendada por la AASHTO, para seleccionar el nivel de servicio de una carretera, en función de su tipología y las características del terreno.¹⁹

Tabla nro 6. Nivel de servicio según la tipología del terreno²⁰

Tipo de carretera	Tipo de área y nivel de servicio apropiado			
	Rural Plano	Rural Ondulado	Rural Montañoso	Urbano Suburbano
Autopista Especial	B	B	C	C
Troncales	B	B	C	C
Colectoras	C	C	D	D
Locales	D	D	D	D

2.13 CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS POR LA NORMA (ABC)

La clasificación de las vías tienen seis categorías divididas en dos grupos.

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias.
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.²¹

¹⁹ AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

²⁰ American Association of State Highway and Transportation Officials (1993).

²¹ Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia.

2.13.1 Autopistas

Son carreteras nacionales normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalaciones).

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

2.13.2 Autorrutas

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos sub tramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada.²²

²²Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia.

2.13.3 Carreteras primarias

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero central que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde ésta al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional.

2.13.4 Caminos colectores

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados.

2.13.5 Caminos locales

Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente.

2.13.6 Caminos de desarrollo

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar el tránsito permanente entre comunidades lejanas cuando las velocidades sean reducidas.²³

²³ Administradora Boliviana de Carreteras (2014). Manual de control de tránsito. La Paz, Bolivia.

2.14 CAPACIDADES Y NIVELES DE SERVICIO EN CARRETERAS

El procedimiento para el cálculo de las capacidades y niveles de servicio de las carreteras de dos carriles, que con fines ilustrativos se describe a continuación, se basa en la metodología establecida en el indicado Manual de Capacidad de las Carreteras.

Datos de los estudio de tránsito y de las características de la carretera:

- Volumen de tránsito en la hora pico (v , en vehículos por hora).
- Factor de hora pico (FHP).
- Composición del tránsito (porcentaje de vehículos livianos, autobuses, camiones y vehículos recreativos).
- Distribución direccional del tránsito.
- Tipo de terreno, conocido por observación o resultados del estudio preliminar. Las características de la sección longitudinal de una carretera pueden establecerse a través del porcentaje de dicha carretera con visibilidades menores de 450 metros.
- Ancho de carriles y hombros (metros). Dimensiones de alternativas del estudio.
- Velocidad de diseño (kilómetros por hora)

El cálculo del flujo de servicio (S_{fi}) de la carretera se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$S_{fi} = 2800 \times (v/c) \times f_d \times f_w \times f_{hv}$$

Donde:

S_{fi} = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

v/c = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

f_d = Factor de distribución direccional del tránsito.

f_w = Factor para anchos de carril y hombros.

f_{hv} = Factor de vehículos pesados.

Calcular el factor de vehículos pesados, f_{hv} , para cada nivel de servicio, de la siguiente ecuación:

$$f_{hv} = 1 / [1 + PT (ET-1) + PB (EB-1) + PR (ER -1)]$$

Las equivalencias en automóviles para Camiones Pesados (ET), para autobuses (EB) y vehículos recreacionales (ER), afectadas por el alineamiento horizontal, son tomadas de las tablas del Manual de Capacidades. Los factores PT, PB y PR corresponden a la fracción decimal de la proporción de camiones, autobuses y vehículos recreacionales en el volumen de tránsito total.²⁴

²⁴ Highway Capacity Manual HCM (2000). Transportation Research Board. Washington DC, USA.

Tabla nro 7. Relación volumen capacidad, factores tabulados.²⁵

N.S.	Restricción de paso en %																	
	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
A	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
B	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
C	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
D	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
E	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Para la obtención del factor volumen capacidad, debemos asumir un porcentaje de restricción de paso, para nuestro caso será de 20 % ya que según la norma AASHTO sería el valor recomendable para un terreno plano.

Tabla nro 8. Ajuste por distribución direccional del tránsito en carreteras.²⁶

Separación Direccional (%/%)	Factor
50/50	1.00
60/40	0.94
70/30	0.89
80/20	0.83
90/10	0.75
100/0	0.71

²⁵ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

²⁶ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

Tabla nro 9. Factores de Hora Pico (FHP) para Carreteras de dos Carriles.²⁷

Volumen horario (vehículos/hora)	Factor hora pico (FHP)
100	0.83
200	0.87
300	0.90
400	0.91
500	0.91
600	0.92
700	0.92
800-900	0.93
1000-1400	0.94
1500-1800	0.95
1900	0.96

Basados en flujos aleatorios que pueden ser mayor que los resultados de campo.

Tabla nro 10. Factores de ajuste por efecto combinado de carriles²⁸

Hombro (m)	Carril de 3.65m		Carril de 3.35m		Carril de 3.05m		Carril de 2.75m	
	NS A-D	NS E						
1.8	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
1.2	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
0.6	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
0.0	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Para obtener el factor de ajuste por efecto combinado de carriles es necesario conocer las características de la vía como ser el ancho de carril y en ancho de hombro o berma.

²⁷ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

²⁸ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

Tabla nro 11. Automóviles equivalentes por camiones y autobuses²⁹

Tipo de Vehículo	Nivel servicio	Tipo de terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5
Vehículos recreativos, ER	A	2,2	3,2	5
	B-C	2,5	3,9	5,2
	D-E	1,6	3,3	5,2

Los factores de equivalencias según el tipo de vehículo ya vienen tabulados, y para cada nivel de servicio existe un valor ya definido.

²⁹ TRB, Highway Capacity Manual (HCM).

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El departamento de Tarija se encuentra en la región sur de Bolivia, en la latitud $21^{\circ}32'7.76''$ Sur y longitud $64^{\circ}43'46.42''$ Oeste, la ciudad de Tarija pertenece al municipio de Cercado que limita al norte con el municipio de San Lorenzo y al Sur con el municipio de Padcaya.

Figura nro 8. Ubicación del Proyecto

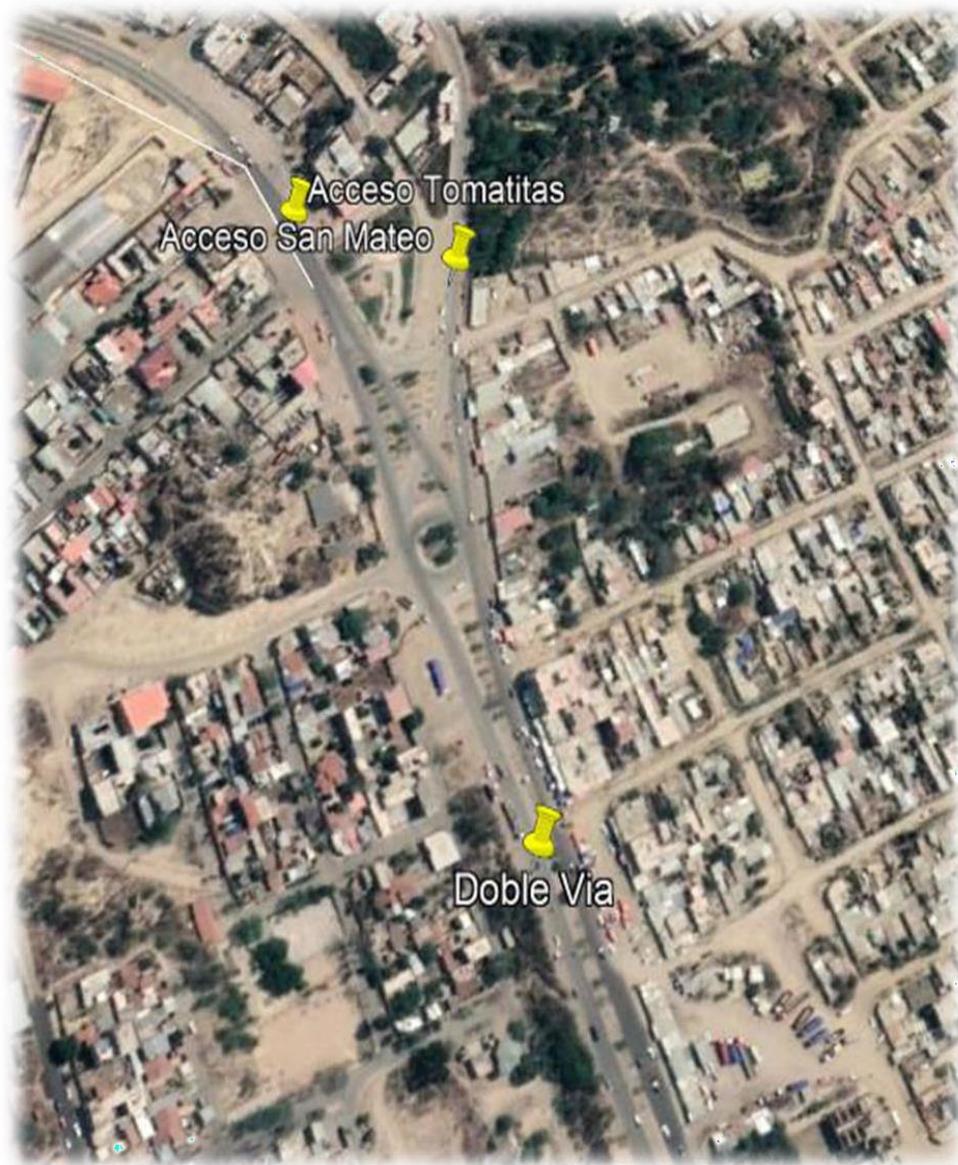


Fuente: www.google.co

3.1.1 Acceso Norte

Para el análisis y la obtención de datos de tráfico se tomaron como puntos de aforo los accesos por Tomatitas, San Mateo, y la avenida doble vía que va desde la rotonda San Mateo y la rotonda del Mástil por su importancia y gran afluencia de vehículos en la zona Norte de la ciudad de Tarija, los puntos de aforos se puede apreciar en la siguiente imagen satelital, se recabaron datos de ingreso y salida de vehículos.

Figura nro 9. Ubicación de aforos en el acceso Norte



Fuente: Google Earth Pro, imágenes satelitales.

3.1.2 Acceso Sur

Los aforos y estudios de tráfico se realizaron en la zona de El Portillo y las vías tomadas en cuenta son el Acceso por la Carretera (Bermejo-Tarija) y el Acceso por la carretera (El Chaco-Tarija) por ser consideradas vías principales de gran afluencia vehicular, además de la triple vía de la cual dos son de sentido Sur a Norte y solo una es de sentido Norte a Sur.

Figura nro 10. Ubicación de Aforos en el acceso Sur



Fuente: Google Earth Pro, imágenes satelitales.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACCESOS

3.2.1 Acceso Norte

Partimos con el estudio de las características en el acceso de ingreso y salida por Tomatitas.

Tabla nro 12. Ancho de carril y berma Tomatitas

Tomatitas	
Ancho de carril	3.35 m
Ancho de berma	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

En el acceso de ingreso y salida por San Mateo se tiene las siguientes características.

Tabla nro 13. Ancho de carril y berma San Mateo

San Mateo	
Ancho de carril	3.35 m
Ancho de berma	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

En la doble vía destinada al flujo de vehículos de tránsito ágil, que va desde la rotonda San Mateo hasta la rotonda del mástil se tiene las siguientes características.

Tabla nro 14. Ancho de carril y berma en la doble vía acceso norte

Acceso norte (Doble vía)	
Ancho de carril	3.65 m
Ancho de berma	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 11. Medición en el acceso Norte



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Acceso Sur

Las características que presentan las vías de acceso, tanto la vía que une Tarija con Bermejo y la vía que une Tarija con el Chaco, tienen las mismas dimensiones de ancho de carril y berma y son las siguientes.

Tabla nro 15. Ancho de carril y berma Acceso sur El Chaco y Bermejo

Acceso sur	
Ancho de carril	3.65 m
Ancho de berma	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

La triple vía que se encuentra pasando el cruce El Portillo presenta las siguientes características.

Tabla nro 16. Ancho de carril y berma en la triple vía en el acceso sur

Acceso sur (Triple vía)	
Ancho de carril	3.65 m
Ancho de berma	0.60 m

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 12. Medición en el acceso sur



Fuente: Elaboración propia.

3.3 PROCEDIMIENTO DEL CONTEO DE VEHÍCULOS

El procedimiento del aforo será realizado por el método de la AASTHO, el cual indica que se debe hacer primero un estudio de las horas pico del tráfico vehicular, por tanto el aforo será hecho desde las horas 06:00 am a 07:00 pm, el objetivo será el de conocer las horas en las que el volumen de Tráfico es mayor, una vez obtenido esto procederemos a aforar dos días hábiles y un día no hábil durante aproximadamente 5 semanas en lo puntos previamente definidos.

3.4 DETERMINACIÓN DE LA HORA PICO EN EL ACCESO NORTE

Aforos en el carril norte a sur, tramo entre rotonda de cruce San Mateo y rotonda Mástil.

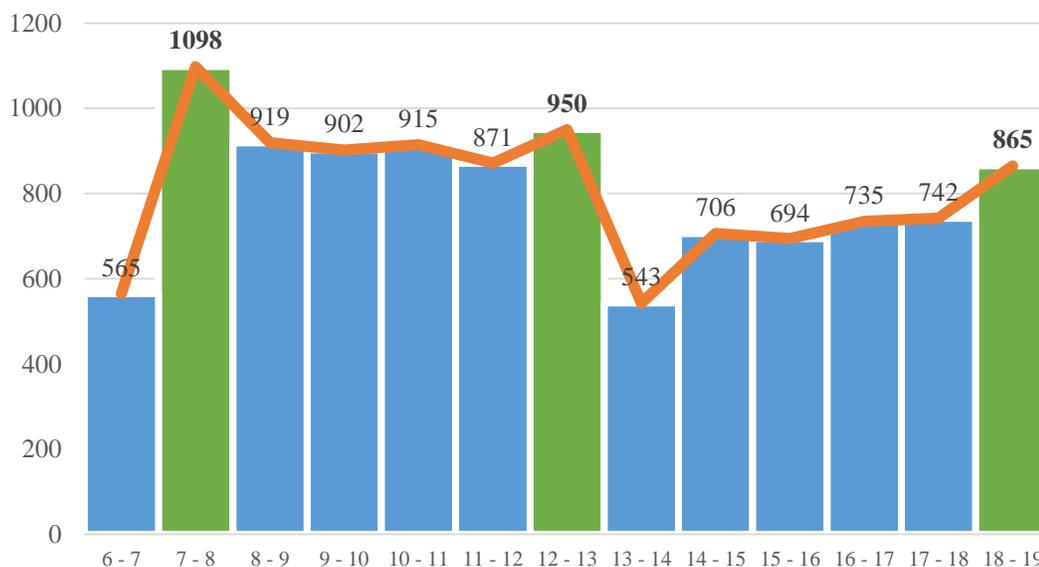
Fecha: 26 de Octubre de 2020

Tabla nro 17. Horas pico acceso norte

Hora	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Buses	Total
6 - 7	512	51	2	565
7 - 8	1001	91	6	1098
8 - 9	836	78	5	919
9 - 10	829	70	3	902
10 - 11	837	73	5	915
11 - 12	801	69	1	871
12 - 13	899	48	3	950
13 - 14	505	36	2	543
14 - 15	633	71	2	706
15 - 16	619	73	2	694
16 - 17	652	80	3	735
17 - 18	661	79	2	742
18 - 19	810	52	3	865

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 13. Histograma horas pico acceso norte



Fuente: Elaboración propia.

3.5 DETERMINACIÓN DE LA HORA PICO EN EL ACCESO SUR

Aforos en el carril de norte a sur, tramo entre rotonda terminal y ex tranca el portillo.

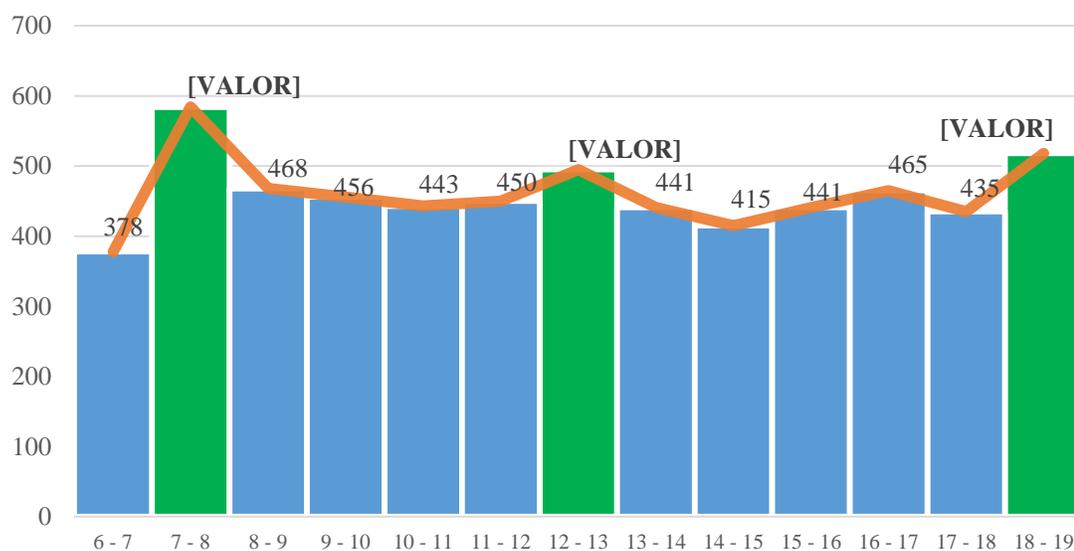
Fecha 13 de octubre de 2020.

Tabla nro 18. Horas pico acceso sur

Hora	Vehículos livianos	Vehículos pesados	Buses	Total
6 - 7	334	40	4	378
7 - 8	496	78	10	584
8 - 9	395	69	4	468
9 - 10	392	59	5	456
10 - 11	381	58	4	443
11 - 12	369	76	5	450
12 - 13	413	74	8	495
13 - 14	377	60	4	441
14 - 15	346	64	5	415
15 - 16	354	82	5	441
16 - 17	389	72	4	465
17 - 18	348	81	6	435
18 - 19	412	98	8	518

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 14. Histograma horas pico acceso sur



Fuente: Elaboración propia.

3.6 AFORO DE VOLUMEN VEHICULAR

El aforo vehicular fue por el método manual, el cual consta de la ubicación personal en cada una de las intersecciones seleccionadas para este estudio; con la ayuda de una planilla previamente diseñada para el registro de datos, se aforó durante los tres horarios pico determinados con anterioridad los cuales son: de 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 como así también de 18:00 a 19:00. Este aforo se lo realizó, 2 días hábiles y 1 día inhábil.

Los datos de volúmenes tanto en el acceso Norte como en el acceso Sur, fueron clasificados de acuerdo al propósito que se tiene en el presente proyecto que es de la siguiente manera: vehículos livianos, vehículos pesados, y Buses.

Entre los vehículos livianos se encuentran taxis, taxi trufis (minivan), autos particulares, jeeps, camionetas y micros).

Los vehículos pesados es el conjunto de camiones medianos (dos ejes), camiones grandes (3 ejes o más).

Y los Buses que también tienen el nombre de flotas, son vehículos de transporte de personas o pasajeros en un gran número, por eso la gran magnitud de estas unidades.

Esta clasificación se la realizo con la finalidad de poder determinar el nivel de servicio de las vías de acceso a la ciudad de Tarija, ya que son datos fundamentales para su cálculo.

3.7 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO NORTE (TOMATITAS)

3.7.1 Carril norte a sur

3.7.1.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 19. Volúmenes días martes carril norte a sur Tomatitas

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	687	500	602	597
Volumen de vehículos pesados	54	41	45	47
Volumen de buses	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 20. Volúmenes días jueves carril norte a sur Tomatitas

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	655	476	594	575
Volumen de vehículos pesados	60	44	38	47
Volumen de buses	4	3	2	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 21. Volúmenes días sábado carril norte a sur Tomatitas

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	672	496	598	589
Volumen de vehículos pesados	61	38	47	48
Volumen de buses	3	3	2	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 Carril sur a norte

3.7.2.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 22. Volúmenes días martes carril sur a norte Tomatitas

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	515	580	615	570
Volumen de vehículos pesados	54	46	64	54
Volumen de buses	1	1	8	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 23. Volúmenes días jueves carril sur a norte Tomatitas

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	500	597	548	548
Volumen de vehículos pesados	52	39	47	46
Volumen de buses	0	0	8	3

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 24. Volúmenes días sábado carril sur a norte Tomatitas

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	519	580	585	561
Volumen de vehículos pesados	50	42	52	48
Volumen de buses	0	1	8	3

Fuente: Elaboración propia.

3.8 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO NORTE (SAN MATEO)

3.8.1 Carril norte a sur

3.8.1.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 25. Volúmenes días martes carril norte a sur San Mateo

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	262	158	171	197
Volumen de vehículos pesados	37	20	13	23
Volumen de buses	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

3.8.1.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 26. Volúmenes días jueves carril norte a sur San Mateo

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	266	134	172	191
Volumen de vehículos pesados	41	17	12	23
Volumen de buses	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

3.8.1.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 27. Volúmenes días sábado carril norte a sur San Mateo

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	270	146	179	198
Volumen de vehículos pesados	40	17	15	24
Volumen de buses	2	1	0	1

Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Carril sur a norte

3.8.2.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 28. Volúmenes días martes carril sur a norte San Mateo

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	170	151	261	194
Volumen de vehículos pesados	27	16	22	22
Volumen de buses	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 29. Volúmenes días jueves carril sur a norte San Mateo

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	173	149	259	194
Volumen de vehículos pesados	23	15	19	19
Volumen de buses	1	1	0	1

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 30. Volúmenes días sábado carril sur a norte San Mateo

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	167	136	250	184
Volumen de vehículos pesados	21	14	18	18
Volumen de buses	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

3.9 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO NORTE (DOBLE VÍA)

3.9.1 Sentido norte a sur

3.9.1.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 31. Volumen días martes, carril norte a sur, acceso norte doble vía

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	1067	933	956	985
Volumen de vehículos pesados	79	70	68	73
Volumen de buses	6	2	0	3

Fuente: Elaboración propia.

3.9.1.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 32. Volumen días jueves, carril norte a sur, acceso norte doble vía

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	1105	935	892	977
Volumen de vehículos pesados	80	67	57	68
Volumen de buses	6	1	1	3

Fuente: Elaboración propia.

3.9.1.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 33. Volumen días sábado, carril norte a sur, acceso norte doble vía

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	822	884	853	853
Volumen de vehículos pesados	69	62	66	65
Volumen de buses	2	1	2	2

Fuente: Elaboración propia.

3.9.2 Sentido sur a norte

3.9.2.1 Volúmenes día martes

Tabla nro 34. Volumen días martes, carril sur a norte, acceso norte doble vía

Volumen promedio martes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	848	712	939	833
Volumen de vehículos pesados	87	50	64	67
Volumen de buses	3	4	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.9.2.2 Volúmenes día jueves

Tabla nro 35. Volumen días jueves, carril sur a norte, acceso norte doble vía

Volumen promedio jueves	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	877	693	970	847
Volumen de vehículos pesados	75	52	70	66
Volumen de buses	5	3	4	4

Fuente: Elaboración propia.

3.9.2.3 Volúmenes día sábado

Tabla nro 36. Volumen días sábado, carril sur a norte, acceso norte doble vía

Volumen promedio sábado	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	934	717	917	856
Volumen de vehículos pesados	76	48	68	64
Volumen de buses	4	4	4	4

Fuente: Elaboración propia.

3.10 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO SUR (BERMEJO)

3.10.1 Carril norte a sur

3.10.1.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 37. Volúmenes días lunes, carril norte a sur, Bermejo

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	342	247	248	279
Volumen de vehículos pesados	51	35	33	40
Volumen de buses	10	2	0	4

Fuente: Elaboración propia.

3.10.1.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 38. Volúmenes días miércoles, carril norte a sur, Bermejo

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	306	245	207	253
Volumen de vehículos pesados	50	39	27	39
Volumen de buses	9	2	0	4

Fuente: Elaboración propia.

3.10.1.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 39. Volúmenes días domingo, carril norte a sur, Bermejo

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	211	169	161	180
Volumen de vehículos pesados	38	30	26	31
Volumen de buses	9	2	0	4

Fuente: Elaboración propia.

3.10.2 Carril sur a norte

3.10.2.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 40. Volúmenes días lunes, carril sur a norte, Bermejo

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	338	171	275	261
Volumen de vehículos pesados	36	30	36	34
Volumen de buses	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.10.2.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 41. Volúmenes días miércoles, carril sur a norte, Bermejo

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	303	158	224	228
Volumen de vehículos pesados	42	30	29	33
Volumen de buses	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia.

3.10.2.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 42. Volúmenes días domingo, carril sur a norte, Bermejo

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	198	116	113	142
Volumen de vehículos pesados	31	23	24	26
Volumen de buses	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

3.11 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO SUR (EL CHACO)

3.11.1 Carril norte a sur

3.11.1.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 43. Volúmenes días lunes, carril norte a sur, El Chaco

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	256	188	209	218
Volumen de vehículos pesados	30	26	30	29
Volumen de buses	2	2	8	4

Fuente: Elaboración propia.

3.11.1.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 44. Volúmenes días miércoles, carril norte a sur, El Chaco

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	255	197	191	214
Volumen de vehículos pesados	34	27	30	30
Volumen de buses	2	2	8	4

Fuente: Elaboración propia.

3.11.1.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 45. Volúmenes días domingo, carril norte a sur, El Chaco

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	170	130	141	147
Volumen de vehículos pesados	28	24	27	27
Volumen de buses	2	2	8	4

Fuente: Elaboración propia.

3.11.2 Carril sur a norte

3.11.2.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 46. Volúmenes días lunes, carril sur a norte, El Chaco

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	263	180	197	214
Volumen de vehículos pesados	28	26	26	27
Volumen de buses	6	4	2	4

Fuente: Elaboración propia.

3.11.2.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 47. Volúmenes días miércoles carril, sur a norte, El Chaco

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	242	191	203	212
Volumen de vehículos pesados	25	24	26	25
Volumen de buses	6	4	2	4

Fuente: Elaboración propia.

3.11.2.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 48. Volúmenes días domingo, carril sur a norte, El Chaco

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	151	135	141	143
Volumen de vehículos pesados	15	16	14	15
Volumen de buses	6	3	3	4

Fuente: Elaboración propia.

3.12 DATOS DE VOLÚMENES EN EL ACCESO SUR (TRIPLE VÍA)

3.12.1 Sentido norte a sur

3.12.1.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 49. Volúmenes días lunes, carril norte a sur, triple vía

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	580	452	468	500
Volumen de vehículos pesados	81	65	79	75
Volumen de buses	12	8	9	10

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 50. Volúmenes días miércoles, carril norte a sur, triple vía

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	584	455	511	517
Volumen de vehículos pesados	80	68	77	75
Volumen de buses	11	7	9	9

Fuente: Elaboración propia.

3.12.1.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 51. Volúmenes días domingo, carril norte a sur, triple vía

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	451	363	402	405
Volumen de vehículos pesados	63	72	88	74
Volumen de buses	10	8	9	9

Fuente: Elaboración propia.

3.12.2 Sentido sur a norte

3.12.2.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 52. Volúmenes días lunes, carril sur a norte, triple vía

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	506	477	503	495
Volumen de vehículos pesados	67	63	79	70
Volumen de buses	8	8	8	8

Fuente: Elaboración propia.

3.12.2.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 53. Volúmenes días miércoles, carril sur a norte, triple vía

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	474	480	521	492
Volumen de vehículos pesados	55	51	79	62
Volumen de buses	7	8	7	7

Fuente: Elaboración propia.

3.12.2.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 54. Volúmenes días domingo, carril sur a norte, triple vía

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	355	330	353	346
Volumen de vehículos pesados	50	45	53	49
Volumen de buses	7	7	7	7

Fuente: Elaboración propia.

3.12.3 Sentido sur a norte vía extrema

3.12.3.1 Volúmenes día lunes

Tabla nro 55. Volumen lunes, carril sur a norte, triple vía (vía extrema)

Volumen promedio lunes	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	145	120	134	133
Volumen de vehículos pesados	14	11	13	13
Volumen de buses	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

3.13.3.2 Volúmenes día miércoles

Tabla nro 56. Volumen miércoles, carril sur a norte, triple vía (vía extrema)

Volumen promedio miércoles	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	127	113	134	125
Volumen de vehículos pesados	11	11	14	12
Volumen de buses	1	1	2	1

Fuente: Elaboración propia.

3.13.3.3 Volúmenes día domingo

Tabla nro 57. Volumen domingo, carril sur a norte, triple vía (vía extrema)

Volumen promedio domingo	Hora pico			Promedio
	7 - 8	12 - 13	18 - 19	Total
Volumen total de vehículos	59	54	62	58
Volumen de vehículos pesados	11	9	11	10
Volumen de buses	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

3.13 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO

Con todos los datos recabados en campo y con la ayuda de las tablas proporcionadas por Highway Capacity Manual (HCM) para seguir con la metodología AASHTO calcularemos los niveles de servicio tanto en el acceso norte y el acceso sur.

SF = Volumen de servicio para el nivel de servicio seleccionado.

2800 = Flujo de tránsito ideal en ambos sentidos, en vehículos por hora.

V/C = Relación Volumen/Capacidad del nivel de servicio.

Fd = Factor de distribución direccional del tránsito.

Fw = Factor para anchos de carril y hombros.

Fpv = Factor de vehículos pesados.

PT = Porcentaje de vehículos de carga pesada.

PR = Porcentaje de vehículos recreativos (no existentes en nuestro medio).

PB = Porcentaje de buses.

ET = Factor de equivalencia para vehículos pesados.

ER = Factor de equivalencia para vehículos recreativos.

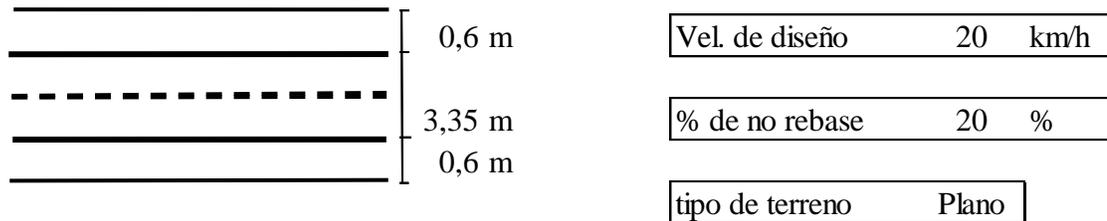
EB = Factor de equivalencia para buses.

Los coeficientes y equivalencias para el cálculo de nivel de servicio fueron presentados en tablas en un capítulo anterior.

3.13.1 Acceso norte Tomatitas

Tabla nro 58. Nivel de servicio acceso norte Tomatitas

Características de la vía



Características del tráfico

$V_{Thp} = 1147$ veh	$f_d = 1$
$F_{ph} = 0,94$	Distribucion direccional = 50/50
$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 1220$ vehiculos por hora	
	Composición del tráfico
	PT= 8,55 PR= 0,00 PB= 0,52
	PT= 0,09 PR= 0 PB= 0,005

Nivel de servicio

SF = $2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	F _d	F _w	F _{vp}	P _T	E _T	P _R	E _R	P _B	E _B
A	231	2800	0,12	1	0,75	0,918	0,09	2	0	2,2	0,0052	1,8
B	455	2800	0,24	1	0,75	0,903	0,09	2,2	0	2,5	0,0052	2
C	739	2800	0,39	1	0,75	0,903	0,09	2,2	0	2,5	0,0052	2
D	1196	2800	0,62	1	0,75	0,919	0,09	2	0	1,6	0,0052	1,6
E	2263	2800	1	1	0,88	0,919	0,09	2	0	1,6	0,0052	1,6

Nivel de servicio= D

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.2 Acceso norte San Mateo

Tabla nro 59. Nivel de servicio acceso norte, San Mateo

Características de la vía

	0,6 m	Vel. de diseño	20	km/h
	3,35 m	% de no rebase	20	%
	0,6 m	tipo de terreno	Plano	

Características del tráfico

$V_{Thp} = 387$ veh	$f_d = 1$
$F_{ph} = 0,91$	Distribucion direccional = 50/50
$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 425$ vehiculos por hora	Composición del tráfico
	PT= 11,21 PR= 0,00 PB= 0,52
	PT= 0,11 PR= 0 PB= 0,0052

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	F _d	F _w	F _{vp}	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	226	2800	0,12	1	0,75	0,896	0,11	2	0	2,2	0,0052	1,8
B	442	2800	0,24	1	0,75	0,877	0,11	2,2	0	2,5	0,0052	2
C	719	2800	0,39	1	0,75	0,877	0,11	2,2	0	2,5	0,0052	2
D	1167	2800	0,62	1	0,75	0,897	0,11	2	0	1,6	0,0052	1,6
E	2209	2800	1	1	0,88	0,897	0,11	2	0	1,6	0,0052	1,6

Nivel de Servicio= B

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.3 Acceso norte doble vía

3.13.3.1 Carril norte a sur

Tabla nro 60. Nivel de servicio en la doble vía, carril norte a sur

Características de la vía

	0,6 m	Vel.de diseño	20 km/h
3,65 m	% de no rebase	20	%
0,6 m	tipo de terreno	Plano	

Características del tráfico

$V_{Thp} = 939$ veh	$f_d = 0,71$						
$F_{ph} = 0,93$	Distribucion direccional = 100/0						
$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 1010$ vehiculos por hora	Composición del tráfico						
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="border: 1px solid black;">PT= 7,35</td> <td style="border: 1px solid black;">PR= 0,00</td> <td style="border: 1px solid black;">PB= 0,21</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">PT= 0,073</td> <td style="border: 1px solid black;">PR= 0</td> <td style="border: 1px solid black;">PB= 0,0021</td> </tr> </table>	PT= 7,35	PR= 0,00	PB= 0,21	PT= 0,073	PR= 0	PB= 0,0021
PT= 7,35	PR= 0,00	PB= 0,21					
PT= 0,073	PR= 0	PB= 0,0021					

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	F _d	F _w	F _{vp}	P _T	E _T	P _R	E _R	P _B	E _B
A	181	2800	0,12	0,71	0,81	0,937	0,07	2	0	2,2	0,002	1,8
B	358	2800	0,24	0,71	0,81	0,926	0,07	2,2	0	2,5	0,002	2
C	581	2800	0,39	0,71	0,81	0,926	0,07	2,2	0	2,5	0,002	2
D	936	2800	0,62	0,71	0,81	0,938	0,07	2	0	1,6	0,002	1,6
E	1734	2800	1	0,71	0,93	0,938	0,07	2	0	1,6	0,002	1,6

Nivel de Servicio= D

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.3.2 Carril sur a norte

Tabla nro 61. Nivel de servicio en la doble vía, carril sur a norte

Características de la vía

	0,6 m	Vel. de diseño	20 km/h
	3,65 m	% de no rebase	20 %
	0,6 m	tipo de terreno	Plano

Características del tráfico

$$V_{Thp} = 851 \text{ veh}$$

$$F_{ph} = 0,93$$

$$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 915 \text{ vehiculos por hora}$$

$$fd = 0,71$$

$$\text{Distribucion direccional} = 100/0$$

Composición del tráfico		
PT=	7,64	PB= 0,47
PR=	0,00	PB= 0,0047
PT=	0,076	PR= 0
		PB= 0,0047

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * fd * fw * fvp$							$fvp = \frac{1}{1 + Pt(Et-1) + Pr(Er-1) + Pb(Eb-1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	Fd	Fw	Fvp	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	176	2800	0,12	0,71	0,81	0,912	0,09	2	0	2,2	0,005	1,8
B	346	2800	0,24	0,71	0,81	0,896	0,09	2,2	0	2,5	0,005	2
C	563	2800	0,39	0,71	0,81	0,896	0,09	2,2	0	2,5	0,005	2
D	911	2800	0,62	0,71	0,81	0,913	0,09	2	0	1,6	0,005	1,6
E	1688	2800	1	0,71	0,93	0,913	0,09	2	0	1,6	0,005	1,6

Nivel de Servicio= D

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.4 Acceso sur Bermejo

Tabla nro 62. Nivel de servicio en el acceso sur Bermejo

Características de la vía

	0,6 m	Vel. de diseño	20 km/h
	3,65 m	% de no rebase	20 %
	0,6 m	tipo de terreno	Plano

Características del tráfico

$V_{Thp} = 449$ veh	$f_d = 1$						
$F_{ph} = 0,91$	Distribución direccional = 50/50						
$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 493$ vehiculos por hora	Composición del tráfico						
	<table border="1"> <tr> <td>PT= 15,10</td> <td>PR= 0,00</td> <td>PB= 1,56</td> </tr> <tr> <td>PT= 0,151</td> <td>PR= 0</td> <td>PB= 0,0156</td> </tr> </table>	PT= 15,10	PR= 0,00	PB= 1,56	PT= 0,151	PR= 0	PB= 0,0156
PT= 15,10	PR= 0,00	PB= 1,56					
PT= 0,151	PR= 0	PB= 0,0156					

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	F _d	F _w	F _{vp}	P _T	E _T	P _R	E _R	P _B	E _B
A	236	2800	0,12	1	0,81	0,868	0,14	2	0	2,2	0,02	1,8
B	460	2800	0,24	1	0,81	0,845	0,14	2,2	0	2,5	0,02	2
C	747	2800	0,39	1	0,81	0,845	0,14	2,2	0	2,5	0,02	2
D	1224	2800	0,62	1	0,81	0,871	0,14	2	0	1,6	0,02	1,6
E	2267	2800	1	1	0,93	0,871	0,14	2	0	1,6	0,02	1,6

Nivel de Servicio= C

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.5 Acceso sur El Chaco

Tabla nro 63. Nivel de servicio en el acceso sur El Chaco

Características de la vía

	0,6 m	Vel. de diseño	20 km/h
	3,65 m	% de no rebase	20 %
	0,6 m	tipo de terreno	Plano

Características del tráfico

$V_{Thp} = 382$ veh	$f_d = 1$
$F_{ph} = 0,91$	Distribución direccional = 50/50
$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 420$ vehiculos por hora	Composición del tráfico
	PT= 13,35 PR= 0,00 PB= 2,09
	PT= 0,134 PR= 0 PB= 0,0209

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + Pt(Et-1) + Pr(Er-1) + Pb(Eb-1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	Fd	Fw	Fvp	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	237	2800	0,12	1	0,81	0,871	0,13	2	0	2,2	0,026	1,8
B	462	2800	0,24	1	0,81	0,849	0,13	2,2	0	2,5	0,026	2
C	751	2800	0,39	1	0,81	0,849	0,13	2,2	0	2,5	0,026	2
D	1230	2800	0,62	1	0,81	0,875	0,13	2	0	1,6	0,026	1,6
E	2279	2800	1	1	0,93	0,875	0,13	2	0	1,6	0,026	1,6

Nivel de Servicio= B

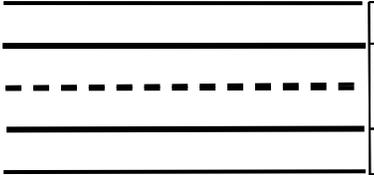
Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.6 Acceso sur triple vía

3.13.6.1 Carril norte a sur

Tabla nro 64. Nivel de servicio en el acceso sur, triple vía sentido norte a sur

Características de la vía

	<p>0,6 m</p> <p>3,65 m</p> <p>0,6 m</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Vel. de diseño</td> <td style="text-align: right;">20 km/h</td> </tr> <tr> <td>% de no rebase</td> <td style="text-align: right;">20 %</td> </tr> <tr> <td>tipo de terreno</td> <td style="text-align: right;">Plano</td> </tr> </table>	Vel. de diseño	20 km/h	% de no rebase	20 %	tipo de terreno	Plano
Vel. de diseño	20 km/h							
% de no rebase	20 %							
tipo de terreno	Plano							

Características del tráfico

<p>$V_{Thp} = 475$ veh</p> <p>$F_{ph} = 0,91$</p> <p>$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 522$ vehiculos por hora</p>	<p>$f_d = 0,71$</p> <p>Distribucion direccional = 100/0</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4">Composición del tráfico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PT=</td> <td>15,79</td> <td>PR=</td> <td>0,00</td> <td>PB=</td> <td>1,89</td> </tr> <tr> <td>PT=</td> <td>0,158</td> <td>PR=</td> <td>0</td> <td>PB=</td> <td>0,0189</td> </tr> </tbody> </table>	Composición del tráfico				PT=	15,79	PR=	0,00	PB=	1,89	PT=	0,158	PR=	0	PB=	0,0189
Composición del tráfico																	
PT=	15,79	PR=	0,00	PB=	1,89												
PT=	0,158	PR=	0	PB=	0,0189												

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	Fd	Fw	Fvp	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	165	2800	0,12	0,7	0,81	0,855	0,16	2	0	2,2	0,019	1,8
B	321	2800	0,24	0,7	0,81	0,83	0,16	2,2	0	2,5	0,019	2
C	521	2800	0,39	0,7	0,81	0,83	0,16	2,2	0	2,5	0,019	2
D	856	2800	0,62	0,7	0,81	0,857	0,16	2	0	1,6	0,019	1,6
E	1585	2800	1	0,7	0,93	0,857	0,16	2	0	1,6	0,019	1,6

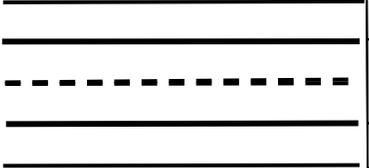
Nivel de Servicio= C

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.6.2 Carril sur a norte

Tabla nro 65. Nivel de servicio en el acceso sur, triple vía sentido sur a norte

Características de la vía

	<p>0,6 m</p> <p>3,7 m</p> <p>0,6 m</p>	<table border="1"> <tr> <td>Vel. de diseño</td> <td>20 km/h</td> </tr> <tr> <td>% de no rebase</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td>tipo de terreno</td> <td>Plano</td> </tr> </table>	Vel. de diseño	20 km/h	% de no rebase	20 %	tipo de terreno	Plano
Vel. de diseño	20 km/h							
% de no rebase	20 %							
tipo de terreno	Plano							

Características del tráfico

<p>$V_{Thp} = 444$ veh</p> <p>$F_{ph} = 0,91$</p> <p>$VE = V_{Thp}/F_{ph} = 488$ vehiculos por hora</p>	<p>$f_d = 0,71$</p> <p>Distribucion direccional = 100/0</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Composición del tráfico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PT= 13,74</td> <td>PR= 0,00</td> <td>PB= 1,80</td> </tr> <tr> <td>PT= 0,137</td> <td>PR= 0</td> <td>PB= 0,0180</td> </tr> </tbody> </table>	Composición del tráfico			PT= 13,74	PR= 0,00	PB= 1,80	PT= 0,137	PR= 0	PB= 0,0180
Composición del tráfico										
PT= 13,74	PR= 0,00	PB= 1,80								
PT= 0,137	PR= 0	PB= 0,0180								

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + Pt(Et-1) + Pr(Er-1) + Pb(Eb-1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	Fd	Fw	Fvp	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	164	2800	0,12	0,71	0,8	0,848	0,16	2	0	2,2	0,018	1,8
B	318	2800	0,24	0,71	0,8	0,823	0,16	2,2	0	2,5	0,018	2
C	517	2800	0,39	0,71	0,8	0,823	0,16	2,2	0	2,5	0,018	2
D	849	2800	0,62	0,71	0,8	0,851	0,16	2	0	1,6	0,018	1,6
E	1573	2800	1	0,71	0,9	0,851	0,16	2	0	1,6	0,018	1,6

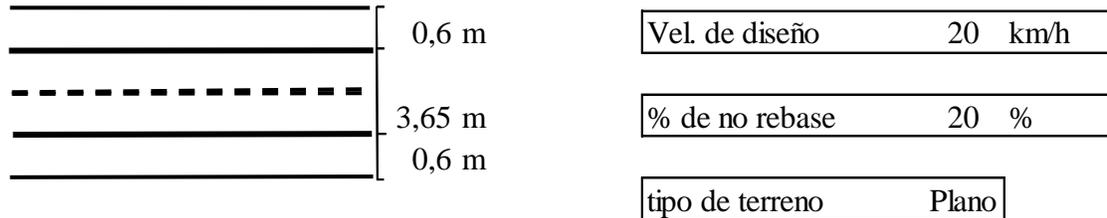
Nivel de Servicio= C

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.13.6.3 Carril sur a norte (vía extrema)

Tabla nro 66. Nivel de servicio en la triple vía carril secundario sentido sur a norte

Características de la vía



Características del tráfico

$V_{Thp} = 105 \text{ veh}$ $F_{ph} = 0,83$ $VE = V_{Thp}/F_{ph} = 127 \text{ vehiculos por hora}$	$f_d = 0,71$ Distribucion direccional = 100/0 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Composición del tráfico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PT=</td> <td>11,43</td> <td>PR= 0,00</td> <td>PB= 0,95</td> </tr> <tr> <td>PT=</td> <td>0,114</td> <td>PR= 0</td> <td>PB= 0,0095</td> </tr> </tbody> </table>	Composición del tráfico			PT=	11,43	PR= 0,00	PB= 0,95	PT=	0,114	PR= 0	PB= 0,0095
Composición del tráfico												
PT=	11,43	PR= 0,00	PB= 0,95									
PT=	0,114	PR= 0	PB= 0,0095									

Nivel de servicio

$SF = 2800 * \frac{V}{C} * f_d * f_w * f_{vp}$							$f_{vp} = \frac{1}{1 + P_t(E_t - 1) + P_r(E_r - 1) + P_b(E_b - 1)}$					
NS	Vol.	2800	V/C	Fd	Fw	Fvp	PT	ET	PR	ER	PB	EB
A	174	2800	0,12	0,7	0,81	0,899	0,1	2	0	2,2	0,010	1,8
B	340	2800	0,24	0,7	0,81	0,881	0,1	2,2	0	2,5	0,010	2
C	553	2800	0,39	0,7	0,81	0,881	0,1	2,2	0	2,5	0,010	2
D	899	2800	0,62	0,7	0,81	0,901	0,1	2	0	1,6	0,010	1,6
E	1665	2800	1	0,7	0,93	0,901	0,1	2	0	1,6	0,010	1,6

Nivel de Servicio= A

Fuente: Manual de capacidad y nivel de servicio de los Estados Unidos (HCM).

3.14 TABLA DE RESULTADOS DE NIVEL DE SERVICIO

Tabla nro 67. Tabla de resultados de niveles de servicio

Vía analizada	Nivel de servicio
Acceso norte	
Tomatitas	D
San Mateo	B
Doble vía (norte a sur)	D
Doble vía (sur a norte)	D
Vía analizada	Nivel de servicio
Acceso sur	
Bermejo	C
El chaco	B
Triple vía (norte a sur)	C
Triple vía (sur a norte)	C
Triple vía (sur a norte) carril extremo	A

Fuente: Elaboración propia.

3.15 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS

3.15.1 Acceso Norte

3.15.1.1 Tomatitas

Tabla nro 68. Porcentaje de vehículos pesados en el acceso Norte Tomatitas

	Volumen	Porcentaje
Todos los Vehículos	1147	100
Vehículos Pesados	98	8,54

Fuente: Elaboración propia.

3.15.1.2 San Mateo

Tabla nro 69. Porcentaje de vehículos pesados en el acceso Norte San Mateo

	Volumen	Porcentaje
Todos los Vehículos	387	100
Vehículos Pesados	43	11,21

Fuente: Elaboración propia.

3.15.2 Acceso sur

3.15.2.1 Bermejo

Tabla nro 70. Porcentaje de vehículos pesados en el acceso Sur Bermejo

	Volumen	Porcentaje
Todos los Vehículos	449	100
Vehículos Pesados	68	15,10

Fuente: Elaboración propia.

3.15.2.2 El Chaco

Tabla nro 71. Porcentaje de vehículos pesados en el acceso Sur El Chaco

	Volumen	Porcentaje
Todos los Vehículos	382	100
Vehículos Pesados	51	13,35

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 15. Vehículo de carga pesada generando congestionamiento



Fuente: Elaboración propia.

3.16 NIVEL DE SERVICIO DE ACUERDO A LA NORMA (ABC)

Para la determinación del nivel de servicio utilizaremos la tabla 1.2-5 de la administradora Boliviana de carreteras (ABC) en la que ya se encuentran registradas las intensidades (I) máximas de vehículos por hora en ambos sentidos, de acuerdo a las características viales más comunes encontradas en nuestro medio.

Para encontrar el valor de nivel de servicio en las vías estudiadas comparamos el valor de Vehículos promedio por hora, dato obtenido a través del proceso de aforo en horas pico y posterior trabajo de gabinete para la obtención de un valor representativo en cada vía.

3.16.1 Acceso norte Tomatitas

I = 1147 vehículos por hora

Tabla nro 72. Nivel de servicio Tomatitas norma (ABC)

Tipo de Terreno			Llano		
Ancho de pavimento			7	7	7
% Porcentaje de adelantamiento			80	60	60
% Reparto			50 - 50	50 - 50	80- 20
Nivel de servicio	Porcentaje		I	I	I
	Camiones	Buses			
A	5	5	302	227	188
	10		289	217	180
B	5	5	593	519	431
	10		563	493	409
C	5	5	964	890	739
	10		915	844	701
D	5	5	1575	1524	1265
	10		1506	1457	1209
E	5	5	2541	2464	2109
	10		2428	2355	2016

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras (ABC).

El nivel de servicio en la vía será (D) porque nuestro valor I=1147 esta próximo al valor de I = 1575 en la tabla.

3.16.2 Acceso norte San Mateo

I = 387 vehículos por hora

Tabla nro 73. Nivel de servicio San Mateo norma (ABC)

Tipo de Terreno		Llano			
Ancho de pavimento		7	7	7	
% Porcentaje de adelantamiento		80	60	60	
% Reparto		50 - 50	50 - 50	80- 20	
Nivel de servicio	Porcentaje		I	I	I
	Camiones	Buses			
A	5	5	302	227	188
	10		289	217	180
B	5	5	593	519	431
	10		563	493	409
C	5	5	964	890	739
	10		915	844	701
D	5	5	1575	1524	1265
	10		1506	1457	1209
E	5	5	2541	2464	2109
	10		2428	2355	2016

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras (ABC).

El nivel de servicio en la vía será (B) porque nuestro valor $I=387$ esta próximo al valor de $I = 593$ en la tabla.

Para las vías de acceso sur que son Bermejo y El Chaco se procede de igual manera a comparar los valores que se obtuvo a partir de los aforos con sus similares o próximos en la tabla proporcionada por la administradora Boliviana de carreteras (ABC) y así establecer el nivel de servicio.

3.16.3 Acceso sur Bermejo

I = Vehículos por hora

Tabla nro 74. Nivel de servicio Bermejo norma (ABC)

Tipo de Terreno		Llano			
Ancho de pavimento		7	7	7	
% Porcentaje de adelantamiento		80	60	60	
% Reparto		50 - 50	50 - 50	80- 20	
Nivel de servicio	Porcentaje		I	I	I
	Camiones	Buses			
A	5	5	302	227	188
	10		289	217	180
B	5	5	593	519	431
	10		563	493	409
C	5	5	964	890	739
	10		915	844	701
D	5	5	1575	1524	1265
	10		1506	1457	1209
E	5	5	2541	2464	2109
	10		2428	2355	2016

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras (ABC).

El nivel de servicio en la vía será (B) porque nuestro valor I = 449 esta próximo al valor de I = 593 en la tabla.

3.16.4 Acceso sur El Chaco

I = 382 vehículos por hora

Tabla nro 75. Nivel de servicio El Chaco norma (ABC)

Tipo de Terreno		Llano			
Ancho de pavimento		7	7	7	
% Porcentaje de adelantamiento		80	60	60	
% Reparto		50 - 50	50 - 50	80- 20	
Nivel de servicio	Porcentaje		I	I	I
	Camiones	Buses			
A	5	5	302	227	188
	10		289	217	180
B	5	5	593	519	431
	10		563	493	409
C	5	5	964	890	739
	10		915	844	701
D	5	5	1575	1524	1265
	10		1506	1457	1209
E	5	5	2541	2464	2109
	10		2428	2355	2016

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras (ABC).

El nivel de servicio en la vía será (B) porque nuestro valor I=382 esta próximo al valor de I = 593 en la tabla.

3.17 ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.17.1 Acceso norte

Entre los estudios analizados en los acceso norte y sur, claramente se puede observar un desorden vehicular en la vía de acceso por Tomatitas, producto de contar con una sola vía que permite el acceso a la ciudad, vía por la que transitan todo tipo de vehículos entre ellos quizás los más complejos los vehículos Pesados, complejos porque su tránsito por la vía dificulta el flujo de los vehículos livianos, genera incomodidad, inseguridad tanto para vehículos y peatones, y sobretodo genera demoras en tráfico vehicular.

Sin embargo no solo afecta el tránsito de Vehículos Pesados en esta vía, ya que con el presente proyecto se pudo determinar un nivel de servicio D en la vía de acceso por

Tomatitas que es sin duda la más utilizada por los conductores. Las condiciones de la vía es otro factor a tener en cuenta ya que en ciertos tramos se puede notar la congestión vehicular y esta se da por lo angosto que resulta la vía al tener vehículos pesados circulando en ambos sentidos, a esto hay que sumarle que vehículos estacionan en lugares no permitidos, dificultando aún más el tránsito, todos estos factores se pueden apreciar en la vía principal en el tramo cruce Equis hasta el puente de Tomatitas.

Recordemos que el nivel de servicio D es un flujo de tránsito próximo a ser inestable, y que el nivel de servicio más recomendable según la norma **AASHTO** debería ser el B para accesos a una ciudad ya que es un enlace a una carretera, el nivel servicio de C es un flujo también estable y es a lo que se puede aspirar con algunas propuestas técnicas de bajo costo y restricciones en horas pico donde los Volúmenes son mayores.

Otro acceso por la zona norte de la ciudad es el de San Mateo que según los estudios y cálculos realizados presenta un nivel de servicio B con la particularidad que por esta vía circula la mitad de vehículos que la que circula por la vía Tomatitas, además que los vehículos pesados y buses que circular por esta vía no llegan de otros departamentos como lo hacen por Tomatitas, si no que usan esta vía para ser guardados en garajes y galpones que se encuentran en la zona de San Mateo.

También utilizan esta vía a diario camiones medianos de dos ejes y tres ejes pertenecientes al Comercial Pimentel de GLP, gas licuado propano, por lo que tampoco llegan de otros departamentos, esta vía tiene un tramo en observación en el que no se ha podido asfaltar y por el cual difícilmente podrían transitar vehículos pesados, por esta razón es que la vía de acceso por Tomatitas es la que sirve de tránsito para vehículos pesados y buses que ingresan y que salen por el norte de la ciudad de Tarija.

En estas vías de acceso por la zona norte de la ciudad de Tarija se tienen los siguientes resultados.

Tabla nro 76. Resultados en el acceso norte Tomatitas

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	1147	1850	32	D
Veh. Pesados	98	159	24	
Buses	6	10	26	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 77. Resultados en el acceso norte San Mateo

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	387	1613	35	B
Veh. Pesados	43	180	17	
Buses	2	9	22	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 78. Resultados en la doble vía carril norte a sur

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	939	1515	35	D
Veh. Pesados	69	112	22	
Buses	2	4	26	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 79. Resultados en la doble vía carril sur a norte

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	851	1373	40	D
Veh. Pesados	65	105	23	
Buses	4	7	27	

Fuente: Elaboración Propia.

3.17.2 Acceso sur

En la zona del Portillo lugar en el que se realizó los aforos, se observó un flujo ordenado y estable en ambas vías de acceso tanto por Bermejo como por El Chaco, en el portillo estas vías se intersectan para dar lugar a una triple vía en la que se tiene un nivel de servicio C al igual que vía de acceso por Bermejo, que según los estudios realizados en el presente proyecto es la que mayor circulación de vehículos tiene.

Tanto en el acceso Norte como en el acceso Sur no es necesario un estudio de semaforización puesto que el flujo en ambos sectores analizados es fluido si bien tiene algunos aspectos a corregir y plantear soluciones, todas son propuestas de bajo costo, propuestas de ordenamiento vehicular en los que no se hace necesario parar el tráfico con semáforos sino más bien planificar vías alternas sobretodo en la zona norte ya que por las características de la vía de Tomatitas se genera congestionamiento y más aún en horas pico, por lo que es urgente habilitar una vía alterna que sea de circulación obligatoria para vehículos de carga pesada.

Los resultados en las vías de acceso por el sur de la ciudad son los siguientes.

Tabla nro 80. Resultados en el acceso sur Bermejo

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	493	1151	38	C
Veh. Pesados	68	174	31	
Buses	7	17	34	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 81. Resultados en el acceso sur El Chaco

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	382	1592	39	B
Veh. Pesados	51	212	33	
Buses	8	33	35	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 82. Resultados en la Triple vía carril norte a sur

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	475	1218	35	C
Veh. Pesados	75	193	25	
Buses	9	24	30	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 83. Resultados en la triple vía carril sur a norte

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	444	1139	38	C
Veh. Pesados	61	157	22	
Buses	8	21	24	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla nro 84. Resultados en la triple vía, vía secundaria de sentido sur a norte

	Volumen medio	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Nivel de servicio
Todos los Veh.	105	875	25	A
Veh. Pesados	12	101	15	
Buses	1	9	18	

Fuente: Elaboración Propia.

3.18 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Propuesta 1

Regular el tránsito en el acceso norte, restringiendo la circulación de vehículos pesados y Buses que ingresan a la ciudad en horas pico por la vía Tomatitas y San Mateo.

Restringiendo el tránsito de vehículos pesados garantizamos un tránsito fluido en las horas más críticas en la doble vía y avenidas como la Circunvalación y la avenida Víctor Paz, esto se puede realizar con parqueos momentáneos para este tipo de vehículos en lugares estratégicos en los que se tenga el espacio necesario y en los que se pueda informar acerca de las horas de restricción a los conductores de vehículos de carga pesada, estos parqueos bien podrían ubicarse en el margen derecho de las vías de ingreso por Tomatitas y San Mateo antes de la rotonda del cruce de estas dos vías.

Los horarios de restricción serán las horas pico es decir de 7:00 a 8:00 hrs en la mañana, al medio día será de 12:00 a 13:00 hrs y por la tarde de 18:00 a 19:00 hrs.

La restricción de tránsito para vehículos de transporte pesado ya sean buses o camiones será para los que ingresan a la ciudad tanto por los accesos en el norte y los accesos en el sur, lo que se pretende no solo es aliviar la doble vía que se encuentra entre la rotonda del cruce a San Mateo hasta la Rotonda Bicentenario (Mástil) si no también la avenida Circunvalación, la avenida Víctor Paz.

De la misma manera en el acceso sur la restricción para los vehículos de carga pesada será en las horas punta o pico y se tendrá parqueos momentáneos en las vías de ingreso a la ciudad por la carretera Bermejo y la carretera al Chaco antes del cruce estas vías con la avenida triple vía de vinculación Nacional.

Así mismo es necesario reorganizar el espacio que se tiene en la denominada parada norte y es conveniente generar un parqueo para buses, en los que se tenga un periodo de tiempo no mayor a 15 minutos de estacionamiento.

Figura nro 16. Restricción y parqueos en el acceso norte



Fuente: Elaboración Propia.

Figura nro 17. Restricción y parqueos en el acceso sur (El Portillo)



Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 2

Con el propósito de aliviar y descongestionar la vía de Tomatitas que es de vinculación con la ruta numero 1 Nacional, surge la segunda propuesta que es la de gestionar la apertura vías alternas para la circulación de vehículos pesados que ingresan y salen de la ciudad de Tarija.

La solución es que la vía que pasa por San Mateo y que llega a San Lorenzo sea utilizada de manera obligatoria por los vehículos de carga pesada que salen de la ciudad de Tarija con rumbo a localidades, ciudades que se encuentran al norte de nuestro departamento, la vía por Tomatitas será utilizada solo por los vehículos pesados que ingresan a la ciudad, de esta manera se descongestionara la tradicional vía que servía de ingreso y salida a vehículos pesados y livianos.

La vía en cuestión tiene una longitud de 18 km desde el cruce de la doble vía con las vías de Tomatitas y San Mateo, pasa por la población del mismo nombre hasta llegar al puente del cruce a sella, para posteriormente pasar por el ingreso a San Lorenzo y así conectarse con la ruta de vinculación Nacional.

Diez kilómetros más que la longitud de la vía por Tomatitas ya que esta última tiene 8 km desde el mismo punto de inicio el cruce con la vía a San Mateo y la doble vía, pero que descongestionara toda la vía de ingreso que hasta ahora ha sido utilizada en el sector norte de la ciudad de Tarija.

Los datos de volúmenes muestran a la vía de San Mateo como una ruta con un flujo estable y que por sus características, ancho de vía ocho metros, y que es una carretera ideal para la salida de vehículos pesados.

Estos son los resultados de realizar esta acción en la que se tiene vehículos pesados que salen de la ciudad utilizando de manera obligatoria la vía por San Mateo.

Y de igual manera se mostrara el nivel de servicio que tendrá esta vía por San Mateo y la vía por Tomatitas.

Tabla nro 85. Volumen de vehículos en la vía San Mateo

	Carril norte sur	Carril sur a norte	Total vehículos en la vía	Nivel de servicio
Todos los Vehículos	196	241	437	C
Veh. Pesados	23	70	93	
Buses	1	5	6	

Fuente: Elaboración propia.

Como vemos la vía pasó de estar en un nivel de servicio B a un nivel de servicio C que se encuentra todavía en el rango de flujo estable. Mientras que lo contrario pasa en la vía de Tomatitas ya que esta paso de estar en el nivel de servicio D y ahora estará en el nivel de servicio C con los datos mostrados a continuación.

Tabla nro 86. Volumen de vehículos en la vía de Tomatitas

	Carril norte sur	carril Sur a Norte	Total vehículos en la vía	Nivel de servicio
Todos los Vehículos	587	510	1097	C
Veh. Pesados	48	0	48	
Buses	3	0	3	

Fuente: Elaboración propia.

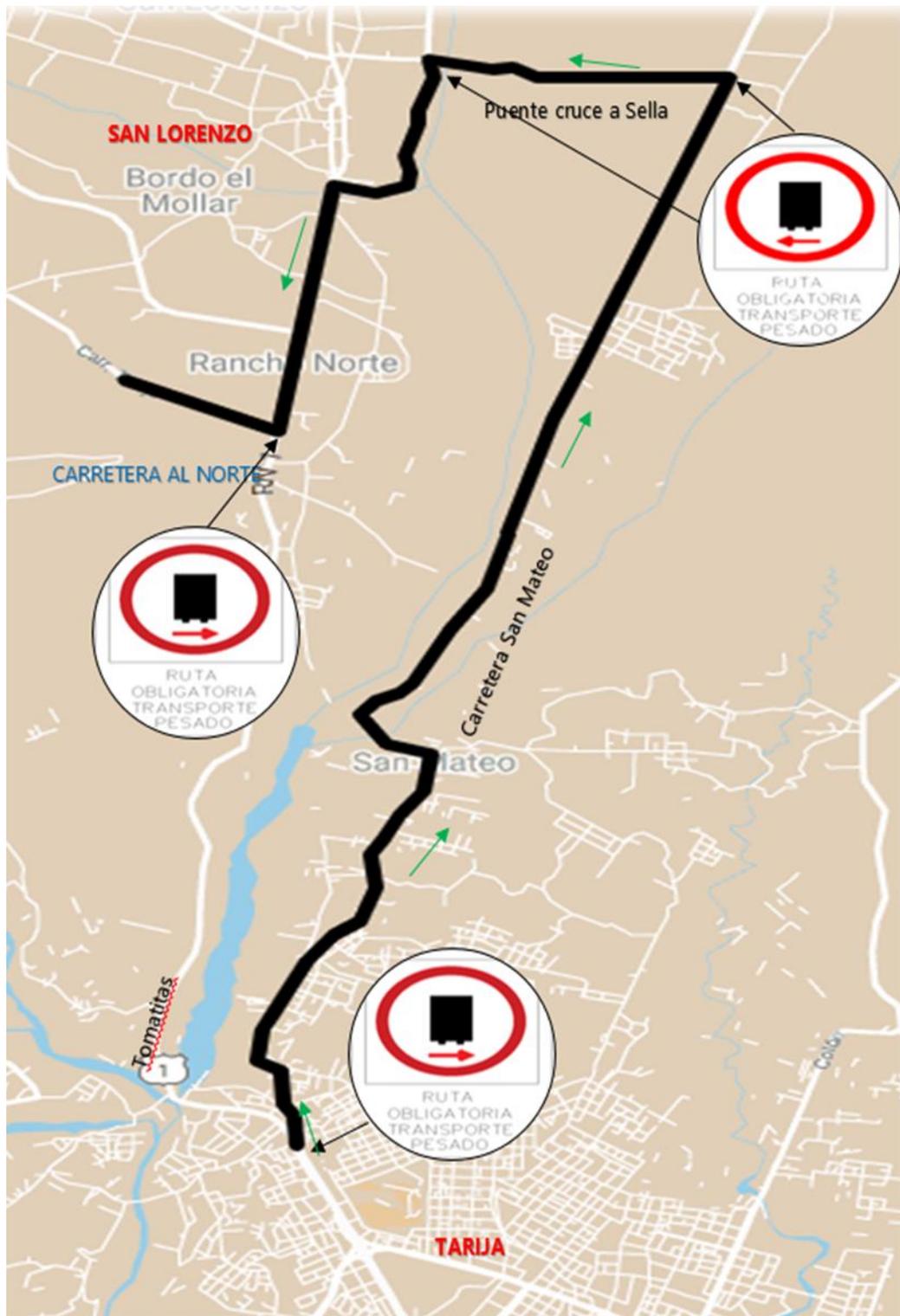
Con la utilización de la vía alterna para vehículos pesados por San Mateo logramos establecer un flujo estable en ambas vías de acceso por la zona norte de la ciudad de Tarija. Además las vías adquieren las siguientes características de capacidad y velocidad.

Tabla nro 87. Capacidad y velocidad en el acceso norte

	San Mateo		Tomatitas	
	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h	Capacidad real veh/h	Velocidad media de circulación km/h
Todos los Veh.	1120	30	2812	30
Veh. Pesados	238	20	124	18
Buses	15	25	8	22

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 18. Vía alterna en la zona norte



Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 3

La solución más factible y que reducirá el volumen de vehículos pesados por la vía de ingreso de Tomatitas y que además aliviara gran parte de la avenida circunvalación, esta última que por el crecimiento poblacional conjuntamente el parque automotor presenta congestión por el tráfico asfixiante en horas pico, Esta avenida fue ejecutada a principios de la década de los años 80, con el propósito de disponer de una vía que sea un colector del tráfico del extremo norte de la ciudad, que conecte las carreteras de vinculación nacional, hasta la fecha no se han ejecutado proyectos de planificación de tránsito que permitan aliviar el flujo en esta vía, por lo que una vía alterna para vehículos pesados sería la solución, y la vía en mención es la vía que nace en la avenida colon y circunvalación, y pasa por sella cercado hasta llegar a San Lorenzo, esta vía por sus características es ideal para el tránsito de vehículos de carga pesada, si bien el recorrido es mucho mayor al habitual por Tomatitas, 26 km es la longitud total de esta vía, desde la intersección av. Colon y av. Circunvalación hasta el conectar con la vía de vinculación nacional.

Esta vía es la solución más pronta y oportuna para la evacuación de vehículos pesados que por sus características y por sus bajas velocidades generan congestión en la tradicional vía por Tomatitas que ha servido como el único acceso para salida e ingreso de vehículos de todo tipo por la zona norte de la ciudad de Tarija.

Esta vía en su inicio en la intersección de la av. Colon y av. Circunvalación cuenta con dos carriles de 7 metros cada uno separados por una jardinera, al llegar al barrio Monte sud esta pasa a ser una carretera bidireccional con un ancho de ocho metros y mantiene sus características hasta pasar el puente que vincula Sella Méndez con San Lorenzo, posterior a esto se tiene un tramo de tierra de 1.66 km hasta llegar al ingreso al Municipio de San Lorenzo, la ruta continua y se conecta con la ruta número 1 de vinculación Nacional.

A continuación se muestra el volumen de vehículos pesados que circularía por la vía alterna propuesta.

Tabla nro 88. Vehículos pesados en la vía alterna San Lorenzo - Monte Sud

	Tomatitas		San Mateo		Volumen Veh/Hora
	Carril norte a sur	Carril sur a norte	Carril norte a sur	Carril sur a norte	
Veh. Pesados	48	50	23	20	141
Buses	3	3	1	1	8

Fuente: Elaboración propia.

Al contar con esta vía de uso obligatorio para vehículos de carga pesada también disminuimos el volumen en los accesos en la zona norte de la ciudad más propiamente en las vías de San Mateo y Tomatitas, además generamos un mejor nivel de servicio, los datos se muestran a continuación.

Tabla nro 89. Volumen reducido y nivel de servicio en el acceso norte

	Porcentaje de Volumen reducido (%)	Nivel de servicio
Tomatitas	9	C
San Mateo	12	B

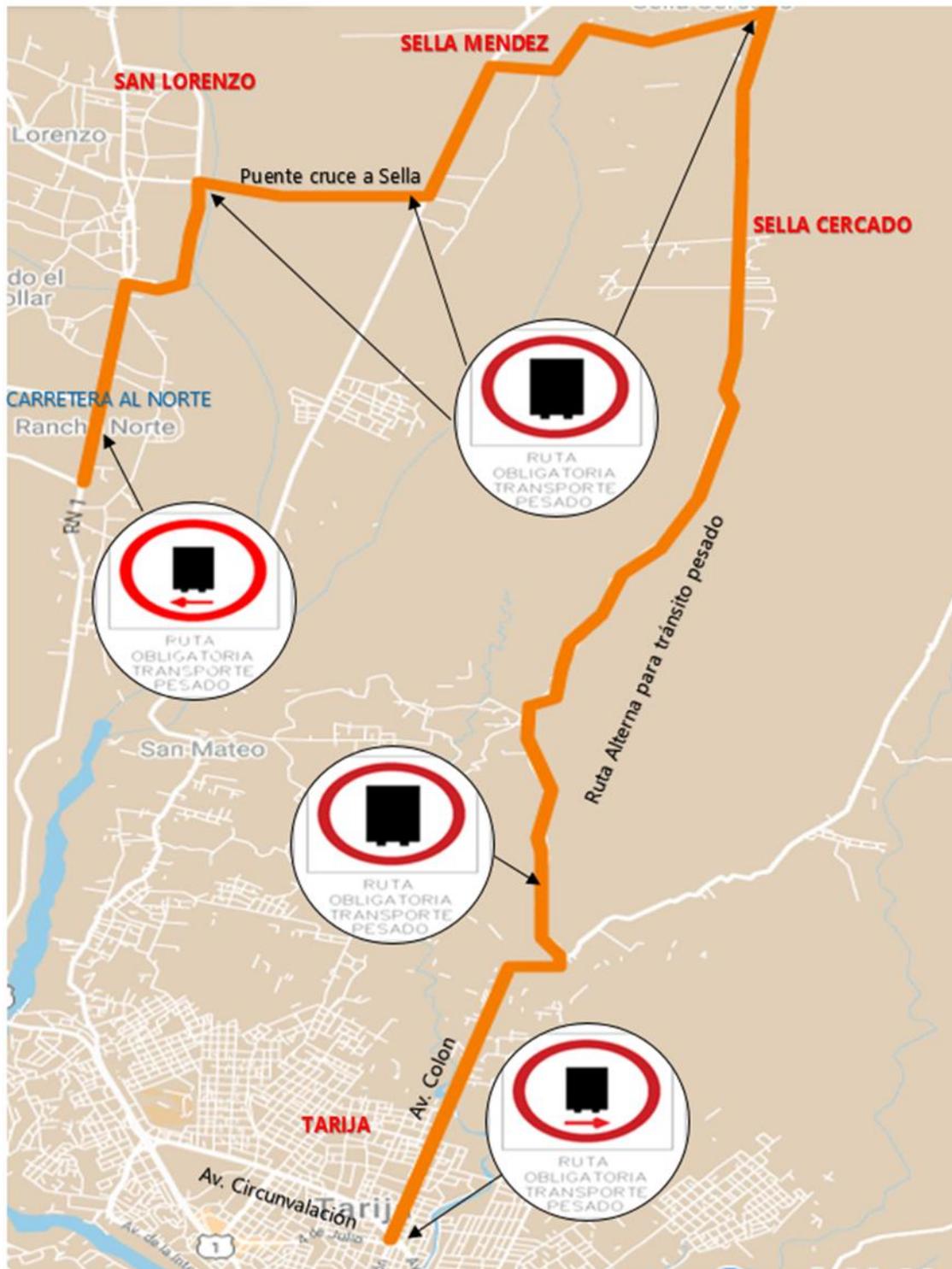
Fuente: Elaboración propia

Tabla nro 90. Características de la vía alterna San Lorenzo - Monte sud

Tramo	Long.	Ancho prom.	Superficie de rodadura
	(Km)	(m)	
Puente Sella - Sella Cercado - (Intersección Av. Colon y Av. Circunvalación)	24,4	7	Asfalto
San Lorenzo - Puente Sella	1,66	10	Tierra

Fuente: Elaboración propia.

Figura nro 19. Ruta alternativa para en tránsito pesado



Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 4

Otra de las propuestas es mejorar la señalización en el acceso sur para el tránsito de vehículos pesados sobretodo en la triple vía, la vía central de ingreso a la ciudad está destinada a la circulación de vehículos de carga pesada y estos deben circular por el carril derecho para de esta manera tener un flujo rápido para vehículos livianos.

La señalización correspondiente para esta parte de la ciudad en la zona de El Portillo en el acceso se muestra a continuación.

Figura nro 20. Señalización en el acceso Sur



Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 5

Una alternativa de solución para descongestionar el acceso norte es la señalización, para que vehículos pesados y livianos circulen por los carriles que les corresponden, este tipo de señalización corresponde a un mejoramiento y ordenamiento vial para hacer que las vías cumplan con la función con las que fueron diseñadas y es recomendable un mantenimiento periódico de las señales verticales y horizontales con el objetivo de brindar información oportuna a los conductores.

Una de las señales que es de carácter informativo para los conductores de vehículos pesados es el siguiente:

Figura nro 21. Señal de tránsito en el acceso Norte



VEHÍCULOS PESADOS
A LA DERECHA

Fuente: Administradora Boliviana de carreteras (ABC).

Figura nro 22. Señalización en el acceso norte

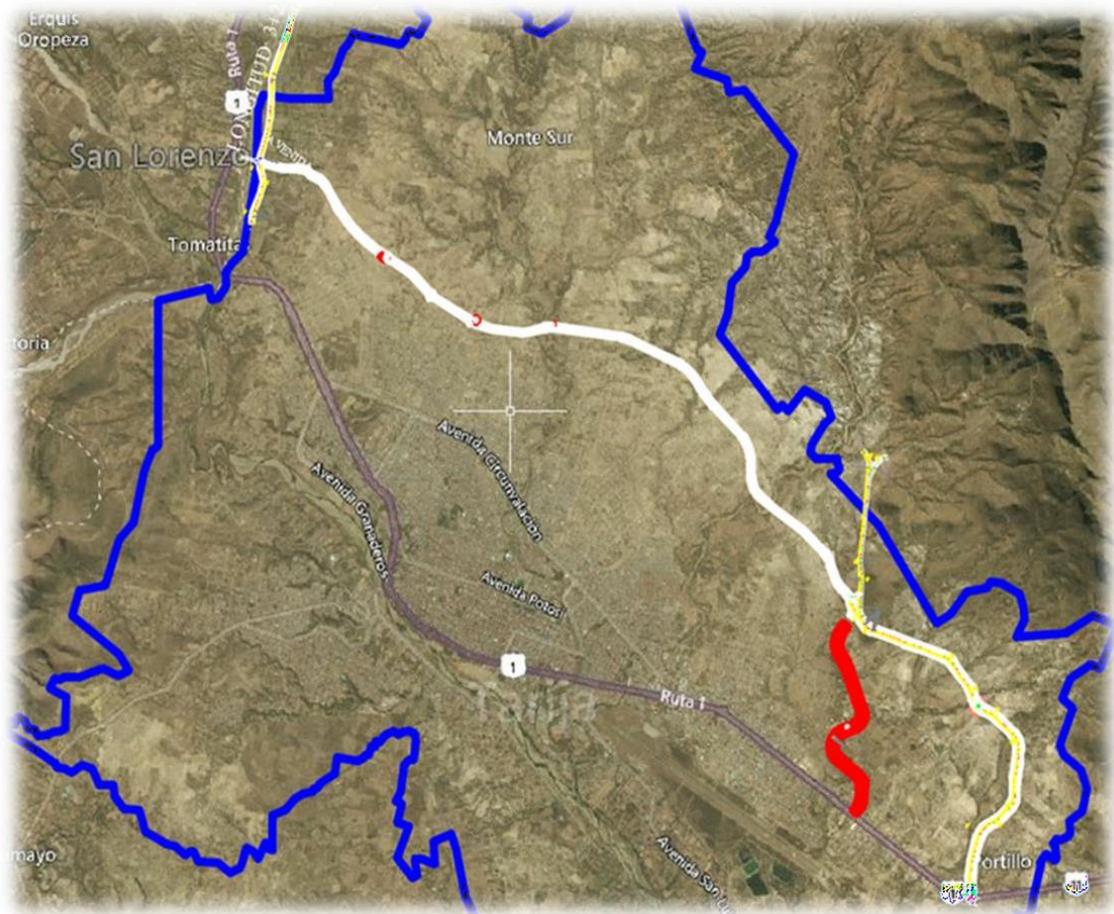


Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 6

En 2012 fue proyectada la segunda circunvalación y se preveía su emplazamiento desde la zona de Torrecillas hasta san mateo, hoy en día debido al crecimiento que ha tenido la ciudad de Tarija la Alcaldía a través de la Secretaría de infraestructura y servicios públicos proyecta su emplazamiento desde la zona de El Portillo hasta el Municipio de San Lorenzo tomando en cuenta que ahora se tiene la nueva terminal de buses y que en la zona norte se tiene una sola vía de acceso que es la de Tomatitas, por la que circulan todo tipo de vehículos entre estos vehículos de carga pesada, siendo que esta vía no es apta para su circulación por sus características.

Figura nro 23. Posible recorrido de las segunda circunvalación



Fuente: Secretaria de Planificación y desarrollo del municipio de Tarija.

Como propuesta para esta vía es que sea de circulación obligatoria para vehículos pesados que ingresan y salen de la ciudad de Tarija, y que tenga una señalización adecuada para que el tránsito por esta vía sea funcional y segura.

Hasta ahora se conoce que esta vía tendrá 13,8 kilómetros de longitud aproximadamente y 50 metros de ancho para la disposición de 4 vías, por lo que sin duda alguna será la mejor alternativa de solución para mejorar el nivel de servicio en las vías de acceso a la ciudad de Tarija.

Figura nro 24. Trabajos de apertura de la segunda circunvalación



Fuente: Periódico, El País, noticias Tarija.

Los recorridos de campo permitieron identificar los tramos típicos tanto desde el punto de vista del tráfico y las características de la vía, siendo estas:

Tabla nro 91. Tramos Representativos en la ruta del proyecto

Tramo	Long. (km)	Ancho prom. (m)	Tipo superficie rodadura	Condición
San Mateo – Gran Chaco	6.41	50	Tierra	Regular
Gran Chaco – Triangulo del Sur	7.40	50	Tierra	Regular

Fuente: Elaboración propia.

El tráfico vehicular tendrá mayor fluidez en las vías de Tomatitas, San Mateo esto en la zona norte y la triple vía en la zona sur de la ciudad de Tarija. En la siguiente imagen se muestra la segunda circunvalación de la ciudad de Granada en España que al igual que en nuestra ciudad fue diseñada como variante para el tráfico pesado y de esta manera aliviar el volumen de vehículos en todas sus vías.

Figura nro 25. Segunda circunvalación Granada



Fuente: Periódico Granada HOY, Agosto 2021.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La hipótesis planteada es nula, primero porque la muestra tomada no es representativa, los datos de volúmenes varían constantemente, además de que por las vías estudiadas no solo transitan vehículos pesados, casi el 90% de los vehículos que circulan por los accesos son livianos, segundo los vehículos pesados no son el único factor que dificulta el tránsito y fluidez en las vías analizadas, también están otros factores como las características de las vías, la falta de señalización, etc. Basándome en todos los aspectos antes mencionados acepto que la hipótesis formulada es nula.
- Las vías a estar con flujos próximos a ser inestables son los accesos por Tomatitas en el sector norte de la ciudad y el acceso por la carretera a Bermejo en el sector sur de la ciudad presentando los niveles de servicio D y C respectivamente.

Tabla nro 92. Niveles de servicio

Vía analizada	Nivel de servicio
Acceso norte	
Tomatitas	D
San mateo	B
Doble vía (norte a sur)	D
Doble vía (sur a norte)	D
Vía analizada	Nivel de servicio
Acceso sur	
Bermejo	C
El chaco	B
Triple vía (norte a sur)	C
Triple vía (sur a norte)	C
Triple vía (sur a norte) carril extremo	A

Fuente: Elaboración propia.

- Los vehículos pesados superan el diez por ciento en casi todas las vías, siendo la vía que une Tarija con Bermejo y la carretera a Tomatitas las que más afluencia de vehículos pesados tienen.

Tabla nro 93. Porcentaje de vehículos pesados y buses

	Porcentaje de vehículos	
	Veh. Pesados	Buses
Tomatitas	8,55	0,52
San Mateo	11,21	0,52
Bermejo	15,1	1,56
El Chaco	13,35	2,09

Fuente: Elaboración propia.

- En el acceso sur a pesar de contar con una triple vía, no se tiene un tránsito ordenado ya que presenta un nivel de servicio C, porque vehículos pesados y vehículos livianos no circulan por el carril que les corresponde. Si se mejora la señalización y se concientiza a los usuarios conductores se podría mejorar aún más el nivel de servicio en estas vías y se contaría con un flujo ordenado y estable.

Figura nro 26. Vehículo pesado circulando en el acceso sur El Chaco



Fuente: Elaboración propia.

- De acuerdo al análisis realizado en las vías de acceso hay unas con mayor volumen de vehículos y otras con un volumen mucho menor tal es el caso del acceso por Tomatitas y el acceso por San Mateo, el primero con un volumen de tráfico mayor y el segundo con solo el 30 % del primero, ambas tienen las mismas características de ancho vía, esto muestra que no se ha hecho un estudio de planificación sobre vías alternas en este sector, o en principio si por que la función de la vía que pasa por San Mateo es la de coleccionar parte del volumen que pasa por Tomatitas o por lo menos evacuar por esta vía a los vehículos de carga pesada, pero no se ha establecido como una ruta de circulación obligatoria para estos vehículos, en conclusión se tiene que habilitar y hacer que esta vía sea de circulación obligatoria para los camiones y buses.

Tabla nro 94. Volúmenes de vehículos pesados y buses

	Tomatitas		San Mateo	
	Carril norte a sur	Carril sur a norte	Carril norte a sur	Carril sur a norte
Veh. Pesados	48	50	23	20
Buses	3	3	1	1

Fuente: Elaboración propia.

- En la ciudad de Tarija se cuenta con una ruta autorizada para la circulación de vehículos pesados. Esta ruta fue definida con el propósito de aliviar el flujo en la zona sur de la ciudad de Tarija, aprovechando las condiciones de las vías que se tiene en la zona de Morros Blancos, los vehículos de carga pesada que llegan por las carreteras de Bermejo y El Chaco atraviesan la vía que es parte de la ruta Nacional hasta la rotonda de dicha zona en la que están obligados a girar hacia la avenida Octavio Campero E. hasta llegar a la avenida Baldivieso, para de esta manera ingresar a la avenida Circunvalación y así poder continuar su recorrido hasta la carretera a Tomatitas.

Figura nro 27. Ruta autorizada para vehículos pesados



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra los puntos en los que se tiene desvíos que existen para la circulación de vehículos pesados cada uno de ellos debidamente señalizado.

- A finales del mes de julio el puente de Tomatitas presento un deterioro superficial lo que preveía una falla estructural debido a la antigüedad del mismo ya que fue inaugurado el 12 de diciembre de 1928, y desde entonces ninguna institución se hace cargo de su refacción o mantenimiento, a raíz de este suceso y que instituciones como la ABC negaran tener competencias sobre el puente, el Municipio de Tarija en coordinación con el municipio de San Lorenzo tomaron cartas en el asunto y determinaron aliviar el flujo vehicular que día a día circulaba por esta vía, gestionando la vía por San Mateo como solución y que por esta circulen los vehículos de carga pesada de manera obligatoria. En ambos sentidos es decir tanto los que ingresan a la ciudad como los que salen. En una de las propuestas planteadas en el presente proyecto se determinó utilizar esta vía para evacuar a los vehículos pesados que salen de la ciudad de Tarija, En tal sentido con esta determinación tenemos como conclusión que la vía por San Mateo será la que utilicen los vehículos de carga pesada, en la siguiente tabla tenemos los volúmenes aproximados que tendrán estas vías.

Tabla nro 95. Volúmenes y Nivel de servicio en la vía San Mateo

	Carril norte a sur	Carril sur a norte	Total vehículos en la vía	Nivel de servicio
Todos los vehículos	267	241	508	C
Veh. Pesados	71	70	141	
Buses	4	5	9	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nro 96. Volúmenes y Nivel de servicio en la vía Tomatitas

	Carril norte a sur	Carril sur a norte	Total vehículos en la vía	Nivel de servicio
Todos los vehículos	536	510	1046	C
Veh. Pesados	0	0	0	
Buses	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia.

4.2 RECOMENDACIONES

- En principio las entidades encargadas del mejoramiento del tránsito en vías carreteras, accesos a la ciudad y vías urbanas deben promocionar y concientizar a los conductores acerca de las normas de tránsito y educación vial, además es primordial el mantenimiento de las señales verticales y horizontales, para garantizar la funcionalidad de cada una de las vías.
- La administradora Boliviana de Carreteras tiene que hacer cumplir la ley de control de pesos y dimensiones (ley de 25 de noviembre de 2013) ley número 441 para de cierta manera restringir vehículos pesados y Buses que superan las dimensiones o los pesos permitidos, tomando en cuenta las características de las vías de acceso en la ciudad de Tarija.
- El municipio debe establecer restricciones para vehículos pesados en los que las vías no son aptas o no son adecuadas para su circulación, como es el caso de Tomatitas, vía por la que ingresan vehículos de alto tonelaje de hasta 5 ejes, provocando la congestión vehicular y daños a la carpeta asfáltica, además de fatigar aún más la estructura del puente de Tomatitas. En su defecto es primordial habilitar vías alternas en el acceso norte y que sean de circulación obligatoria para los vehículos pesados.
- Es recomendable también la restricción de vehículos pesados y Buses en Horas pico con el objetivo de mejorar el flujo vehicular en los accesos a la ciudad de Tarija. Sin embargo es necesario generar un espacio para el estacionamiento momentáneo para este tipo de vehículos en lo que dura la restricción. De esta manera las avenidas urbanas de alto tráfico como ser la avenida Circunvalación y la avenida Panamericana llegan a tener un flujo estable de vehículos.
- Las señales de tránsito vertical y horizontal deben estar en constante mantenimiento para garantizar el cumplimiento de las normas de tránsito y la seguridad de conductores y peatones. La información que reciban los usuarios peatones y conductores a través de estas señales de tránsito ayudara a tener una circulación ordenada y segura.

- Es recomendable hacer aforos vehiculares de manera periódica para establecer las deficiencias que se puedan presentar en las vías ya que el parque automotor particularmente en Tarija crece entre 300 y 400 vehículos por mes. El estudio de ingeniería de tráfico en las vías más críticas permite establecer soluciones a corto, mediano y largo plazo. Lo importante de tener estudios de volúmenes vehiculares en vías es que se puede planificar y establecer propuestas de soluciones técnicas con el único objetivo de mejorar la ser viabilidad de la vía.
- Hacer una planificación oportuna en vías consideradas críticas o de alto tráfico puede garantizar soluciones oportunas y de bajo costo, además generamos vías con flujos estables y que brinden la seguridad a los usuarios peatones y conductores.
- Es recomendable señalar debidamente la vía alterna de San Mateo ya que esta será de uso obligatorio para el transporte pesado, también se debe poner en óptimas condiciones todo el trayecto de esta vía ya que en algunos tramos la viales de tierra y en algunos otros es demasiado angosto para la circulación de este tipo de vehículos, sim embargo esta determinación llega a aliviar de gran manera la vía por Tomatitas.