

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

Debido al aumento de la demanda de transporte y del tráfico vehicular en la ciudad de Tupiza se ha generado más congestionamientos y demoras en la circulación vehicular, es por eso que bajo el nombre de Ingeniería de Tráfico nace una nueva rama de la Ingeniería Civil que trata precisamente del aspecto funcional del camino, llámese calle o carretera.

Al realizarse mejoramientos o aperturas en vías urbanas por lo general no se realiza un estudio real de los parámetros del comportamiento del tráfico. Esto hace que en un futuro estas vías se vean congestionadas por conductores que se encuentran en serias dificultades para transitar estas vías, estas dificultades generan una problemática de tráfico que disgusta a conductores, peatones y a la población en general.

Bajo esas condiciones en este trabajo se realizó el “ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR DE LA CIUDAD DE TUPIZA”. Se analizó la situación del tráfico en las diferentes intersecciones (o puntos más conflictivos) donde los objetivos básicos del presente estudio son obtención, depuración y análisis de datos de aforos volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio y semaforización.

A partir de estos datos se analizaron y evaluaron desde el punto de vista de la ingeniería de tráfico vehicular, pero es necesario hacer énfasis en lo que representa el conocimiento de la capacidad y los niveles de servicio y que a partir de la determinación de los mismos se arrojaran las conclusiones, recomendaciones y acciones concretas a realizar en el momento y en el futuro si es que así resultasen de su análisis.

Con este estudio se pretende brindar información del tráfico que existe en dicha ciudad y cuyo estudio contribuirá en la búsqueda de soluciones, para que en un futuro las autoridades busquen solucionar dicho tráfico que es uno de los problemas que más aqueja la calidad de vida de la población de Tupiza, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por las calles con gran afluencia de tráfico vehicular.

1.2 Justificación

Años atrás la ciudad de Tupiza era apacible y tranquila con una población en crecimiento así mismo la demanda de vehículos se incrementó en gran manera según se incrementa la población. Esta situación fue cambiando en el transcurso de los años, por lo que ahora nos encontramos con un aumento desmesurado de la población y con el incremento del nuevo medio de transporte que son las motos taxis más conocidos en la región como (Toritos), razón que causa desde luego un tráfico vehicular desordenado, problemático con congestionamientos.

Actualmente la ciudad de Tupiza cuenta con un gran número de obras de infraestructura vial en construcción pavimentos rígidos, apertura de calles y mejoramiento de sus arterias, por ende, hacen que las condiciones de transitabilidad vayan mejorando y requiriendo de todos los aditamentos complementarios pero indispensables para la circulación del tráfico ya establecido en esta ciudad.

Con estas consideraciones y por no existir ningún tipo de estudio anterior similar al presente se ha planteado la elaboración del presente trabajo “ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR DE LA CIUDAD DE TUPIZA”, con la finalidad de dotar de los mecanismos de la que se dispone la ingeniería de tráfico para que a través de los mismos se den las alternativas de solución para su problema de tráfico, puesto que cualquier medida en beneficio de la seguridad de la población es deber y obligación de sus habitantes y autoridades. Brindando una mejor y continua circulación y haciéndola cómoda, confiable y segura para el conjunto de usuarios.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación Problémica

La ciudad de Tupiza en los últimos años ha sufrido un gran crecimiento poblacional y como consecuencia de esto también el parque automotor de la ciudad ha crecido considerablemente, es por esto que su vía urbana cuenta con niveles de servicios bajos, llegando en algunas ocasiones a congestionarse en horas pico, siendo las intersecciones o puntos de conflicto más urgentes de solucionar.

Como consecuencia de los nuevos medios de transporte como ser las motos taxis, es una realidad evidente el aumento de la circulación de vehículos en horarios específicos ocasionando la formación del congestionamiento de tráfico vehicular, que se pueden observar diariamente en colas de espera, demoras, accidentes, mal uso o uso inadecuado que se les da a los vehículos particulares y recorrido saturado de las líneas de transporte público.

Todo indica que seguirá agravándose al pasar de los años, constituyendo un peligro esto debido a la insuficiente capacidad que afecta a la transitabilidad y niveles de servicio, ausencia del sistema de semaforización y señalización en lugares necesarios y el poco respeto a la educación vial de los usuarios hacia las normas de tránsito. Generalmente estos factores hacen que se genere una sobredemanda del flujo vehicular sobre todo en las denominadas horas pico o punta que es el momento en donde se acentúa más este problema.

El estudio que se plantea es analizar y evaluar el comportamiento del tráfico vehicular en la Ciudad de Tupiza, para una óptima búsqueda de soluciones al problema de circulación vehicular, para el mejoramiento de los niveles de servicio de la vía, brindando una mejor y continua circulación y haciéndola cómoda, confiable y segura para el conjunto de usuarios.

1.3.2 Problema

De acuerdo al contexto anterior, el problema de investigación se plantea en los siguientes términos.

¿En qué medida el congestionamiento automovilístico incide en el tráfico vehicular en las calles y avenidas críticas de la ciudad de Tupiza?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el estudio de tráfico vehicular en la ciudad de TUPIZA en las calles y avenidas críticas, cuyo estudio contribuirá en la búsqueda de soluciones.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar fundamentos teóricos necesarios de la ingeniería de tráfico para el estudio del tema.
- Realizar aforos de volúmenes y tiempos, en intersecciones donde exista mayor flujo vehicular, para obtener volúmenes de tráfico promedio horario y velocidades en cada tramo.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio según los criterios del manual de carreteras con el método HCM de los EEUU.
- Diseñar el tiempo de ciclo de los semáforos por la norma AASHTO, con datos de aforo de volúmenes y velocidades, como parte de una alternativa de solución.
- Señalar parámetros de estacionamiento, señalización y transporte público.
- Analizar el impacto que causa las motos taxis en relación con otros vehículos.

1.5 Diseño metodológico

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración del presente Estudio de Tráfico de la ciudad de Tupiza son los referidos a la toma de datos: aforos y a la metodología empleada para conseguirlos.

1.5.1 Aforos de Volúmenes

Los aforos de volumen se realizaron durante 30 días (1 mes) se realizaron tres días a la semana; 2 días hábiles y un día no hábil. El conteo de los vehículos se clasificó por vehículos livianos como ser: (taxis, moto taxis, vagonetas, trufis y camionetas pequeñas),

los vehículos medianos como ser (camionetas y micros de las diferentes líneas, etc.) y los vehículos pesados (volquetas, tráilers, camiones grandes y flotas) tanto públicos como privados. Para ello se utilizó el método manual ya que este método es el más completo porque toma en cuenta varias variables como ser el tipo de vehículo si es liviano, mediano y pesado o público y privado.

Para el procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso se utilizó según la norma AASTHO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar.

1.5.2 Aforo de Tiempos para la Velocidad de Punto

Para el cálculo de la velocidad de punto se realizó aforos de tiempos también durante 1 mes en los mismos días y horas establecidas. Para ello se tomaron los tramos de la Avenida Regimiento Chichas, Calle Avaroa, Avenida Diego de Almagro, Calle Cochabamba, Calle Chuquisaca y Calle Santa Cruz.

Para hacer las aforaciones de los tiempos se utilizó el método del cronometro, se tomó una distancia de 25 metros en cada tramo.

Para luego teniendo los datos de los tiempos aforados se calculó la velocidad de punto en (km/h) según la norma AASTHO. Una vez calculada todas las velocidades de punto para cada tramo se sacó la media aritmética y la desviación, para proceder a la depuración de los datos que no se encuentren dentro del rango de depuración.

Finalmente se calculó el promedio de las horas pico de aforación.

1.5.3 Cálculo de Capacidades

Para el cálculo de capacidades se realizó con el método HCM del manual de los EEUU. De vías interrumpidas versión 1985 para cada intersección debido a que todos los estudios realizados de cálculos de capacidades en nuestro país fueron calculados con este método; ya que todavía no contamos con un manual de cálculo de capacidades para vías interrumpidas.

Con ese método se analizó cada acceso, que nos sirvió para el cálculo del nivel de servicio de todas las intersecciones.

1.5.4 Cálculo del Nivel de Servicio

Para determinar el nivel de servicio se realizó según los criterios del manual de carreteras con el método HCM de los EEUU.

1.5.5 Cálculo de la semaforización

En cuanto se refiere a la colocación de los semáforos se hizo un estudio de tráfico (aforos), vehiculares en las intersecciones o puntos más críticos.

1.5.6 Componentes

- **Unidades de estudio:** La unidad de estudio comprende sobre la determinación de parámetros del tráfico vehicular como ser la velocidad, volumen, capacidad y niveles de servicio. Además de la semaforización a partir de aforos manuales.
- **Población:** Tráfico Vehicular.
- **Muestra:** La muestra para realizar el Estudio de tráfico son las calles y/o avenidas con mayor congestionamiento vehicular.
- **Muestreo:** Los puntos de muestreo que se realizaron el estudio son:
Avenida Regimiento Chichas, Calle Avaroa, Calle Santa Cruz, Calle Cochabamba, Calle Santa Cruz y Avenida Diego de Almagro.

1.6 Métodos y técnicas empleadas

1.6.1 Métodos de aforo

Existen dos métodos de aforo: el manual y el automático.

- **Automático.** Este tipo de controladores es utilizado cuando se desea datos de más de doce horas continuas del mismo lugar, existen de diferentes tipos, entre los controladores permanentes se encuentran el de contacto eléctrico que consiste en una manguera que al paso del vehículo hace contacto con una tira metálica que cierra el circuito accionándose el dispositivo contador.

Entre los controladores se usa: detectores de radar que compara la señal que envía y recibe si existe diferencia entre estas señales indica el paso de un vehículo magnético al cruzar un campo magnético que es inducido por el aparato y si existe variación señala el paso de un vehículo.

- **Manual.** Es el procedimiento más simple porque se requiere de una persona con un lápiz anotando en una hoja de campo, con todos los movimientos y/o clasificación de los vehículos, y un acceso puede ser aforado por una sola persona, aunque accesos con volúmenes de tráfico alto se puede usar hasta dos personas para registrar los movimientos vehiculares.

Este método puede resultar más exacto que los automáticos si es que se puede contar con gente capacitada para el trabajo. El inconveniente de este método es el alto costo que resulta y el de usarse en aforos de corta duración.

En nuestro caso para los aforos de volúmenes se realizó con el método manual donde se tomó en cuenta las diferentes variables como el tipo de vehículo si es liviano, mediano o pesado clasificándolo en público o privado.

Para el aforo de tiempos y para el cálculo de velocidades se utilizó el método del cronómetro.

1.6.2 Descripción de los instrumentos para la obtención de datos

Los instrumentos que se utilizaron para la obtención de datos son los siguientes:

Planilla de aforos. Es donde se suministra toda la información general que se solicita.

Cámara fotográfica. Permitió tomar fotografías de las zonas de estudio.

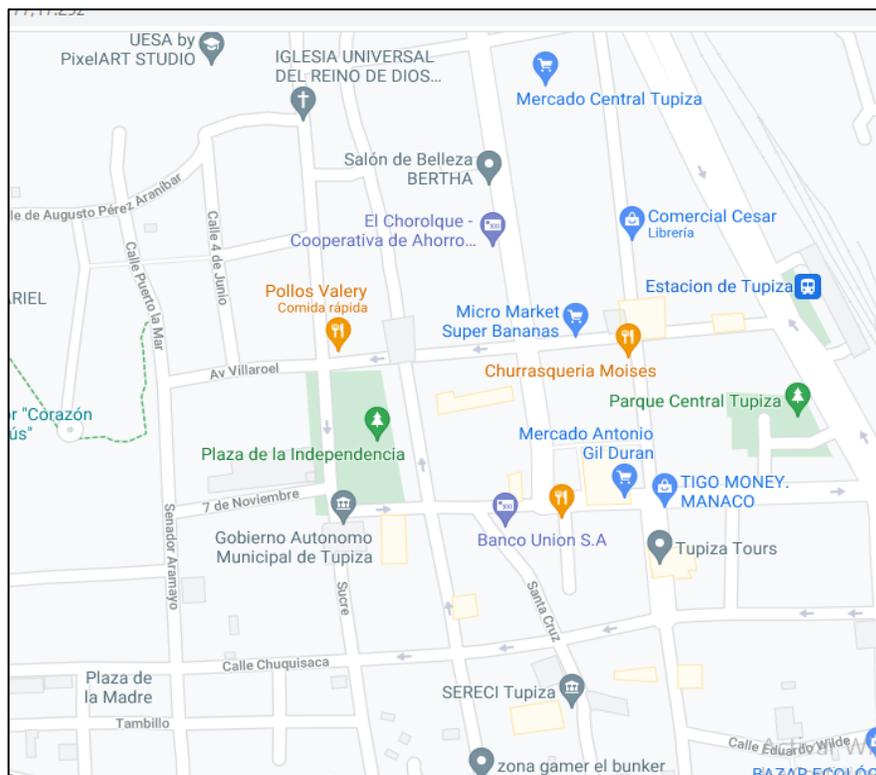
Figura 1. 1 Cámara Fotográfica



Fuente: Elaboración propia.

Plano. Para determinar las ubicaciones de los puntos de aforo.

Figura 1. 2 Plano



Fuente: Elaboración propia.

- **Cronómetro.** Es para controlar los intervalos de tiempo que recorre el vehículo en una determinada distancia de 25 metros.

Figura 1. 3 Cronómetro



Fuente: Elaboración propia

- **Cinta métrica.** Instrumento que nos permitió medir la longitud de un punto a otro punto.

Figura 1. 4 Flexómetro



Fuente: Elaboración propia.

- **Computadora.** Instrumento donde se realizó el contenido de este estudio como así también donde se procesa los datos obtenidos llegando así a un análisis minucioso.

Figura 1. 5 Computadora



Fuente: Elaboración propia.

1.6.3 Procedimientos de aplicación

1.6.3.1 Método manual para el aforo de volúmenes

Este método considera que el conteo de vehículos se realizó de forma manual por un observador quien en base a una planilla preestablecida se realizó el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La ventaja de este método está en que el aforamiento se puede hacer más completo, tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos si es liviano, mediano o pesado clasificando en privados o públicos, de frente, giro izquierda y derecha.

1.6.3.2 Método del cronometro para aforos de tiempos para cálculos de velocidades

Este método es el más utilizado para registrar velocidades de punto. Que se mide una distancia sobre la vía que se marca con pintura dos rayas sobre el mismo, donde se midieron los tiempos que tardaron los vehículos en recorrer esa distancia.

Este método es utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro.

1.6.4 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.6.4.1 Tratamiento de los datos (empleo de la estadística)

Para el tratamiento de datos para el cálculo del TPH se utilizó según la norma AASHTO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos si en algún caso se dispersen; también se utilizó un rango de depuración óptimo para tener mejores resultados de aforos de vehículos.

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

- **Media aritmética:**

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

Donde:

X= Media aritmética.

X_i = Valores de la variable x.

N = Número de valores observados.

- **Desviación estándar:**

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_j - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

X = Media aritmética

X_j = Valores de la variable x

N = Número de observaciones.

- **Rango de depuración Optima:**

$$X \pm \sigma$$

Donde:

X= Media aritmética

σ = Desviación estándar

1.7 Alcance

Uno de los aspectos fundamentales para la elaboración del presente estudio de Tráfico Vehicular de la ciudad de Tupiza son los referidos a la toma de datos de Aforos, y la metodología que se empleara para conseguirlo.

Se estudiará sobre el conocimiento general de los elementos del tráfico: elemento usuario, vía y vehículo más sus características y tipos de cada elemento; los parámetros esenciales del tráfico como ser la velocidad, volumen de tráfico, la capacidad y nivel de servicio.

En la capacidad se vera la capacidad en vías interrumpidas, con el método de cálculo del HCM de los EEUU. y el nivel de servicio, los diferentes tipos de niveles de servicio de una carretera más su respectiva determinación del nivel de servicio y semaforización.

Se hará la medición de los parámetros del tráfico de la velocidad, volúmenes de tráfico; en la velocidad haremos la medición en campo de la velocidad de punto, en los volúmenes de tráfico se tomara los datos de aforos que nos podrán servir para poder hacer el respectivo cálculo de todos los parámetros de la ingeniería de tráfico como velocidad de punto, volúmenes de tráfico, capacidad, niveles de servicio y semaforización; una vez teniendo todos los respectivos cálculos se hará un análisis de los resultados de cada parámetro.

Finalmente se dará a conocer todas las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos por el análisis y/o evaluación que resultasen de los cálculos obtenidos de datos de campo para así en un futuro tomar en cuenta dichas recomendaciones que ayuden a mejorar el funcionamiento y el buen desempeño de las calles y/o avenidas, brindando así comodidad y seguridad a los usuarios y las personas que viven en dichas zonas.

CAPÍTULO II

CONCEPTOS Y ELEMENTOS

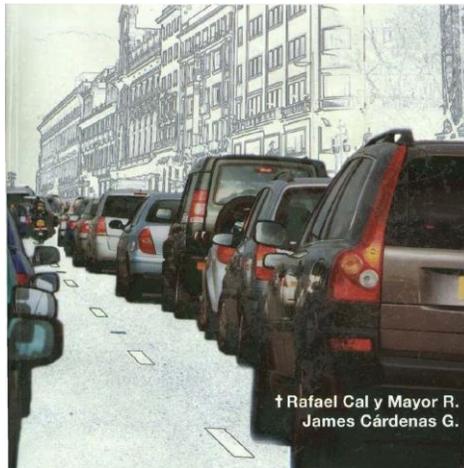
FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA

DEL TRÁFICO

2.1 Definición

La ingeniería de tráfico es una ciencia relativamente nueva que tiene como objetivo obtener la información actualizada sobre la circulación de vehículos relacionado con la vía y el usuario, analizar la problemática de esa circulación y plantear las soluciones para resolver los problemas a consecuencia de la circulación vehicular.

Figura 2. 1 Tráfico vehicular



Fuente: Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G.

2.2 Problema del tráfico

El tráfico tanto en las ciudades como en las carreteras tienen un problema causado por la diferente evolución de los elementos fundamentales que son vehículo, vía y usuario.

2.3 Solución al problema de tráfico

La ingeniería del tráfico es la ciencia que debe conseguir las soluciones adecuadas a los problemas generados por el tráfico, en ese afán se ha planteado que existe tres formas de soluciones que son:

2.3.1 Solución integral

Si el problema es causado por un vehículo moderno sobre carreteras y calles antiguas, la solución integral consistirá en construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este

vehículo, dentro de la previsión posible. Se necesitará crear ciudades con trazo nuevo revolucionario con calles destinadas al desplazamiento del vehículo moderno con todas las características inherentes al mismo.

Esta solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales por el alto costo que ello significa ya que tendría que reestructurar el sistema vial y el de los edificios y se necesitaría empezar por eliminar casi todo lo existente llevándose a cabo una urbana total.

Las carreteras y calles actuales tendrían que ser sustituidas por otras cuya velocidad de proyecto fuese por ejemplo de 130 kilómetros por hora o más.

2.3.2 Solución de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente se tiene con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos como calles angostas cruceros peligrosos obstrucciones naturales capacidad restringida falta de control en la circulación etc. pueden atacarse mediante la inversión necesaria que es siempre muy elevada. Entre las medidas que pueden tomarse están: el ensanchamiento de calles modificación de intersecciones rotatorias creación de intersecciones analizadas sistemas de control automático con semáforos estacionamientos públicos y privados etc.

2.3.3 Solución de bajo costo

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario y a la coherente localización de actividades con respecto al patrón de usos del suelo y a las características físicas del sistema vial de acceso. Incluye entre otras cosas la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito;

las medidas necesarias de educación vial; la organización del sistema de calles con circulación en un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de tránsito y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo; la

priorización y eficiente organización del transporte público de calles y aceras peatonales; así como las facilidades para la construcción de terminales y estacionamientos; etc. ¹

2.4 Bases de solución

Independientemente del tipo de solución, se ha establecido que por encontrar una de ellas, sustentada en bases ingenieriles se considera que debe haber las siguientes bases de solución:

2.4.1 Ingeniería de tráfico

Para que una solución este sustentada por los efectos y causas del problema es necesario realizar un estudio cuya ciencia es la encargada de ingeniería de tráfico. Ciencia que presentara la metodología para realizar las mediciones en campo. Toda esta información ingenieril permitirá un análisis sustentado cuya solución tenga resultado.

Figura 2. 2 Ingenieros de transporte trabajando en gabinete



Fuente: Elaboración propia.

2.4.2 Educación vial

La educación vial es una obligación integral donde instituciones educativas, medios de comunicación, organismos de transporte y organismos policiales deben mejorar criterios

¹ American Association of State Highway Officials. Public Roads ' f the Past. The First Roadbuilders 1952.

y esfuerzos, para que la educación vial mejore a nivel regional y nacional donde los ingenieros viales deben ser instrumentos para apoyar esta tarea.

Figura 2. 3 Educación vial en las calles



Fuente: Google.

2.4.3 La legislación y vigilancia policiaca

Es necesario que existan vigilancias y controles por organismos policiales de tránsito que está controlada por las entidades de nuestro país.

Figura 2. 4 Vigilancia policiaca haciendo cumplir la reglamentación del transporte



Fuente: Google.

2.5 Metodología de ingeniería de tráfico

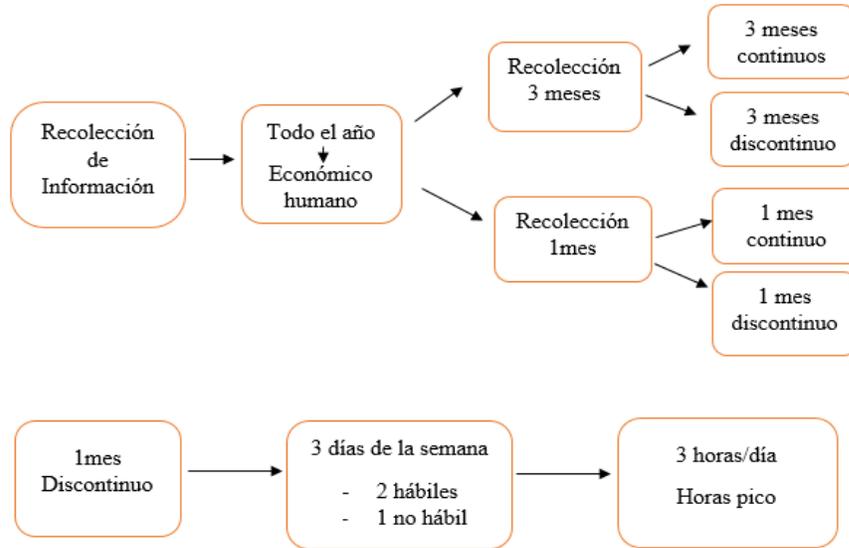
Para atacar este problema, debemos seguir cuatro pasos sucesivos, que permitirán el planeamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios serían los siguientes:

- Recopilación de información.
- Procesamiento de la información.
- Análisis de la información procesada.
- Planteamiento de soluciones.

2.5.1 Recopilación de los datos

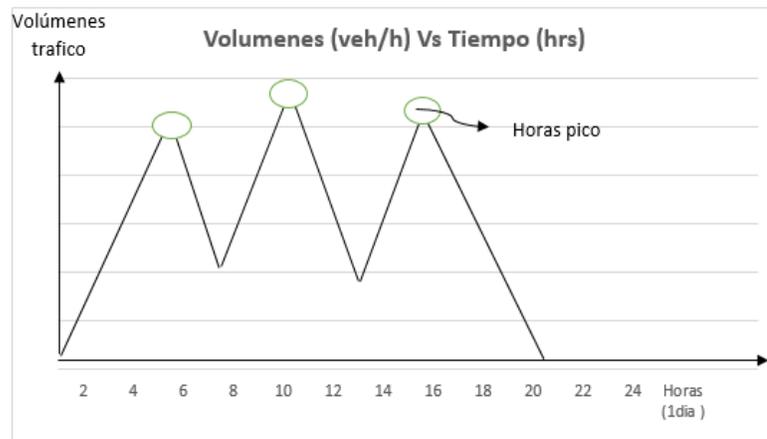
En esta recopilación de datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, aforos, mediciones, encuestas relevamiento. Los periodos de recolección de información pueden ser variables sin embargo la recomendación es la siguiente: si las condiciones operativas y presupuestarias nos dan la posibilidad esta recolección de información debe tener un tiempo de un año considerando todos los días del año esto permitirá tener datos históricos en todas las temporadas del año y en todas las horas del día. En la mayoría de los casos no siempre es posible esta resolución porque demanda muchos recursos económicos y humanos lo más frecuente desde la recolección de la información se realiza periodos menores que pueden ser 3 meses o 1 mes este último como mínimo además de reducir el periodo de recolección en meses también pueden reducirse en días consolidando solo 3 días a la semana, de manera que se tomen 2 días hábiles y 1 no hábil para la recolección de información.

Es también posible reducir las horas de recolección de información dentro de cada día tomando el criterio de las 3 horas pico que serían las principales del día cuya determinación debe realizarse en un trabajo previo durante una semana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.5 volúmenes vs. tiempo

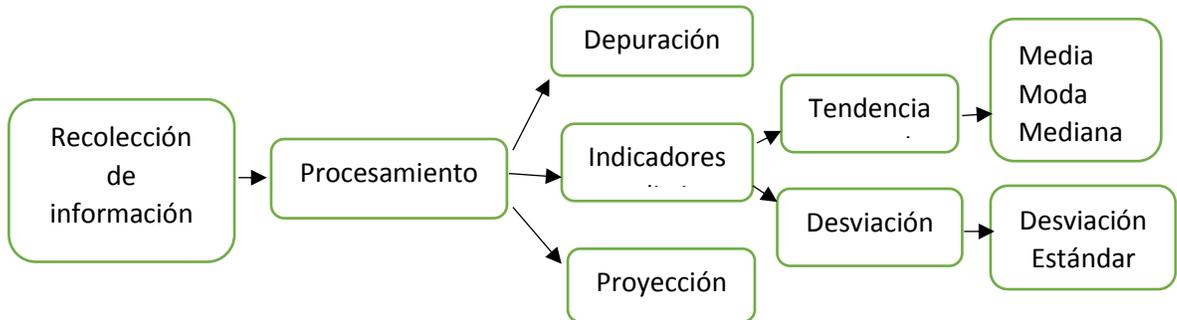


Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Procesamiento de Información

Una vez que se termine con la recolección de la información para los diferentes estudios que van a englobar el estudio de tráfico, se debe realizar el correspondiente procesamiento de información, dependiendo del tipo de información si son aforos, mediciones, encuestas éstas tendrán que ser procesadas totalmente y apoyado en la herramienta estadística, se

harán la depuración correspondientes y se determinarán indicadores de tendencia central, indicadores de desviación e indicadores de probabilísticos.



Rango de depuración

Óptima	$X \pm G$
Regular	$X \pm 2G$
Mínima	$X \pm 3G$

Donde:

X = Media

G = Desviación estándar

2.5.3 Análisis de la información procesada

Esta etapa es en la que la ingeniería de tráfico debe establecer las causas técnicas que originan el problema de manera que identificadas las causas se pueda establecer claramente que solución se debe adoptar y a que variable se debe atacar, este resultado debe salir de un análisis de todos los valores procesados y valores obtenidos de manera que sean el respaldo de la sección a determinar.

2.5.4 Planteamiento de soluciones

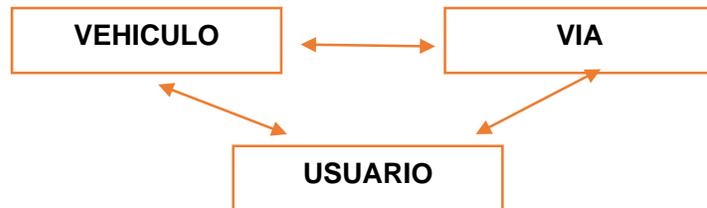
Una vez concluido con el análisis el siguiente paso es el planteamiento de la solución o las posibles soluciones que en realidad constituye el logro del objetivo del estudio para

ello en ingeniería de tráfico tendrá que basarse en el análisis realizado, en la vialidad técnica y en la vialidad económica.²

2.6 Elementos fundamentales del tráfico

Existen 3 elementos básicos que componen la Ingeniería de tráfico que son:

- El Usuario
- El Vehículo
- La Vía.



2.6.1 Elemento usuario

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la ingeniería de tránsito es importante analizar primeramente de manera muy general los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito y que por lo tanto interactúan entre sí; éstos Son:

- a) El usuario: conductores peatones ciclistas y pasajeros.
- b) El vehículo: privado público y comercial.
- c) La vialidad: calles y carreteras.
- d) Los dispositivos de control: marcas señales y semáforos.
- e) El medio ambiente general.

Siempre que se trate de la planeación estudio proyecto y operación de un sistema de transporte automotor el ingeniero de tránsito debe conocer las habilidades limitaciones y requisitos que tiene el usuario como elemento de la ingeniería de tránsito.

Los seres humanos como usuarios de los diferentes medios de transporte son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras quienes deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de poder ser controlados y guiados en forma apropiada. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito es con frecuencia uno de los factores que establece sus características. Se puede considerar como peatón potencial a la

² Rafael Cal y Mayor R. James Cárdenas G.

población en general, desde personas de un año hasta de cien años de edad. Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También, puede que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población. La fotografía de la figura ilustra en cierta manera esta afirmación.

Figura 2. 6 Peatones



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, es importante estudiar al peatón porque es, por jerarquía entre modos el más vulnerable, lo cual lo convierte en un componente importante dentro de la seguridad vial. En la mayoría de los países del mundo que cuentan con un número grande de vehículos, los peatones muertos anualmente en accidentes de tránsito ocupan una cifra muy alta. Muchos de los accidentes sufridos por peatones ocurren porque éstos no cruzan en las zonas demarcadas para ellos o porque no siempre los flujos están adecuadamente canalizados.

Tanto el conductor como el peatón, en muchos casos, no han asimilado el medio en que se mueven y lo que significan como usuarios del transporte. En las actividades comunes del conductor y el peatón, en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo situaciones anormales. Esto se nota más claramente en aquellos sitios en que el conductor del vehículo automotor no le cede el paso al peatón donde comparten un mismo espacio para circular. Y, por otro lado, con la gente que viene de fuera del medio, como el provinciano que llega a una ciudad; está indeciso en los cruces esperando un momento oportuno, sin saber de qué lugar vienen los vehículos y repentinamente trata de cruzar corriendo, o los peatones que cruzan por lugares no debidos.

Los vehículos poseen diferentes características que deben ser tenidas en cuenta tales como: las dimensiones el peso la potencia los radios de giro la velocidad el poder de aceleración y desaceleración la capacidad de frenado etc.

2.6.2 Elemento vehículo

2.6.2.1 Características del vehículo

Es el elemento que dentro de la problemática de tráfico ha sufrido más transformaciones a través del paso del tiempo, desde la aparición del vehículo actual que transita por calle y carreteras, este ha sufrido una gran evolución tanto en características físicas como operacionales. Pero lo que hay que lamentar es que esta transformación que ha sufrido el vehículo no ha sido paralela a la modernización de calles o carreteras, y por lo tanto se tiene vehículos de condiciones altamente tecnológicas que están circulando por calles y carreteras que no cuentan con la geometría adecuada ni la capacidad para absorber los tipos de vehículos contemporáneos, por eso es importante que al analizar el problema de tráfico se determine la influencia del vehículo como elemento fundamental del problema de tráfico.

Para analizar el vehículo como elemento fundamental podemos ver a este desde 2 puntos de vista:

- Características físicas.
- Uso o utilización del vehículo.

Características físicas

Los vehículos al ser integrantes del conjunto de circulación tanto en ciudades como en carreteras, tienen que ser elementos cuyas dimensiones estén acordes a los lugares por donde van a circular ya que de otra manera puede generarse una incompatibilidad que sea causa de generación de problemas de tráfico.

De las características físicas que son el ancho, largo y alto de los vehículos además del peso, las primeras geométricamente, sin duda, van a tener mayor influencia en la problemática del tráfico más aún en los trazos urbanos en donde las calles de circulación

vehicular sólo son una parte del equipamiento urbano; por lo tanto, las modificaciones físicas son más difíciles de realizar. Sin embargo, por otra parte, los centros urbanos tienen un parque automotor donde un gran porcentaje de los mismos son vehículos livianos cuyas dimensiones tienen una tendencia por los fabricantes, de reducir tanto el ancho como el largo. En el caso carreteras la situación es contraria, la tendencia de los fabricantes es de tener cada vez vehículos más largos que provocan mayores problemas especialmente en tramos curvos. En la actualidad existen normas o leyes en los diferentes países sobre las dimensiones y pesos que deben circular por carreteras o centros urbanos en nuestro país, se tiene una ley de carga donde se establecen los pesos límites que deben transitar por las carreteras, suponiendo que ese tipo de transporte no circula por los trazos urbanos y de hacerlo se establecerán rutas especiales de tráfico pesado.

Esta ley no es restrictiva en dimensiones de vehículos si no que establece características de vehículos tipo. A continuación, mostramos características y límites de diferentes tipos de vehículos:

Automóviles

Tabla 2.1 Dimensiones de automóviles

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	6,00 m	4,56 m
Ancho	2,06 m	1,14 m
Alto	1,75 m	1,25 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia.

Camiones

Tabla 2.2 Dimensiones de camiones

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	11,00 m	5,75 m
Ancho	2,44 m	1,88 m
Alto	3,81 m	1,75 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia.

Autobuses

Tabla 2.3 Dimensiones de autobuses

Dimensiones	Máximo	Mínimo
Largo	12,25 m	7,15 m
Ancho	2,44 m	2,44 m
Alto	2,90 m	2,44 m

Fuente: Ley de cargas SNC Bolivia.

Uso y utilización del vehículo

Es importante también tener en cuenta en el elemento vehículo el uso o la utilización que tiene este por los diferentes usuarios ya que debido a ello es muy probable que haya mayor incidencia de algunos vehículos que otros en el problema de tráfico.

Se entiende por usos a que si el vehículo es usado como elemento particular o como un elemento público, cuando el vehículo es usado para transporte particular; por lo general, este tipo de vehículos, si bien tiene un mayor porcentaje en el parque automotor, su comportamiento es variable en función a la utilización que le dan a los mismos, es decir que podrían ser vehículos que sirven para el transporte a los lugares de trabajo, los cuales son utilizados todos los días de la semana, pero con direcciones de flujo casi constantes; en otros casos, los vehículos particulares sólo son usados los fines de semana con fines de recreación, donde el flujo también esta incrementado hacia el área de esparcimiento de los centros urbanos.

Por otra parte, también existen otros vehículos particulares de carácter comercial cuya labor es la distribución de artículos que tendrán también sus flujos direccionales prácticamente constantes.

Los otros vehículos cuyo uso es de carácter público y que generalmente sirve de transporte de pasajeros, en algunos casos de carga, los cuales a pesar de tener rutas definidas por un volumen de tráfico permanente y constante resulta tener una mayor incidencia ya que ligado a este tipo de vehículos está el comportamiento del usuario peatón que es el usuario del transporte público en ciudades urbanas.

Uno de los grandes problemas de las ciudades es el manejo del transporte público debido al alto índice de utilización en función al crecimiento poblacional; por ello, en las grandes

ciudades con poblaciones que superan el millón de habitantes se han buscado soluciones estructurales como son el caso de sistema de ferrocarriles eléctricos, subterráneos, etc. En nuestro medio, sin contar con una población demasiado grande, el transporte público tiene una incidencia muy importante en el problema del tráfico por dos razones fundamentales: Por el incremento considerable del parque automotor en el transporte público a nivel de taxis, micros, colectivos y minibuses.

Por qué ese parque automotor de transporte público tiene establecidos sus flujos principales de circulación sobre las calles de mayor volumen de tráfico.

2.6.3 Elemento vía

Uno de los patrimonios más valiosos con el que cuenta cualquier país es su infraestructura y en particular la del sistema vial por lo que su magnitud y calidad representa uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. Por esto es común encontrar un excelente sistema vial en un país de un alto nivel de vida y un sistema vial deficiente en un país subdesarrollado.

Se entiende por vía o camino aquella faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras y a nivel urbano las calles de la ciudad. El diseño geométrico de las carreteras y calles incluye todos aquellos elementos relacionados con el alineamiento horizontal el alineamiento vertical y los diversos componentes de la sección transversal.

2.6.3.1 Clasificación de una red vial

Son diversas las clasificaciones que existen de una red vial usualmente cada país cuenta con una particular; sin embargo, a continuación, se presentan algunas de las clasificaciones más comunes.

1) Clasificación funcional

Dentro de un criterio amplio de planeación la red vial tanto rural como urbana se debe clasificar de tal manera que se puedan fijar funciones específicas a las diferentes carreteras y calles, para así atender las necesidades de movilidad de personas y mercancías, de una manera rápida, confortable y segura, y a las necesidades de accesibilidad a las distintas

propiedades o usos del área colindante. Para facilitar la movilidad es necesario disponer de carreteras y calles rápidas y para tener acceso es indispensable contar con carreteras y calles lentas Naturalmente entre estos dos extremos aparece todo el sistema de carreteras rurales y calles urbanas. En términos generales, las carreteras y las calles pueden clasificarse funcional-mente en tres grandes grupos: principales (arterias), secundarias (colectoras) y locales.

Las carreteras y calles principales son de accesos controlados destinados a proveer alta movilidad a grandes volúmenes de tránsito de paso y de poco o nulo acceso a la propiedad lateral; mientras que las carreteras y calles locales son de accesos no controlados que proveen fácil acceso a la propiedad lateral, de volúmenes de tránsito menores y raramente utilizadas por el tránsito de paso.

La clasificación funcional es clave en el proceso de planeación del transporte ya que agrupa las distintas carreteras y calles en clases o sistemas de acuerdo al servicio que se espera presten. La clasificación funcional contribuye a la solución de muchos problemas mediante:

- La determinación de la importancia relativa de las distintas carreteras y calles.
- El establecimiento de las bases para la asignación de niveles de servicio o especificaciones de proyecto.
- La evaluación de deficiencias comparando la geometría actual o los niveles de servicio con las especificaciones.
- La determinación de las necesidades resultantes
- La estimación de los costos de las mejoras.

2) Sistema vial urbano Con el propósito de unificar y simplificar la nomenclatura se sugiere la siguiente clasificación:

- Autopistas y vías rápidas las autopistas son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene

separación total de los flujos conflictivos en tanto que una vía rápida puede o no tener algunas intersecciones a desnivel, pero puede ser la etapa anterior de una autopista. Estos dos tipos de arterias forman parte del sistema o red vial primaria de un área urbana.

- Calles principales son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas las direcciones.
- calles colectoras son las que ligan las calles principales con las calles locales proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.
- calles locales proporcionan acceso directo a las propiedades sean éstas residenciales comerciales industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local hacia las residencias Se conectan directamente con las calles colectoras y o con las calles principales.

3)Vías rurales (carreteras) Se tienen los siguientes tipos de carreteras: En general corresponden a etapas de construcción y se dividen en:

- Carretera de tierra o en terracerías: su superficie de rodamiento es en tierra. En la mayoría de los casos solo es transitable en tiempos secos.
- Carretera revestida: aquellas a cuya superficie de rodamiento se le ha aplicado un tipo de revestimiento diferente a una capa de pavimento. Son transitables en todo tiempo.
- Carretera pavimentada: aquellas carreteras cuya superficie de rodamiento corresponde a una capa de tratamiento superficial de asfalto o de concreto.

Las características de la vía que esta relaciona con la problemática del tráfico. Es básicamente la característica geométrica.

2.7 Características geométricas

Entre las características geométricas de la vía que están caracterizadas tenemos las siguientes: Ancho de carril, de calzada, sección transversal, pendiente intersección.

- **Ancho de carril**

Este elemento de la vía condiciona la capacidad vehicular es decir a mayor ancho de carril mayor capacidad vehicular para retención, tenemos algunos valores normalizados de anchos de carril tanto de vías urbanas como en carreteras.

Tabla 2.4 Anchos de carril

Vías urbanas	Carreteras
2,5 m	2,50 m
3,0 m	3,05 m
3,5 m	3,35 m
4,0 m	3,50 m
4,5 m	3,65 m

Fuente: Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.

- **Ancho de calzada**

Los anchos de calzada de vías están relacionados con el número de carriles por sentido que pueda tener la vía urbana de carretera. Se tienen algunos valores tanto en vías urbanas como carreteras.

Tabla 2.3 Anchos de calzada

Vías urbanas	Carreteras
5 m	5 m
6 m	6,1m
7 m	6,7 m
8 m	7,0 m
9 m	7,3 m
10 m	10,5 m

Fuente: Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.

- **Sección transversal**

La sección transversal de la carretera o de una vía urbana está relacionada con los dos aspectos anteriores es decir el ancho de carril y ancho de calzada y otros elementos geométricos adicionales como ser:

Aceras, bordillos, jardines, talud de relleno, etc.

- **Pendiente**

Otro de los aspectos geométricos que influyen en la circulación de los vehículos es la pendiente longitudinal de las vías es decir a mayor pendiente menor velocidad y menor volumen de tráfico y a menor pendiente mayor velocidad y mayor volumen de tráfico.

Las pendientes que se utilizan en vías urbanas están en el orden de 0,5% a 4% y en las carreteras de 0,5% a 12%.³

2.8 Parámetros fundamentales del tráfico

El ingeniero vial debe conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de proyectos viales y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.

2.8.1 Velocidad (v)

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto.

Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener

³ Ingeniería de Tránsito, Fundamentos y Aplicaciones, 8a. Edición - Rafael Cal y Mayor R., James Cárdenas G.

así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo.

La velocidad necesaria dentro de la ingeniería de tráfico para evaluar el comportamiento de los vehículos que circulan en la vía, siendo su relación para fines de medición la siguiente:

$$\text{VELOCIDAD} = \frac{\text{ESPACIO RECORRIDO}}{\text{TIEMPO UTILIZADO}}$$

Bajo esta relación existen diferentes velocidades que pueden ser medidas o determinadas con el objeto de mostrar el comportamiento de los vehículos en la circulación, entre esas velocidades tenemos:

- Velocidad de punto o fijo libre
- Velocidad de recorrido total
- Velocidad de crucero
- Velocidad directriz o de diseño
- Velocidad de circulación media
- Velocidad percentil.

2.8.1.1 Velocidad de punto o fijo libre

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía.

Los estudios de velocidad de punto se aplican para:

- Determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en un tramo especificado
- Determinar la relación entre accidentes y velocidad que pueda ayudar a tomar medidas de corrección para evitar accidentes
- Establecer límites de velocidad máxima y mínima
- Determinar longitudes en zonas de rebase prohibido
- Localizar y definir los tiempos de semaforización

2.8.1.2 Velocidad de recorrido total

Conocida también como velocidad de recorrido total, queda definida como la distancia total recorrida, en un tramo relativamente largo, dividida entre el tiempo total de recorrido. En el tiempo de recorrido se incluye las demoras debidas al tránsito ajenos a la voluntad del conductor, no incluye demoras fuera de la vía como ser: lugares de recreación, restaurantes, estaciones de servicio, etc. Se obtiene entonces la velocidad de recorrido como un promedio de velocidades desarrolladas por un grupo de vehículos.

2.8.1.3 Velocidad de cruceo

La velocidad de marcha o velocidad de cruceo se define como la distancia total recorrida dividida entre el tiempo de marcha. El tiempo de marcha excluye todas las paradas y demoras.

2.8.1.4 Velocidad directriz o de diseño

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tráfico son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a: la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es conveniente mantener constante la velocidad de proyecto, pero dadas las limitaciones topográficas que se puedan presentar, la velocidad de proyecto puede variar en distintos tramos de la vía.

No se debe usar velocidades de proyecto muy altas, debido a que se encarece la obra y el ahorro de tiempo de viaje no es muy significativo.

2.8.1.5 Velocidad de circulación media

Es la resultante del promedio de la circulación de punta que se realizan en un punto en específico de un conjunto de puntos al que corresponde el área de estudio para realizar la

obtención del valor es necesario hacer una media la cual se obtiene el volumen medio y la desviación del conjunto del valor inmediato

2.8.1.6 Velocidad percentil

En varios estudios de velocidades se debe considerar que los valores percentiles que son un porcentaje de validez a un conjunto de datos cuya aproximación corresponde a un percentil determinado, el más útil es el 85 que corresponde al 85% de los vehículos aforados, tendrán una velocidad similar al valor de la velocidad media a un 85%

2.8.2 Volumen

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de tránsito generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, llenando así una serie de satisfacciones y oportunidades ofrecidas por el medio ambiente circundante. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día. Al proyectar una carretera o calle, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Los errores que se cometan en la determinación de estos datos, ocasionarán que la carretera o calle funcione durante el período de proyecto, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó, o mal con problemas de congestión por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son

expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

La tasa de flujo o flujo es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección Se expresa el flujo de la siguiente manera:⁴

$$\text{VOLUMEN} = \frac{\text{CANTIDAD DE VEHÍCULOS}}{\text{UNIDAD DE TIEMPO}}$$

2.8.2.1 Uso de los volúmenes de tráfico

De una manera general los datos sobre volúmenes de tránsito son utilizados en el siguiente campo:

- Ingeniería de tránsito:
- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades.
- Caracterización de flujos vehiculares.
- Zonificación de velocidades.
- Necesidad de dispositivos para el control del tránsito.
- Estudio de estacionamientos.

2.8.2.2 Estudio de volúmenes de tránsito

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan con relación al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios. Estos estudios varían desde los muy amplios en toda una red o sistema vial, hasta los muy sencillos en lugares específicos tales como en intersecciones aisladas, puentes, casetas de cobro, túneles, etc. Las razones para llevar a cabo los estudios de volúmenes de tránsito son tan variadas como los lugares mismos donde se realizan. El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la

⁴Ingeniería De Tránsito Fundamentos Y Aplicaciones Rafael Cal Y Mayor

aplicación que se le vaya dar a los mismos. Así, por ejemplo, algunos estudios requieren detalles como la composición vehicular y los movimientos direccionales, mientras que otros sólo exigen conocer los volúmenes totales. También, en algunos casos es necesario aforar vehículos únicamente durante períodos cortos de una hora o menos, otras veces el período puede ser de un día, una semana o un mes e inclusive un año. Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, para lo cual se ha generalizado el uso de aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen: los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente Útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular.⁵

Las fotografías de la figura 2.7 y 2.8 ilustran las técnicas manuales y automáticas de aforos vehiculares.

Figura 2. 7 Técnica aforo manual



Fuente: Elaboración propia.

⁵ Cal y Mayor y Asociados, S. C. Aforos.

Figura 2. 8 Técnica aforo Automático



Fuente: Google.

2.8.2.3 Grado de comportamiento de los vehículos

El parámetro de volumen de tráfico es uno de los más importantes para el análisis del problema de tráfico debido a que la cantidad de vehículos que circulan por las vías no siempre están absorbidas por la capacidad de las mismas, generando congestión, reducción de velocidad, incremento de estacionamientos, desorden en ascenso y descenso de pasajeros, etc.

El volumen de tráfico desde el punto de vista conceptual es la relación entre la cantidad de vehículos que pasa en una sección de la vía en un tiempo determinado que puede ser Horario, Diario, Semanal, Mensual o Anual.

Desde el punto de la ingeniería de tráfico son dos parámetros los más utilizados que son:

- a. Tráfico promedio Horario (TPH)
- b. Tráfico promedio Diario (TPD)

2.8.2.3.1 Tráfico promedio Horario (TPH)

Es el registro más importante sobre la cantidad de vehículos que circula por las vías ya que nos muestra la variabilidad necesaria para obtener las horas donde hay problema de tráfico y en base a esa información buscar soluciones.

2.8.2.3.2 Trafico promedio Diario (TPD)

El TPD es una medida de tránsito fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días. En función del número de días del periodo establecido, los volúmenes de tránsito promedio diarios se clasifican en:⁶

$$\text{TPD} = \frac{\text{TPH}}{12 - 15\%}$$

La obtención de los valores horarios y diarios del volumen de tráfico se puede realizar con dos sistemas:

- a. Sistema Manual.
- b. Método Automático.

Sistema Manual. - Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo con el tipo de datos a recabar en la vía, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser:

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año.

Método mecánico

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

- Detectores neumáticos: consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.
- Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo

⁶ Ingeniería De Tránsito Fundamentos Y Aplicaciones Rafael Cal Y Mayor

cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.

- Fotografías: se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos.

2.8.3 Densidad vehicular

Es el conjunto de vehículos por unidad de espacio de manera que muestre la ocupación de la vía por el conjunto de vehículos que circula por ella.

La densidad vehicular se puede determinar y medir, es decir se puede determinar a través de la relación entre velocidad y el volumen establecido de la siguiente relación:

$$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{VOLUMEN}}{\text{VELOCIDAD}} \text{ (Veh/ Km)}$$

2.8.3.1 Variables relacionadas con la densidad

Las variables del flujo vehicular relacionadas con la densidad son la densidad o concentración, el espaciamiento simple entre vehículos consecutivos y el espaciamiento promedio entre varios vehículos.

Densidad o concentración vehicular. Se define la concentración o densidad de tráfico como el número de vehículos que ocupan una longitud específica de una vía en un momento dado. Por lo general se expresa en unidades de vehículos por kilómetro (veh/km). Ya sea referido a un carril o a todos los carriles de una calzada, según la figura se calcula como:

$$k = \frac{N}{D}$$

Donde:

k = Densidad o concentración de tráfico (Veh/km)

N = Número de vehículos (Veh)

d = Distancia o longitud (Km)

Espaciamiento simple. Es la distancia entre el paso de dos vehículos consecutivos, usualmente expresada en metros y medida entre sus defensas traseras.

Espaciamiento promedio. Es el promedio de todos los espaciamentos simples, existentes entre los diversos vehículos que circulan por una vialidad. Por tratarse de un promedio se expresa en metros por vehículo (m/veh).⁷

2.9 Capacidad

Es el máximo número de vehículos que puede transitar por un punto o tramo uniforme de una vía (en este caso de dos carriles) en los dos sentidos, en un periodo determinado de tiempo, en las condiciones imperantes de la vía y el tránsito.

2.9.1 Capacidad y Nivel de servicio de una vía

El cálculo de la capacidad de una vía, así como de su nivel de servicio, ofrece algunas diferencias dependiendo de la metodología empleada, por ello, se presenta inicialmente lo concerniente al “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos carriles” del Instituto Nacional de Vías de Colombia (INVIAS) y posteriormente al “Manual de Capacidad Vial 2000” del Consejo de Investigaciones del Transporte de los Estados Unidos (TRB por su sigla en inglés).

La capacidad depende de las soluciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas, condición del pavimento, etc.) y las del tráfico (especialmente su composición y circulación). Además, habrá que tener en cuenta las regulaciones de la circulación que existan (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamientos, etc.) y que influirán sobre el tráfico.

En este sentido, la capacidad de una sección de una carretera podrá alcanzar un valor máximo cuando sus propias condiciones y las del tráfico sean óptimas, lo que corresponde a una capacidad en condiciones ideales.

Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión de a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

⁷ Ingeniería De Tránsito Fundamentos Y Aplicaciones Rafael Cal Y Mayor

- 1) Vías Ininterrumpidas.
- 2) Vías Interrumpidas.

1) Vías Ininterrumpidas

Se consideran vías ininterrumpidas aquellas que dentro de su trazo por el cual circula el flujo vehicular no tienen interrupciones y si los hay son en escasa continuidad con relación a la longitud de recorrido en este tipo de vías están consideradas las autopistas, las carreteras multi carril y las carreteras de dos carriles.

De estas solo estudiaremos la capacidad vehicular de dos carriles porque el 98% de la red del país son este tipo de carreteras sin embargo las metodologías para el cálculo de capacidad son diferentes para cada una de ellas.

2) Vías Interrumpidas

Las vías interrumpidas son aquellos que, por la presencia de flujos transversales al flujo principal, son interrumpidas en forma periódica, en este caso están todas las vías urbanas, porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadrículado, con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que permite un flujo transversal al flujo principal.

2.9.2 Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM de los EEUU versión 1985

Para la determinación de la capacidad en calles se ha establecido a partir de innumerables estudios que los lugares más críticos son los accesos de las intersecciones y es ahí donde se debe determinar la capacidad que se presentará a la capacidad de las calles.

Al igual que para la capacidad de carreteras el manual de capacidad HCM de la administración federal de los EEUU versión 1985 han determinado las bases para obtener los valores de capacidad en vías interrumpidas para ello se establece la siguiente metodología. El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

- a) Determinación de la capacidad teórica o ideal.
- b) Determinación de la capacidad practica o posible.

c) Determinación de la capacidad real.

a) Capacidad teórica

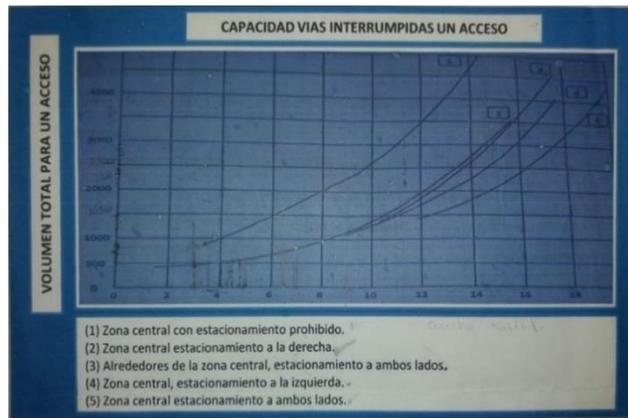
Se ha establecido a partir de varios estudios que se han desarrollado en varios tipos de intersecciones tomando en cuenta dos factores esenciales: el ancho del acceso y las características funcionales.

El ancho de acceso Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener un nuevo acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

Características funcionales Están básicamente la posibilidad de estacionamiento en los accesos y la ubicación de la intersección en el entorno del trazo urbano.

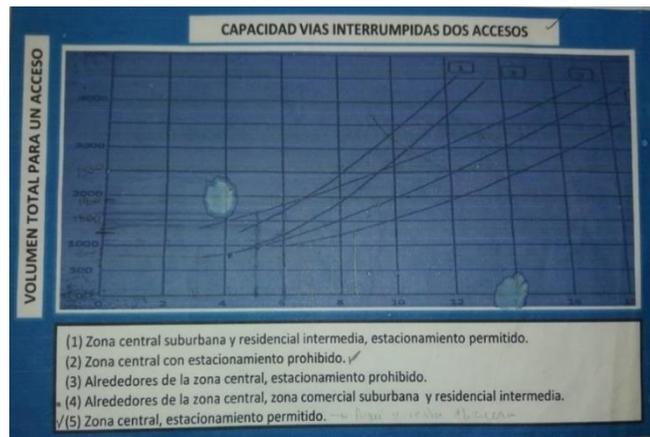
Es decir, si está en zona central, intermedia o periférica. Tomando estos dos factores se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Tabla 2.5 Ábacos de capacidad de vías interrumpidas un acceso



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez

Tabla 2.6 Ábacos de capacidad de vías interrumpidas dos accesos



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

b) Capacidad practica o posible

Se ha visto que la capacidad teórica puede tener variabilidad en el tiempo debido a otros factores o variables como las variaciones de flujo o volúmenes, variaciones de las condiciones de los accesos a los días meses o épocas del año, motivo por cual por seguridad sea establecido que hay una capacidad practica o posible que es igual al 10% menos de la capacidad teórica.

Es decir, para tener la capacidad practica se debe multiplicar un factor de 0,9 a la capacidad teórica.

$$\text{Cap. practica} = \text{Cap. teórica} * 0,9$$

c) Capacidad real

las condiciones particulares de cada acceso hacen que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores de reducción que está dada por una metodología ya establecida.

Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierdos, giros derechos, paradas antes o después de la intersección, estacionamientos, etc.

Factores de reducción

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y estos son:

- Giros
- Estacionamiento
- Veh. Pesados
- Paradas antes y después de la intersección.

Una vez determinada la capacidad real y teniendo el volumen del acceso se calcula la relación Vol./capacidad.

Se define capacidad en vías interrumpidas la cantidad máxima de vehículos que circulan por las calles o lugares críticos en las calles como intersecciones en un determinado tiempo normalmente de 1 hora. A diferencia de la capacidad que tienen las carreteras, en las calles existen otras condiciones diferentes de circulación de volumen de tráfico, de maniobras de interrupciones, de flujo peatonal, etc.

Estas condiciones hacen que la capacidad en las calles sea diferente a la capacidad en carreteras.

La metodología que sigue para determinar los factores reducción son las siguientes:

Por giros

Sustraer 0,5 % por cada 1 % en el que el tráfico gira a la derecha, pasa del 10% el tránsito total.

Sustraer el 1 % por cada 1 % en el que el tránsito gira a la izquierda pasa del 10 % del tránsito total. La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20 % del tránsito total.

Por paradas

Paradas de ómnibus antes de la intersección restar el 10 % por paradas después de la intersección restas el 5 % en zonas centrales y 10 % en zonas intermedias.

Por estacionamientos

Permitidos restar 1,80 m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recalado de la capacidad teórica.

Por vehículos pesados

Sustraer el 1 % por cada 1 % de los ómnibus y camiones pasen del 10 % de número total. Por lo tanto, la capacidad real será el producto de la capacidad practica multiplicada por el factor de paradas y factor de estacionamientos y por el factor de vehículos pesados. La capacidad de intersección puede tener de dos o más accesos también tendrán capacidades diferentes de cada acceso. Se considera como capacidad de la intersección a la capacidad más baja. Con estas condiciones la capacidad real es igual a la siguiente relación:

$$\text{Cap. real} = \text{Capa. práctica} * \text{Fvp} * \text{fai} * \text{fdi} * \text{fgi} * \text{fgd}$$

Donde:

Fvp = Factor de vehículos pesados

Fai = Factor por paradas antes de la intersección

Fdi = Factor por paradas después de la intersección

Fgi = Factor por giro izquierdo

Fgd = Factor por giro derecho

2.10 Determinación de niveles de servicio

Para la determinación del nivel de servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección y la capacidad de dicha intersección, esta relación es conocida como el factor > de carga. Con este valor entramos a la tabla y determinamos a que nivel de servicio corresponde.

Tabla 2.7 Niveles de servicio método HCM

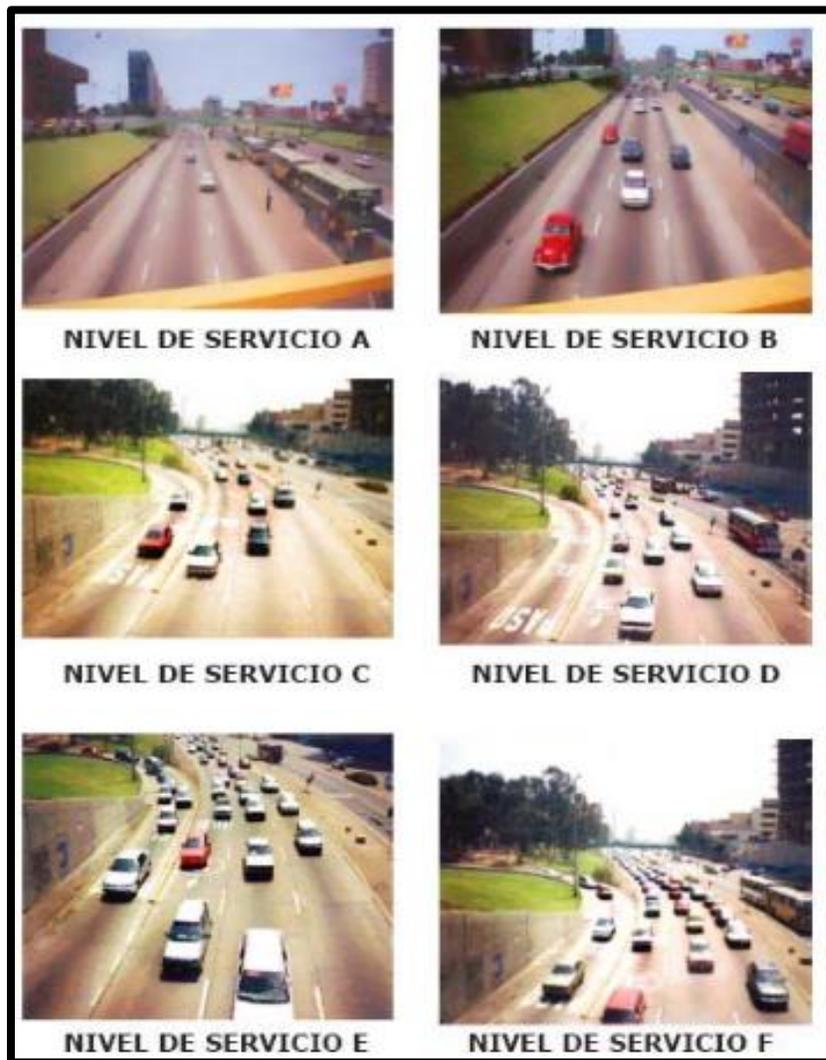
Niveles de servicio y volúmenes		
V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito
> 0,1	A	Flujo estable
> 0,3	B	Flujo estable
> 0,5	C	Próximo al flujo inestable
> 0,7	D	Próximo al flujo inestable
> 0,9	E	Flujo inestable
> 1	F	Flujo forzado

Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

2.10.1 Nivel de servicio según invias

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

Figura 2. 9 Tipos de niveles de servicio



Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (8ª Edición).

Nivel de servicio A

Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

Nivel de servicio B

Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

Nivel de servicio C

Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

Nivel de servicio D

El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

Nivel de servicio E

Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

Nivel de servicio F

Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades

son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.⁸

2.11 Semaforización

2.11.1 Definición y función de los semáforos

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el rojo, amarillo y verde.

Su función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

2.11.2 Elementos que componen un semáforo

Según el manual de señalización vial (9) un semáforo se compone de los siguientes elementos:

Cabeza

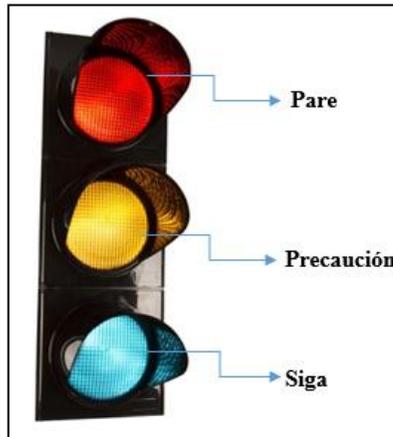
Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo

Soportes

Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

⁸ (Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (8ª Edición)

Figura 2. 10 Componentes de un semáforo



Fuente: Elaboración propia.

2.11.3 Clasificación

De acuerdo a su función operacional los semáforos pueden clasificarse en:

- Semáforos para circulación vehicular
- Semáforos para peatones
- Semáforos especiales.

2.11.4 Tipos de semáforos vehiculares y peatonales

1) Semáforos vehiculares

- a) Al lado de la vía de tránsito:
 - Postes entre 2.40 y 4.50 metros de alto.
 - Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas)
- b) Por encima y dentro de la vía de tránsito
 - Postes o pedestales en islas.
 - Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
- c) Suspendidos mediante cables (Guayas).
 - Los accesorios de fijación deben permitir ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable.

Número

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales donde estos sean requeridos, los cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas les permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque no de los semáforos sea obstruido momentáneamente por camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche.

Ubicación transversal

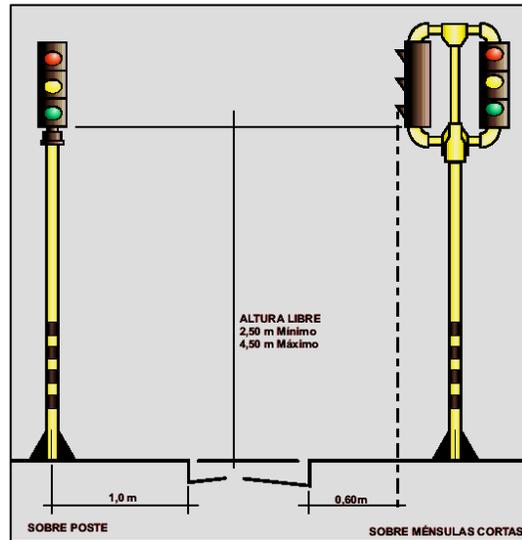
El semáforo con soporte del tipo poste se ubicará a 0.60 metros medidos de la orilla exterior de su parte más saliente coincida con el hombrillo del camino, fuera del acotamiento.

Altura

Para un buen funcionamiento, la parte inferior de la cara del semáforo tendrá una altura libre de:

- Para semáforos con soporte del tipo poste, altura mínima 2.30 metros, altura máxima 3.50 metros. Así como nos muestra la figura. 2.11

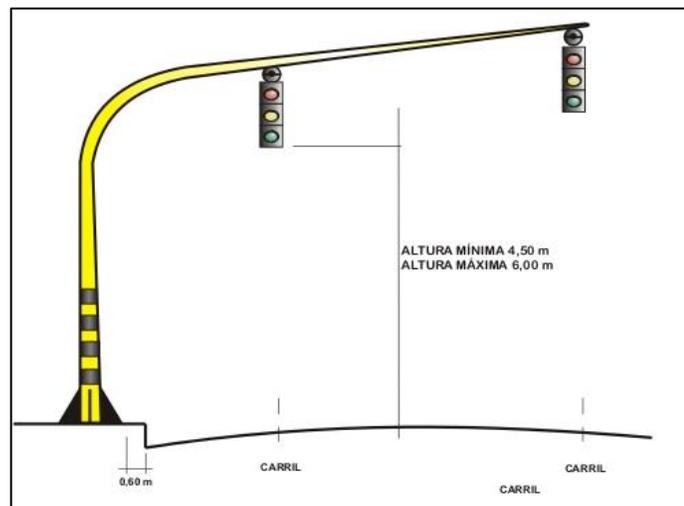
Figura 2. 11 Semáforos colocados en postes



Fuente. mtc.gob.pe

- Para semáforos con soporte del tipo ménsula larga como se muestra en la figura 2.12 la altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.0 metros.

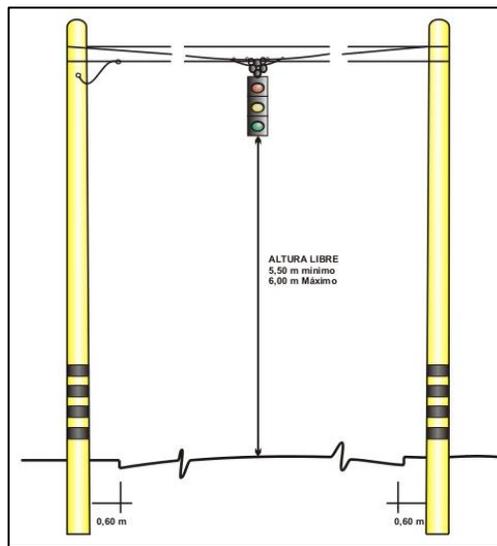
Figura 2. 12 Semáforos montados en ménsula larga sujeta a poste lateral



Fuente. mtc.gob.pe

- Para semáforos suspendidos por cables con una altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.0 metros como se muestra en la figura 2.13.

Figura 2. 13 Semáforo montado suspendido por cable



Fuente. mtc.gob.pe

➤ **Forma**

Todos los lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de forma circular, excepto las verdes con flechas, que pueden ser rectangulares.

2) Semáforos peatonales

La interpretación de las indicaciones de los semáforos para peatones será la siguiente:

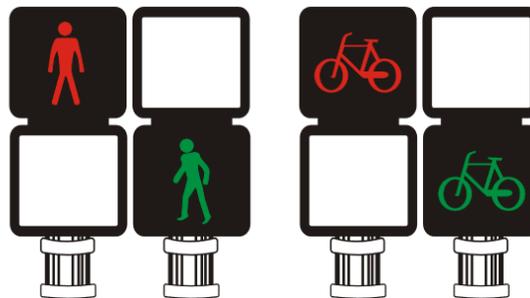
- a) La indicación PARE iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá atravesar la calle en dirección a la señal, mientras esta se encuentra encendida.
- b) La indicación PASE iluminada en color verde fijo significa que los peatones que se encuentran frente al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del mismo.
- c) La indicación de PASE en color verde intermitente significa que un peatón no deberá empezar a cruzar la calle en dirección de la señal, porque la luz de esta va a cambiar a la indicación de PARE; cualquier peatón que haya iniciado su cruce durante la indicación fija deberá acelerar la marcha y seguir hasta la acera o la isla de seguridad.

Puede utilizarse con el mismo fin la indicación de PARE intermitente.

Los semáforos para peatones se instalarán generalmente en la acera opuesta, con su parte inferior a no menos de dos metros cero cinco centímetros (2,05 m), ni más de 3 metros, sobre el nivel de la acera, de tal manera que la indicación quede en la visual del peatón

que tiene que ser guiado por dicha señal. Las zonas destinadas para el paso de peatones deben proveer una rampa para ser utilizada por las personas discapacitadas, las cuales se desplazan utilizando sillas de ruedas u otros elementos. Cada semáforo para peatones puede montarse separadamente o en el mismo soporte de los semáforos para el control del tránsito de los vehículos, debiendo existir una separación física entre ellos. La cara del semáforo deberá colocarse en posición vertical y normal con respecto a la circulación de los peatones. Todas las lentes de los semáforos para peatones y ciclistas pueden ser de forma circular o cuadrada, tal como lo muestra la figura 2.14.

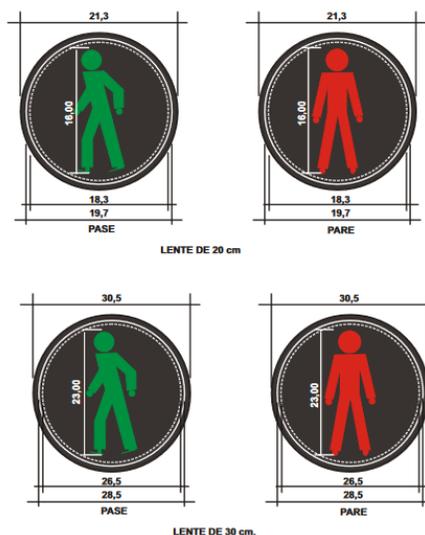
Figura 2. 14 Semáforos para peatones



Fuente: mtc.gob.pe

Los lentes de forma circular deberán ser de 20 ó 30 cm de diámetro. En cuanto a las de forma cuadrada, sus dimensiones serán generalmente de 20 ó 30 cm por lado. Será indispensable que cada cara de los semáforos para peatones lleve dos lentes con las inscripciones respectivas y dispuestas verticalmente, quedando la señal de PARE en la parte superior y la señal de PASE en la parte inferior. Las lentes deberán llevar inscrito el mensaje por medio de símbolos en fondo oscuro, que representarán una persona que está caminando cuando se le da el paso (PASE), y una persona parada, cuando se le prohíbe el paso (PARE). Los símbolos deberán estar iluminados con color rojo para la indicación de PARE y verde para la indicación de PASE. En los cruces para peatones, donde la distancia por recorrer sea mayor de 18 metros, el símbolo tendrá por lo menos una altura de 23 cm, tal como se ilustra en la figura 2.15.

Figura 2. 15 Inscripciones en las lentes de semáforos para peatones



Fuente: mtc.gob.pe

PASE. Mientras la indicación de PASE está iluminada, los peatones frente a la señal pueden cruzar la calzada en dirección a la señal; los conductores de todos los vehículos deberán cederles el derecho de paso.

NO PASE (PARE). Mientras la indicación de NO PASE está iluminada, los peatones no podrán comenzar a cruzar en dirección a la señal; pero los que hayan completado parcialmente el cruce durante la indicación de PASE proseguirá hasta la acera o hasta la isla de seguridad, si la hubiere.

Las indicaciones peatonales deberán llamar la atención de los transeúntes, siendo al mismo tiempo visibles, tanto en el día como en la noche, desde cualquier punto localizado algunos metros antes del cruce y hasta la longitud total a cruzar.

Cuando los semáforos para peatones se monten en postes junto con los semáforos para control vehicular, de ser factible, las indicaciones de estos últimos no serán directamente visibles por los peatones al principio del paso de los mismos; en cambio, el semáforo para éstos deberá colocarse de manera que tenga la máxima visibilidad al inicio del cruce de los transeúntes.

Las indicaciones (caras) para peatones deberán iluminarse por períodos continuos. Cuando los semáforos para el control del tránsito de una intersección están funcionando en forma intermitente, las señales para peatones deberán apagarse.

Existen varias formas en que se pueden combinar y operar las fases de los semáforos de peatones con las fases de los semáforos para el control vehicular. A continuación, se describen cuatro combinaciones básicas:

- **Fase combinada para peatones y vehículos**

Es la disposición de fase de los semáforos para que los peatones puedan avanzar por ciertos pasos paralelos a la circulación de los vehículos que transitan de frente y en la cual se permite a los mismos girar cruzando dichos pasos.

- **Fase semiexclusiva para peatones y vehículos**

Es la disposición de fases de los semáforos según la cual los peatones pueden proceder a usar ciertos pasos simultáneamente con circulaciones paralelas de vehículos o con otras circulaciones en la que a los vehículos no se les permite girar cruzando los pasos de los peatones, mientras éstos los están utilizando.

- **Fase con prioridad para peatones**

Es la disposición de fases en la cual se tiene una fase exclusiva para los peatones que cruzan la calle principal antes de la fase para circulación de vehículos en la calle secundaria.

- **Fase exclusiva para peatones**

Es la disposición de fases que permite a los peatones cruzar la intersección en cualquier dirección durante una fase exclusiva en la que todos los vehículos están detenidos. Se recomienda el uso de este tipo de programación acompañado de un sistema de accionamiento de peatones o semidependencia.

En la operación de semáforos de tiempo fijo o predeterminado, cuando el tiempo mínimo de PASE más el de despeje de peatones es mayor que el intervalo necesario para el tránsito vehicular, regirá el de peatones, ajustándose el intervalo vehicular a él.

En condiciones normales, el tiempo mínimo de PASE no deberá ser menor de 7 segundos para que los peatones tengan oportunidad de completar el cruce antes de que aparezca el intervalo de despeje. En calles con islas centrales, de cuando menos 1,20 metros de ancho, sólo se necesita dejar tiempo suficiente para despeje de peatones en una fase, de manera que puedan cruzar desde la acera hasta la isla. En este caso, si el semáforo es accionado por los peatones, se puede necesitar un detector adicional en la isla.

Condición N°1 volúmenes mínimos

Tabla 2.8 Condición N°1 volúmenes mínimos

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículo por hora en la calle principal (total en ambos accesos)		Vehículo por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	500	350	150	105
2 o mas	1	600	420	150	105
2 o mas	2 o mas	600	420	200	140
1	2 o mas	500	350	200	140

Fuente: Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y mayor R. (7° Edición).

Cuando el 85% de los vehículos que circulan por la calle principal excede los 65Km/h o cuando la intersección se encuentra en poblaciones menores de 10.000 habitantes, la condición de vehículos mínimos responde al 70 % de los valores consignados en la anterior tabla.

Condición N°2 demoras en el tránsito

Si el tránsito de la arteria secundaria no alcanza los valores de la anterior tabla, pero los volúmenes de la arteria principal son elevados, es dable esperar que el tránsito de la vía secundaria sufra retardos excesivos o cruce con condiciones de seguridad no apropiadas. Esta condición recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores de la siguiente tabla, durante 8 horas consecutivas de un día promedio.

Tabla 2.9 Condición N° 2 demoras en el tránsito

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos sentidos)		Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)	
Calle principal	Calle secundaria	Urbano	Rural	Urbano	Rural
1	1	750	525	75	53
2 o mas	1	900	630	75	53
2 o mas	2 o mas	900	630	100	70
1	2 o mas	750	525	100	70

Fuente: libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y mayor R. (7° Edición).

Condición N°3 volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos que excedan los valores de la tabla siguiente durante ocho horas consecutivas de un día promedio.

Tabla 2.10 Condición N.º 3 volumen mínimo de peatones

Tipo de Intersección	Total, Veh/Hora Ambos sentidos		Total, Peat/Hora	Periodo mantenimiento de demanda (Hora)
	Calzada No Divida	Calzada Divida Cantero Central >1,2m.		
Fuera de áreas escolares	600	1000	150	8
Corresponde a áreas escolares	800		250	2

Fuente: Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y mayor R. (7° Edición).

Se considera que en cruces en inmediaciones de escuelas los alumnos no responden adecuadamente a las indicaciones de los semáforos, debiéndose controlar el tráfico peatonal hasta donde sea posible.

Se deben instalar semáforos cuando se exceden los valores correspondientes a la anterior tabla. Cuando la velocidad del 85% de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 Km/h, o cuando la intersección se encuentre en poblaciones de menos de

10.000 habitantes, la condición de valores mínimos responde al 70% de los consignados en la tabla anterior.

Condición N°4 sistema coordinado de semáforos

Un sistema coordinado de semáforos requiere, en ciertas circunstancias, la instalación de semáforos en algunas intersecciones que no cubran las condiciones anteriores.

La condición de movimiento coordinado exige que:

- En un sistema coordinado lineal d calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando, entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.
- Si en una calle de doble sentido, los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado de control de peatón y velocidad, deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un eficiente funcionamiento del sistema.

Condición N°5 prevención de accidentes

En general se estima que los semáforos no reducen apreciablemente las tasas de accidentes, es más a veces se presentan mayor número de accidentes en intersecciones semaforizadas que antes de su instalación.

No obstante, se considera conveniente instalar semáforos si se estima que la operación vehicular así controlada aumentara en seguridad, disminuyendo fehacientemente los accidentes.

Para cumplir con la condición de prevención de accidentes es necesario que se verifiquen la totalidad de los siguientes eventos:

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados mediante semaforización.
- Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.
- Que los valores de demanda de las tres primeras condiciones sean superiores en un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Condición N°6 combinación de condiciones

Puede justificarse la instalación de semáforos cuando ninguna condición aislada es satisfecha, pero dos o más de ellas exceden el 80% de los valores establecidos individualmente para cada una.

Se debe destacar que cuando se instalan semáforos sin cumplir las exigencias establecidas es dable esperar que disminuya la eficiencia operativa de los vehículos e incluso aumente la tasa de accidentes.

Todas estas normas están basadas en el empleo de semáforos de tiempo predeterminado, los semáforos activados por el tránsito pueden justificarse con menores volúmenes.

Es conveniente que una instalación semafórica de tiempo predeterminado sea desactivada en los periodos de bajos volúmenes de tránsito (siempre que estos se mantengan en periodos de tiempo apreciables) y opere entonces con luces intermitentes de precaución o peligro.

2.11.5 Determinación de Fases

En un sistema de semáforos el aspecto más relevante es la asignación de tiempo para las distintas fases que son:

- Fase roja.
- Fase amarilla.
- Fase verde.

Tiempo de fase amarilla

Como la fase amarilla requiere solo un tiempo para culminar la acción y es de carácter preventivo las diferentes investigaciones sobre comportamiento de semáforos han dado como resultado que a fase amarilla debe tener un tiempo entre 3 y 5 segundos que son suficientes para culminar una acción en medio de la intersección.

Tiempo de ciclo

Es aquel que se requiere para lograr una vuelta recorriendo todas las fases, existen diferentes criterios sin embargo no existen precisión para un valor exacto de ciclo, teniéndose un rango en el cual debe estar inmerso ante tiempo de 35 a 120 segundos, es

posible también determinar aproximadamente un ciclo recomendable con las siguientes relaciones.

$$C = \frac{d}{3,6v} \text{ para 1 sentido}$$

$$C = \frac{d}{7,2v} \text{ para 2 sentidos}$$

Donde:

C = Ciclo (seg.)

d = Distancia entre semáforos (m)

V = Velocidad de circulación

Tiempo de Fase Verde y Roja

La determinación de los tiempos de fase verde y roja deben tomar en cuenta las siguientes variables

- 1) El volumen de demanda vehicular
- 2) La composición del tráfico
- 3) El volumen de la demanda peatonal
- 4) Los movimientos de giro

Tomando en consideración esos aspectos se tiene las siguientes relaciones que nos permiten calcular los tiempos de fase verde y fase roja

$$C = T_{amaA} + T_{amaB} + T_{fase VER} + T_{fase ROJ}$$

Donde:

T_{amaA} = Tiempo de fase amarillo en A

T_{amaB} = Tiempo de fase amarillo en B

$T_{fase VER}$ = Tiempo de fase verde

$T_{fase ROJ}$ = Tiempo de fase roja

$$\frac{T_{amaB} * V_{olB}}{T_{fase Roj}} = \frac{T_{amaA} * V_{olA}}{T_{fase VER}}$$

Donde:

V_{olB} = Volumen de tráfico en B

V_{olA} = Volumen de tráfico en A

2.11.6 Coordinación de semáforos

- a) Coordinación alterna
- b) Coordinación progresiva

a) **Coordinación alterna:**

Este sistema consiste en colocar semáforos en forma alternada entre fases rojas y verdes. Este sistema logra una buena eficiencia siempre y cuando la velocidad este cerca a la obtenida por la siguiente relación:

$$V = 7,2 D/C$$

Donde:

D= Distancia entre intersecciones (m)

V= Velocidad de circulación (Km/h)

C= Tiempo de ciclo (seg)

Este sistema pierde su eficiencia si la distancia entre intersecciones es reducida por lo tanto se requerirá mayor velocidad que la de circulación y en definitiva podrá dar lugar a bastante pérdida de tiempo en espera de las fases verdes.

b) **Coordinación progresiva**

Este sistema intenta ser correlativo y proporcional a las distintas entre intersecciones, es decir, a mayor distancia entre intersecciones mayor tiempo de fase verde, este sistema es eficiente y cuando el volumen de circulación sea más o menos constante.

La coordinación de los semáforos se determina de la siguiente relación:

$$N = \frac{C}{T_{CRUCE}}$$

Donde:

N = Número de Semáforos que cruza a velocidad constante

C = Tiempo de Ciclo (seg)

T_{CRUCE} = Tiempo que tarda en llegar de un semáforo a otro semáforo

Si:

N > 2 el sistema será Progresivo

N < 2 el sistema será Alternativo

2.12. Señalización vial

Debido al constante incremento del parque vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos sistemas de control de tráfico con el objeto:

- De reducir el número de accidentes.
- De mejorar la seguridad del usuario.
- De dar mayor comodidad al usuario

Para lograr estos objetivos básicos el conductor deberá conocer el significado de la señalización vial para actuar en consecuencia.

2.12.1. Señales

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos, en vías de dos sentidos las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención, en vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por dichos carriles.

Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las

luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal.

Señalización vertical: Es aquella que está colocada en postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados.

Señalización horizontal: Consiste en marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy poco de este pavimento.

2.12.1.1. Señalización vertical

Por su significado, las señales verticales se clasifican en tres grupos, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos.

- Restrictivas.
- Preventivas.
- Informativas.

Significado de formas y colores

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. Las formas de las señales son circulares, cuadradas y rectangulares y sus colores son rojo, amarillo, azul y verde.

Las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales restrictivas. Las señales de pare y ceda el paso son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

Figura 2.16 Forma y color de señal restrictiva



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil.

Las señales compuestas básicamente por un cuadrado amarillo en forma de rombo, significan una prevención y pertenecen al grupo de las señales preventivas.

Figura 2.17 Forma y color de señal preventivas



Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico CIV - 326 “Universidad Mayor de San Simón” facultad de ciencias y tecnología carrera ingeniería civil.

2.12.1.2. Señales restrictivas

Se dividen en señales de advertencia y/o peligro, de restricción y prohibición e indican órdenes, limitaciones o prohibiciones impuestas por leyes y ordenanzas. Su cumplimiento es obligatorio e inexcusable. Sirven para limitar, obligar o prohibir determinadas situaciones en el tránsito y también para instruir al conductor sobre cómo proceder en uno u otro caso, en el lugar en que estén ubicadas.

Existen dos formas para estas señales: circulares y triangulares (triángulo equilátero invertido). Sin embargo, hay algunas exclusivas, como la de "pare", cuya forma es un octágono regular de 75 cm entre sus lados paralelos, la señal de “ceda el paso” es un triángulo equilátero invertido de 80 cm de lado.

Las señales de reglamentación tienen un fondo de color blanco y franja roja. Cuando están atravesadas por una banda diagonal, prohíben. Cuando no, obligan o restringen. Las señales restrictivas están enmarcadas en placas rectangulares de fondo blanco de 60 cm. * 90 cm., excepto las señales de “pare” y “ceda el paso”.

Figura 2.18 Señales restrictivas



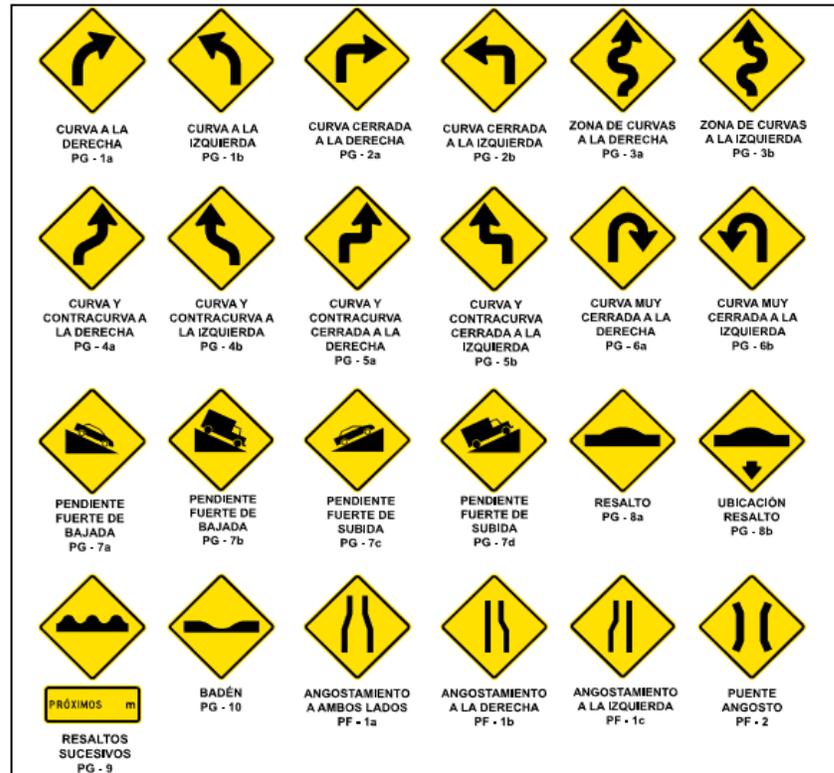
Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas.

2.12.1.3. Señales preventivas

Avisan con antelación sobre la proximidad de una circunstancia o variación de las condiciones de la ruta, que puede resultar sorpresiva o peligrosa para el conductor o los peatones. No son de carácter obligatorio, pero es preciso dejarse guiar por su información para que no incurrir en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad.

También se les denomina señales genéricas de prevención y son romboidales, de color amarillo, con una línea negra perimetral y figura también negra. Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción.

Figura 2.19 Señales preventivas



Fuente: Ingeniería de tránsito - Cal y Mayor & James Cárdenas.

2.12.1.4. Señales informativas

Este tipo de señales verticales no transmiten órdenes ni previenen sobre irregularidades o riesgo en la vía pública y carecen de consecuencias jurídicas. Están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero. Se colocan al costado de la vía de circulación (verticales) en forma similar a las preventivas en zona rural.

La forma de estas señales por lo general es un rectángulo de posiciones y dimensiones variables. Cuentan con varios fondos. Por ejemplo, el fondo azul se utiliza para señales de carácter institucional, histórico y de servicios. El color blanco como fondo es el que se usa para señales educativas o para anuncios especiales.

Las señales informativas se clasifican en tres grupos que son:

- Señales de Identificación.
- Señales de Destino.

- Señales de Servicios.

Ubicación longitudinal de las señales

Las señales restrictivas se colocan antes del lugar donde empieza la prohibición o restricción, mínimo 60 metros.

Las señales preventivas se colocan de acuerdo a la velocidad directriz del camino.

Las distancias que se recomiendan son:

De 60 a 100 m. en caminos de velocidad baja hasta 60 Km/h.

De 100 a 150 m. en caminos de velocidad media, de 60 a 100 Km/h.

De 150 a 200 m. en caminos de velocidad alta, más de 100 Km/h.

Las señales informativas de servicio tienen las siguientes ubicaciones:

A 5 Km., a 1 Km., a 500m., a 250 m. y en el lugar donde se encuentra el servicio.

2.12.2. Señalización horizontal

2.12.2.1. Marcas en el pavimento

Las marcas son rayas, símbolos y letras pintadas sobre la superficie del pavimento y sobre obstáculos que sobresalen de la calzada; sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por calles y caminos. Estas marcas tienen la finalidad de indicar ciertos riesgos, peligros y prohibiciones, canalizar el tránsito y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

2.12.2.2. Clasificación

Las marcas son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- Rayas centrales
- Rayas limitadoras de la calzada
- Rayas separadoras de carriles
- Rayas de parada

- Rayas de cruces para peatones
- Marcas de estacionamiento permitido
- Marcas de estacionamiento prohibido
- Marcas indicadoras de peligro
- Postes delineadores.

2.6.2.2.3. Significado de formas y colores

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes: Prohibición, Indicación y Peligro. Las rayas de color amarillo pintadas sobre el pavimento en forma continua, significan una prohibición; ningún vehículo deberá rebasar o cruzar estas rayas. Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en caso de adelantamiento o cambio de carril, debiendo abstenerse de rebasar o cruzar las rayas continuas, excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada, indicando una precaución. Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma oblicua significan peligro. Los vehículos podrán continuar su marcha, pero el conductor deberá tomar precaución para detectar el peligro existente que se aproxima.

2.13. Transporte público

Se entiende por transporte público a la forma, manera en que se genera un movimiento principalmente de pasajeros en recorridos establecidos urbanos y sub urbanos e inter urbanos.

Una ciudad densa y de uso mixto favorece al transporte público porque aumenta la demanda de autobuses o de otros tipos de vehículos. Día a día cientos de personas hacen uso del transporte público para trasladarse desde sus domicilios hasta sus lugares de destino (centros de trabajo, escuelas, universidad, mercado, etc.).

El transporte público es una de las áreas de trabajo más importantes en la ciudad de Tupiza, a medida que la ciudad fue creciendo en cuanto a su población también fue creciendo la necesidad de tener más vehículos en cuanto se refiere al transporte público y de esta manera dar mayores alternativas de origen y destino a la población.

En nuestra ciudad el transporte público está integrado por sindicatos que son afiliados al

auto transporte sindicalizado y por cooperativas que están afiliadas al auto transporte libre, por lo que mediante estos sindicatos y cooperativas se crearon las diferentes líneas de transporte urbano.

2.13.1. Modalidades del transporte público urbano

Transporte público es un término genérico que se usa para describir todos y cada uno de los servicios disponibles para todos los usuarios, por lo tanto, no es una sola modalidad sino una variedad de modalidades y servicios tradicionales o innovadores que deben complementarse entre sí para suministrar movilidad entre en todo el sistema.

Refiriéndose al tema exclusivo de las modalidades de transporte público que existen en nuestra ciudad desarrollaremos los siguientes.

Modalidad de micros

Los micros son prácticos y eficientes en rutas de corta y media distancia, siendo frecuentemente el medio de transporte más usado a nivel de transportes públicos, por constituir una opción económica. Las compañías de transporte buscan, establecer una ruta basada en un número aproximado de pasajeros en el área a ser tomada. Este tipo de modalidad que circula en la ciudad, ofrece mayores ventajas como ser capacidad, comodidad y seguridad, por su ergonomía, antropometría de diseño y distribución de espacios internos relacionado con las motos taxis. Este tipo de transporte colectivo es el más económico, con capacidad para 22 pasajeros, tienen rutas fijas y tarifas definidas. En la ciudad de Tupiza se tiene una asociación de transporte que es Humberto Leytón.

Figura 2.20 Modalidad de micro



Fuente: Elaboración propia.

Modalidad de las motos taxis (toritos)

Otro sistema que da buenos resultados por las elevadas tasas de ocupación alcanzadas en las motos taxis, es un vehículo automotor de baja capacidad, destinado al traslado de personas o usuarios en materia de transporte público, cuya capacidad oscila entre 2 a 3 pasajeros, pero estas motos taxis no tienen rutas definidas.

En la ciudad de Tupiza se tiene tres asociaciones de moto taxis que hacen servicio a las diferentes zonas y barrios de la ciudad y son las siguientes:

Tabla 2.11 Asociaciones de moto taxis en la ciudad de Tupiza

Asociación de transporte
Cerrito colorado
Asotrans
Humberto Leytón

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.21 Modalidad del moto taxi



Fuente: Elaboración propia.

Modalidad del taxi

El taxi individualmente considerado es un medio de transporte eficaz para recorridos muy específicos que puede ser solicitado tomando directamente en la calle y se distingue por un letrero luminoso en el techo del auto, situación difícil de cubrir eficazmente con el transporte público. Debido a su gran flexibilidad y para determinadas tareas o trabajos

donde se deben transportar objetos pesados, personas con problemas de movilidad, o cuando resulta necesaria una mayor rapidez, urgencias hospitalarias, este es el medio más adecuado y el que mejor servicio ofrece.

Pero cuando toda esa potencialidad propia del taxi se despilfarra en usos o trayectos en los que no es necesario se produce el efecto contrario: bajas velocidades debidas a la congestión, e impactos negativos de las motos taxis más conocidos en la región como toritos. que se ven injustamente perjudicados.

Tabla 2.11 Asociaciones de taxis en la ciudad de Tupiza

Asociación de transporte
Transporte libre
Sindicato 4 de junio
Sindicato 7 de noviembre
Sindicato ATL
Cooperativa el Chorolque

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.22 Modalidad de taxi



Fuente: Elaboración propia.

Características de capacidad de los diversos tipos de autobuses existentes

Tabla 2.12 capacidad de los automóviles

Tipo de Autobús	Nº de asientos	Capacidad Total pasajeros
Minibús/ Microbús	12	20
Pequeño	20	30
Estándar	40	80
Grande de un piso	50	100
Grandes de dos pisos	80	120

Fuente: Sistema de transporte público, Alan Armstrong-Wright, New Jersey-1987.

El estudio para el cálculo del número de pasajeros por parada es muy sencillo y tiene la posibilidad de efectuarse un número menor de veces que el resto de los estudios, ya que una vez determinado la cantidad de personas para el ascenso y/o descenso, bastara con cuantificar el número de personas que ascienden y/o descienden al autobús, para determinar la máxima ascenso y mínima ascenso, máximo descenso y mínimo descenso. Para ello se muestra la siguiente tabla.

Tabla 2.13 Ascenso y descenso de pasajeros de la línea 1

Hora	Ascenso	Descenso	Máxima ascenso	Máximo descenso	Mínima ascenso	Mínima descenso
07:00- 8:00	15	5	19	8	15	5
12:00- 13:00	17	8				
18:00-19:00	19	6				

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla de **Ascenso y Descenso de pasajeros de la línea 1** se observa que el ascenso y descenso de pasajeros de esta línea de transporte es muy bajo ya que en la tabla 2.12 características de capacidad de los diversos tipos de autobuses nos indica la capacidad total de pasajeros de un micro pequeño es de 30 pasajeros.

Tabla 2.14 Ascenso y descenso de pasajeros de la línea 2

Hora	Ascenso	Descenso	Máxima ascenso	Máximo descenso	Mínima ascenso	Mínima descenso
07:00- 8:00	11	5	17	6	11	5
12:00- 13:00	15	6				
18:00-19:00	17	6				

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla de ascenso y descenso de pasajeros de la línea 2 de igual manera se observa que el ascenso y descenso de pasajeros de esta línea de transporte es muy bajo ya que en la tabla 2.12 características de capacidad de los diversos tipos de autobuses nos indica la capacidad total de pasajeros de un micro pequeño es de 30 pasajeros.

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y

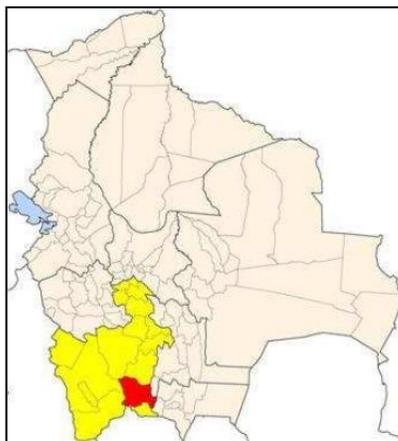
ANÁLISIS DE RESULTADOS

CAPITULO III

3.1 Descripción general de la ciudad de Tupiza

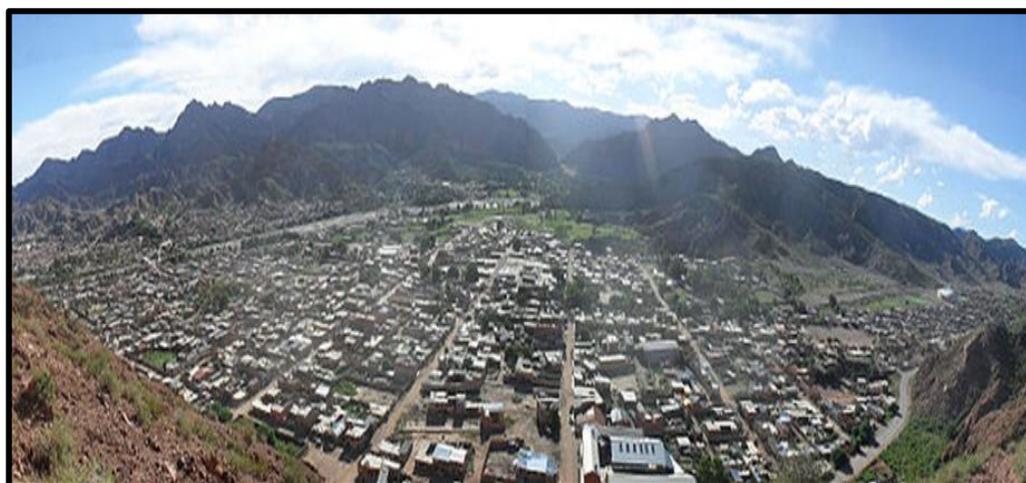
La ciudad de Tupiza es una ciudad y municipio de Bolivia, situada en el sureste del país. Es la capital de la provincia de Sud Chichas en el departamento de Potosí. su población es de 23100 personas (2009), también llamada “Joya Bella de Bolivia”

Figura 3. 1 Localización de Tupiza en Bolivia



Fuente: Google.

Figura 3. 2 Vista previa de la ciudad de Tupiza



Fuente: Google.

3.2 Identificación de las zonas de estudio

La aplicación práctica del presente estudio de tráfico se realizó en puntos conflictivos del área urbana de la ciudad de Tupiza.

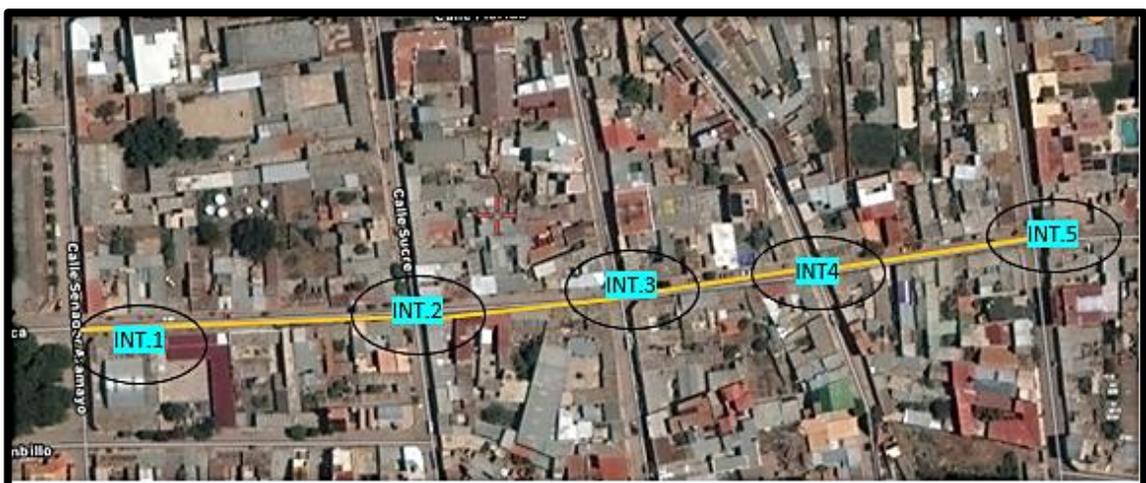
A continuación, veremos la ubicación detallada de cada uno de los puntos establecidos.

Figura 3. 3 Ubicación de los puntos de estudio de la calle Avaroa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 4 Ubicación de los puntos de estudio de la calle Chuquisaca



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 5 Ubicación de los puntos de estudio de la Avenida Chichas



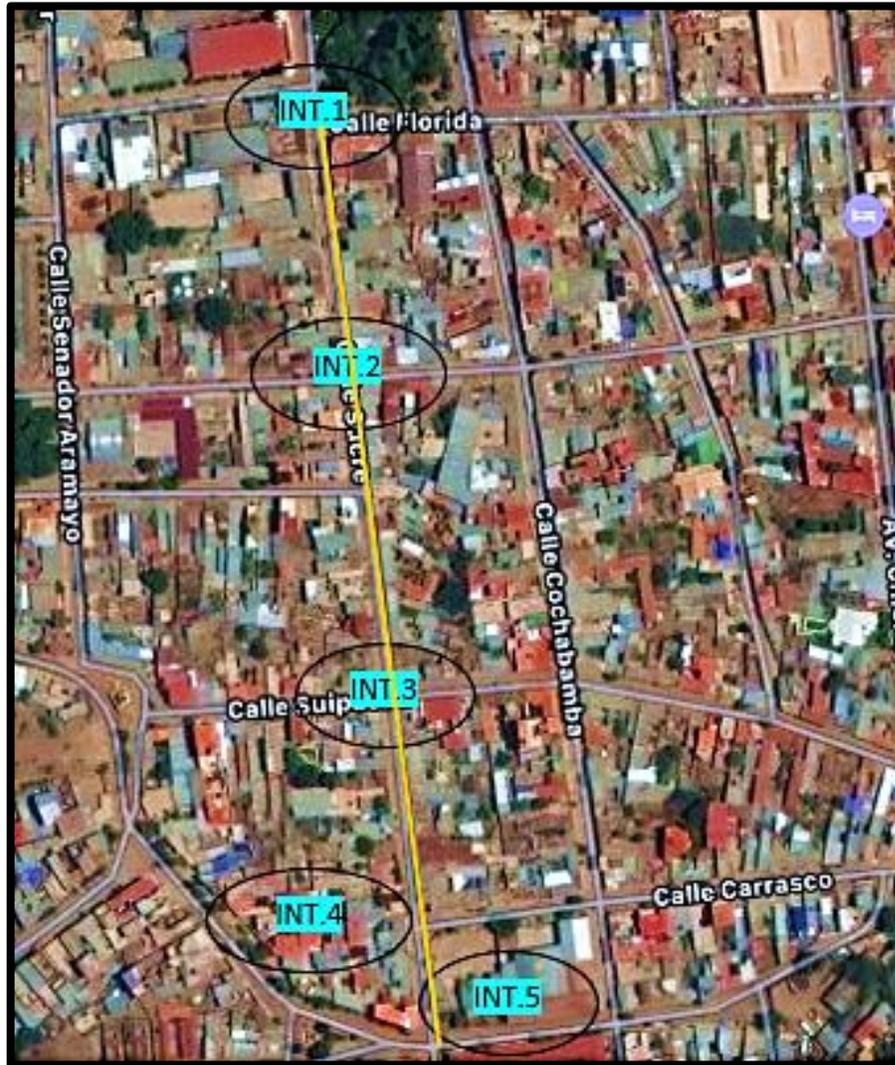
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 6 Ubicación de los puntos de estudio de la calle Santa Cruz



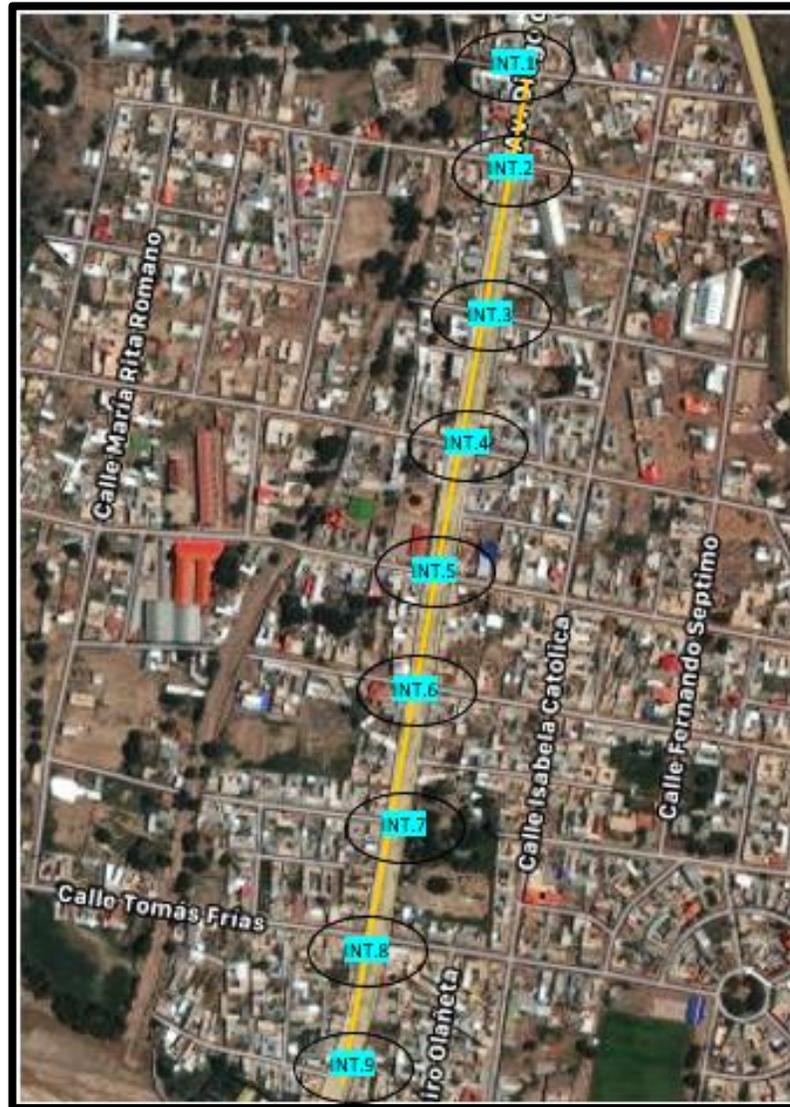
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 7 Ubicación de los puntos de estudio de la calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 8 Ubicación de los puntos de estudio de la Avenida Diego de Almagro



Fuente: Elaboración propia.

Para poder realizar el estudio de tráfico se buscó zonas específicas para el respectivo estudio, los cuales serán medidos en horas pico, los puntos de aforo fueron distribuidos por diferentes sectores de la ciudad de Tupiza.

A través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de volúmenes y velocidades son de un mes, 3 días a la semana en horas pico al día, de los cuales son 2 días hábiles de lunes a viernes y 1 día no hábil sábado o domingo durante 1 mes en horarios picos.

Uno de los primeros parámetros que se obtuvieron son los volúmenes en el cual se tuvo que depurar los datos que no entraron en el mismo rango, este mismo procedimiento se realizó con la velocidad, los demás parámetros están en función a los volúmenes depurados y la velocidad promedio de cada una de las intersecciones.

Los aforos de volúmenes y velocidades se realizaron en el mes de agosto del año 2019 antes que entremos en pandemia estos aforos se realizaron durante un mes, 3 días a la semana en horas pico al día, de los cuales son 2 días hábiles (lunes y miércoles) y 1 día no hábil sábado en horarios picos.

En la actualidad se ve que el tráfico vehicular de dicha ciudad redujo en gran manera debido a las restricciones que sacaron los del COEM para prevenir que en lugares céntricos se aglomeren las personas y prevenir que se expanda el contagio del COVID 2019. Por ese motivo es que los conductores ya no tienen libertad para circular las calles y avenidas en horas convenientes.

La influencia del tráfico vehicular en el tema de salud que se vive hoy en día

La pandemia vinculada al COVID-19 ha tenido impactos significativos en la vida cotidiana de los hogares a nivel mundial. la crisis sanitaria tuvo un impacto significativo sobre los servicios de transporte para los hogares de todo el país, restringiendo horarios de salidas en particular para los más pobres. En ello el transporte fue uno de los principales efectos de la emergencia sanitaria ha sido la necesidad de disponer medidas de aislamiento social, afectando sustancialmente el uso del transporte público en la región. sin embargo, algunos de los servicios de transporte público se han priorizado para asegurar, por un lado, que los trabajadores de los demás sectores esenciales como, por ejemplo. salud, alimentación, etc., que dependen del transporte público, puedan llegar y salir de sus lugares de trabajo; y, por otro lado, para asegurar un acceso mínimo de las personas que dependen del transporte público, a lugares críticos como mercados, farmacias, bancos y/o hospitales.

En la actualidad vemos un cambio, existe más horas de circulación en el transporte ya sea público o privado ya no existen restricciones, dimos un paso más para volver a la normalidad cuando se aplicó las primeras vacunas contra la COVID en todo el país. El inicio de la vacunación fue una señal esperanzadora de que se avecinan días mejores,

es por ello que toda la población está volviendo a sus fuentes de trabajo sin restricciones en ello está el transporte.

En la aplicación práctica de dicho estudio, el orden del trabajo de gabinete es el siguiente:

1. Cálculo del volumen.
2. Cálculo de la velocidad.
3. Cálculo de la capacidad vehicular.
4. Cálculo del nivel de servicio.
5. Cálculo de la semaforización.
6. Cálculo de estacionamiento.

3.3 Parámetros de tráfico

Los parámetros de tráfico que fueron objeto de estudio son: volúmenes de tráfico, velocidad, capacidad, nivel de servicio, estacionamiento y semaforización, cuyo desarrollo de su estudio y análisis se desarrolla en los siguientes puntos:

Proceso de estudios

3.3.1 Aforos de volúmenes de un día

Primero para empezar todos los aforos de los volúmenes de tráfico vehicular se encuentran en anexos I, se utilizó el método manual y la Norma AASHTO para el cálculo de volúmenes.

a) Aforos de volúmenes para ver las horas pico de la calle Avaroa

El aforo se realizó en un día desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, para determinar las tres horas pico del día de la calle Avaroa.

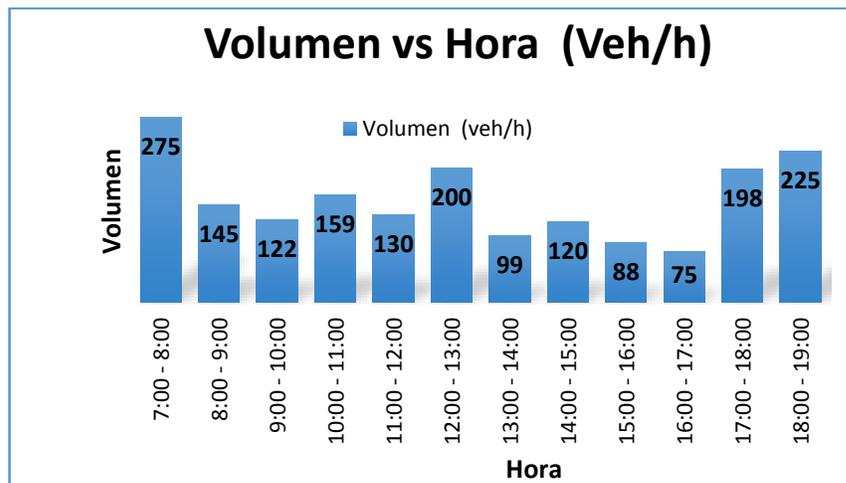
En la tabla 3. 1 podemos observar los volúmenes de dicha calle

Tabla 3.1 Calle Avaroa

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	275
8:00 - 9:00	145
9:00 - 10:00	122
10:00 - 11:00	159
11:00 - 12:00	130
12:00 - 13:00	200
13:00 - 14:00	99
14:00 - 15:00	120
15:00 - 16:00	88
16:00 - 17:00	75
17:00 - 18:00	198
18:00 - 19:00	225

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.9 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Calle Avaroa



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos ver en la figura 3.9 que los comportamientos del tráfico vehicular en la calle Avaroa en distintas horas del día tienen las tres horas pico que servirá para hacer las aforaciones de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular.

b) Aforo de volúmenes para ver las horas pico de la avenida Regimiento Chichas

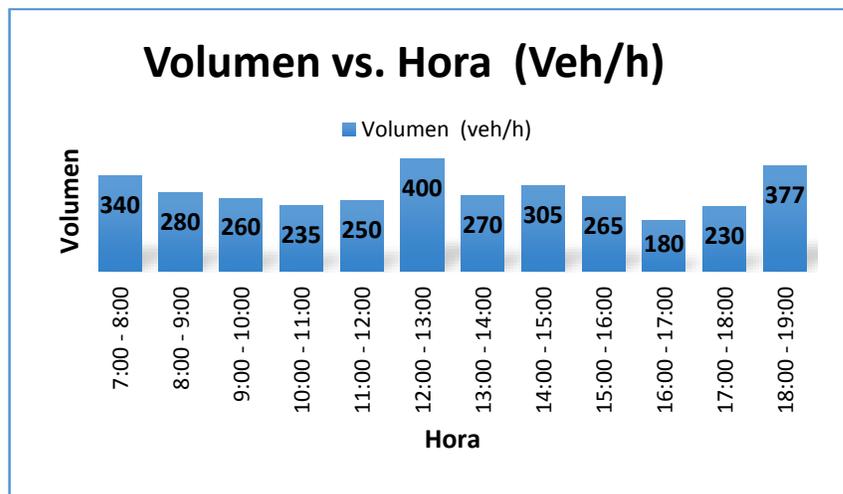
El aforo se realizó desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, así determinar las tres horas pico del día de la avenida Regimiento Chichas. En la tabla 3.2 podemos observar el comportamiento del volumen de dicha calle.

Tabla 3.2 Avenida Regimiento Chichas de ida

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	340
8:00 - 9:00	280
9:00 - 10:00	260
10:00 - 11:00	235
11:00 - 12:00	250
12:00 - 13:00	400
13:00 - 14:00	270
14:00 - 15:00	305
15:00 - 16:00	265
16:00 - 17:00	180
17:00 - 18:00	230
18:00 - 19:00	377

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 10 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Avenida R. Chichas de ida.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

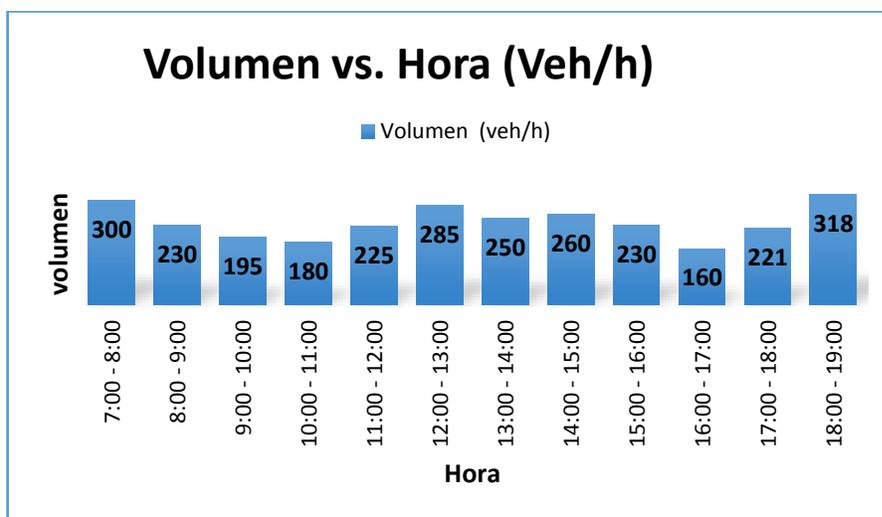
Analizando los resultados obtenidos podemos observar en la figura 3.10 que los comportamientos del tráfico vehicular de la avenida Regimiento Chichas en distintas horas del día tienen las tres horas pico que nos servirá para hacer las aforaciones de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular. De igual forma En la tabla 3. 3 podemos observar el comportamiento del volumen de la avenida Regimiento Chichas de vuelta.

Tabla 3.3 Avenida Regimiento Chichas de vuelta

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	300
8:00 - 9:00	230
9:00 - 10:00	195
10:00 - 11:00	180
11:00 - 12:00	225
12:00 - 13:00	285
13:00 - 14:00	250
14:00 - 15:00	260
15:00 - 16:00	230
16:00 - 17:00	160
17:00 - 18:00	221
18:00 - 19:00	318

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 11 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Avenida Regimiento Chichas de vuelta



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos observar en la figura 3.11 que los comportamientos del tráfico vehicular de la avenida Regimiento Chichas de vuelta en distintas horas del día de igual forma tienen las tres horas pico que servirá para hacer los respectivos aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm.

c) Aforo de volúmenes para ver las horas pico de la avenida Diego de Almagro

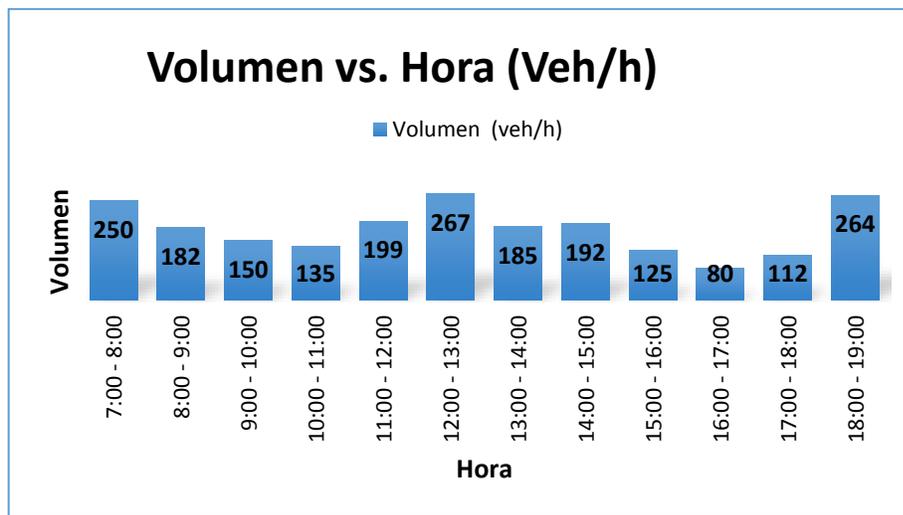
El aforo se realizó desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, así determinar las tres horas pico del día de la avenida Diego de Almagro. En la tabla 3.4 podemos observar el comportamiento del volumen de la avenida Diego de Almagro.

Tabla 3.4 Avenida Diego de Almagro de ida

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	250
8:00 - 9:00	182
9:00 - 10:00	150
10:00 - 11:00	135
11:00 - 12:00	199
12:00 - 13:00	267
13:00 - 14:00	185
14:00 - 15:00	192
15:00 - 16:00	125
16:00 - 17:00	80
17:00 - 18:00	112
18:00 - 19:00	264

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 12 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Avenida Diego de Almagro de ida



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

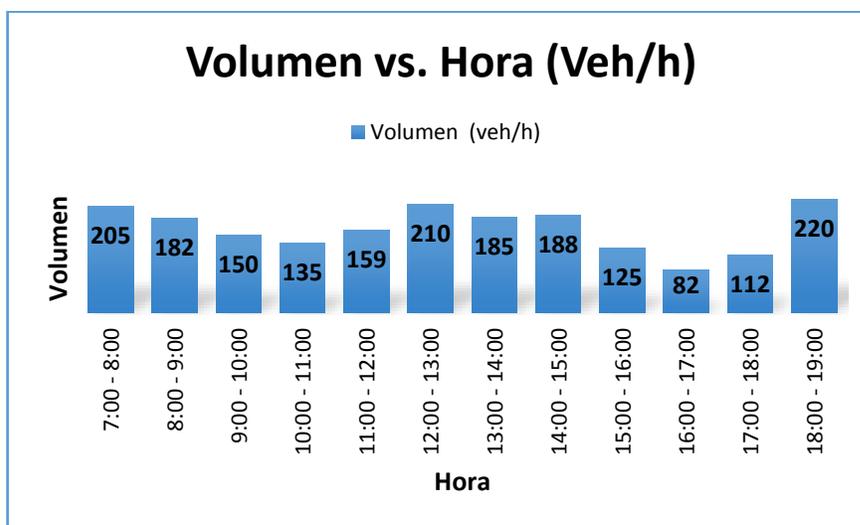
Analizando los resultados obtenidos podemos observar en la figura 3.12 que los comportamientos del tráfico vehicular de la avenida Diego de Almagro en distintas horas del día de igual forma tienen las tres horas pico del día que servirá para realizar los respectivos aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. En la tabla 3. 5 podemos observar el comportamiento del volumen de la avenida Diego de Almagro de Vuelta.

Tabla 3.5 Avenida Diego de Almagro de vuelta

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	205
8:00 - 9:00	182
9:00 - 10:00	150
10:00 - 11:00	135
11:00 - 12:00	159
12:00 - 13:00	210
13:00 - 14:00	185
14:00 - 15:00	188
15:00 - 16:00	125
16:00 - 17:00	82
17:00 - 18:00	112
18:00 - 19:00	220

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 13 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Avenida Diego de Almagro de vuelta



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos observar en la figura 3.13 que los comportamientos del tráfico vehicular de la avenida Diego de Almagro de vuelta en

distintas horas del día de igual forma tienen las tres horas pico del día que servirá para realizar los respectivos aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm.

d) Aforos de volúmenes para ver las horas pico de la calle Chuquisaca

Se realizó el aforo de un día desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, para determinar las tres horas pico del día de la calle Chuquisaca.

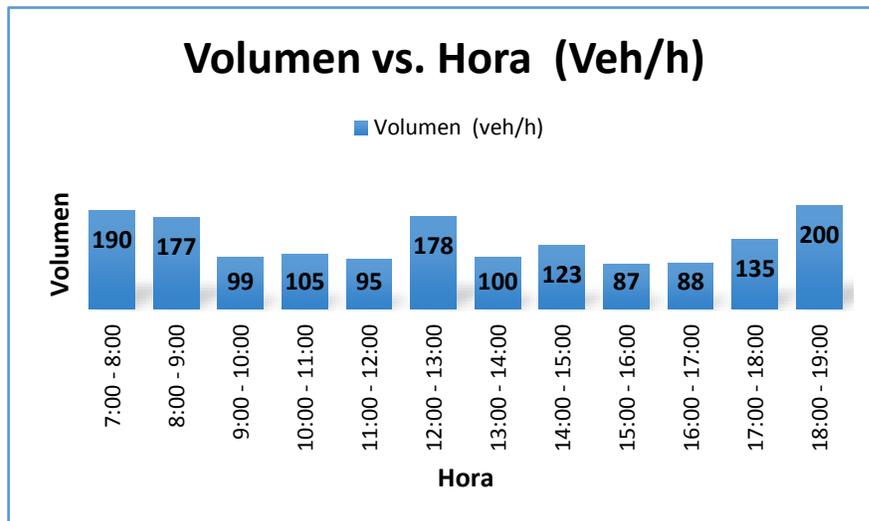
En la Tabla 3. 6 podemos observar el comportamiento del volumen de dicha calle.

Tabla 3.6 Calle Chuquisaca

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	190
8:00 - 9:00	177
9:00 - 10:00	99
10:00 - 11:00	105
11:00 - 12:00	95
12:00 - 13:00	178
13:00 - 14:00	100
14:00 - 15:00	123
15:00 - 16:00	87
16:00 - 17:00	88
17:00 - 18:00	135
18:00 - 19:00	200

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 14 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Calle Chuquisaca



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos ver en la figura 3.14 que los comportamientos del tráfico vehicular en la calle Chuquisaca en distintas horas del día tienen las tres horas pico que servirá para hacer los aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular.

e) Aforos de volúmenes para ver las horas pico de la calle Cochabamba

El aforo de un día se realizó desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, para determinar las tres horas pico del día de la calle Cochabamba.

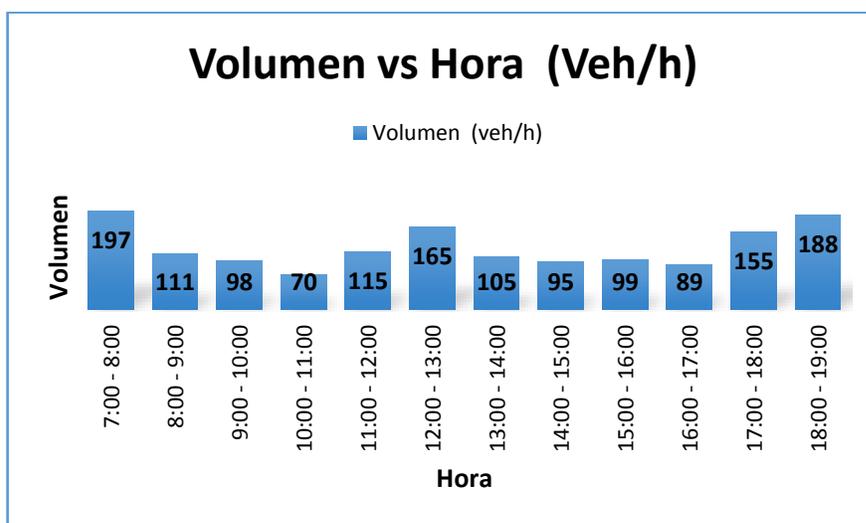
En la tabla 3. 7 podemos observar el comportamiento del volumen de dicha calle.

Tabla 3.7 Calle Cochabamba

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	197
8:00 - 9:00	111
9:00 - 10:00	98
10:00 - 11:00	70
11:00 - 12:00	115
12:00 - 13:00	165
13:00 - 14:00	105
14:00 - 15:00	95
15:00 - 16:00	99
16:00 - 17:00	89
17:00 - 18:00	155
18:00 - 19:00	188

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 15 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos ver en la figura 3.15 que los comportamientos del tráfico vehicular en la calle Cochabamba en distintas horas del día tienen las tres horas pico que servirá para hacer las aforaciones de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular.

f) Aforos de volúmenes para ver las horas pico de la calle Santa Cruz

El aforo de un día se realizó desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche. Aforando los vehículos de ida como de vuelta, para determinar las tres horas pico del día de la calle Santa Cruz.

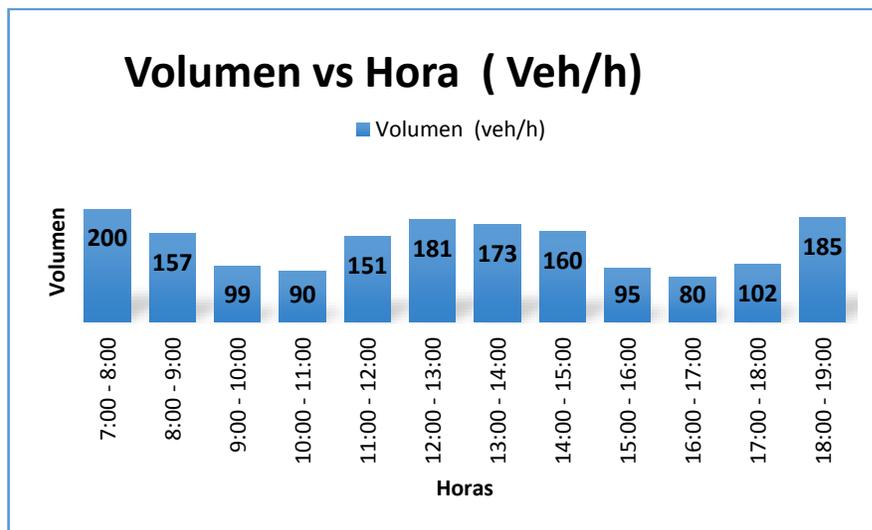
En la tabla 3. 8 podemos observar el comportamiento del volumen de dicha calle.

Tabla 3.8 Calle Santa Cruz

Horas	Volumen (Veh/h)
7:00 - 8:00	200
8:00 - 9:00	157
9:00 - 10:00	99
10:00 - 11:00	90
11:00 - 12:00	151
12:00 - 13:00	181
13:00 - 14:00	173
14:00 - 15:00	160
15:00 - 16:00	95
16:00 - 17:00	80
17:00 - 18:00	102
18:00 - 19:00	185

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 16 Comportamiento del tráfico vehicular en distintas horas del día de la Calle Santa Cruz



Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Analizando los resultados obtenidos podemos ver en la figura 3.16 que los comportamientos del tráfico vehicular en la calle Santa Cruz en distintas horas del día tienen las tres horas pico que servirá para realizar aforos de un mes. Por lo que se puede observar las horas pico son: de 7:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 13:00 pm, de 18:00 pm a 19:00 pm. Ya que estos horarios son horas pico del tráfico vehicular

3.3.2 Aforos de volúmenes de un mes

En los aforos de volúmenes de un mes (anexo 1) se realizó tres días a la semana; 2 días hábiles como el día lunes y miércoles, y un día no hábil día sábado.

Se realizó el conteo de los vehículos livianos como ser: (taxis, jeeps, moto taxis, vagonetas, camionetas pequeñas), los vehículos medianos como ser: (camionetas de 4 o 6 cabinas, micros de las diferentes líneas, camiones) y los vehículos pesados (volquetas, camiones grandes, flotas) tanto públicos como privados; en cada intersección se tomó en cuenta los accesos de entrada a la intersección para hacer el aforo de cada acceso en giro izquierdo, giro derecho y de frente en las tres horas pico del día. Se utilizó el método

manual para realizar el conteo de los vehículos ya que este método es el más completo porque toma en cuenta varias variables como ser el tipo de vehículo si es liviano, mediano y pesado o público y privado.

Para el procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso y de cada intersección se utilizó según la norma AASTHO indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizó un rango de depuración óptimo para tener mejores resultados de aforos de vehículos. Las tablas de datos depurados se encuentran en el anexo II.

Nota: Todas las casillas pintadas de rozadas son los datos depurados.

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

- **Media aritmética**

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

Donde:

X= Media aritmética

Xi = Valores de la variable x

N = Número de valores observados

- **Desviación estándar**

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xj - \bar{X})}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

X = Media aritmética

X_j = Valores de la variable x

N = Numero de observaciones.

- **Rango de depuración óptima**

$$\bar{X} \pm \sigma$$

Donde:

X = Media aritmética

σ = Desviación estándar

a) Aforos de volúmenes de un mes de la calle Avaroa

Tabla 3.9 Promedio finales de aforos de volúmenes por intersecciones

Promedio de las tres horas (Veh/h)		
Intersección I	A - 1	205
	A - 2	212
	Total =	417
Intersección II	A - 1	167
	A - 2	157
	Total =	324
Intersección III	A - 1	126
	A - 2	105
	Total =	231
Intersección IV	A - 1	139
	A - 2	103
	Total =	243

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.9 podemos observar diferentes volúmenes en cada intersección donde podemos apreciar que en la intersección I tenemos un volumen total máximo de 417 vehículos por hora. Y en la intersección III podemos ver que tiene un volumen total mínimo de 231 vehículos por hora, donde se cuenta con la presencia solo de vehículos livianos y medianos.

b) Aforos de volúmenes de un mes de la calle Regimiento Chichas

Tabla 3.10 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones de la calle Regimiento Chichas

Promedio de las tres horas (Veh/h)		
Intersección I	A - 1	361
	A - 2	128
	A - 3	420
	A - 4	123
	Total =	1032
Intersección II	A - 1	364
	A - 2	141
	A - 3	393
	A - 4	131
	Total =	1030
Intersección III	A - 1	306
	A - 2	143
	A - 3	375
	A - 4	125
	Total =	949
Intersección IV	A - 1	295
	A - 2	132
	A - 3	356
	A - 4	127
	Total =	910

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En el aforo de volúmenes de la avenida Regimiento Chichas podemos observar que estas intersecciones son las más críticas, donde el volumen sobrepasa los 200 vehículos por hora, observando la tabla 3,10 podemos ver que en la intersección I tenemos un promedio Final de aforos de volúmenes de 1032 vehículos por hora, seguido de la intersección II con un volumen de 1030 vehículos por hora. Es por eso que en estas intersecciones tienen mayor flujo vehicular en sus horas pico, donde también existen la presencia de vehículos pesados, aunque en muy poca cantidad. Ya que por estas intersecciones más cuentan con la circulación de vehículos livianos y medianos como ser las líneas de micros y las motos taxis.

c) Aforos de volúmenes de un mes de la calle Chuquisaca

Tabla 3.11 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones de la calle Chuquisaca

Promedio de las tres horas (veh/h)		
Intersección I	A - 1	89
	A - 2	63
	Total =	152
Intersección II	A - 1	89
	A - 2	63
	Total =	151
Intersección III	A - 1	91
	A - 2	68
	Total =	159
Intersección IV	A - 1	80
	A - 2	64
	Total =	144
Intersección V	A - 1	87
	A - 2	71
	Total =	158

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.11 se muestran intersecciones que tienen un flujo de vehículos que pasan los 50 vehículos por hora, porque en estos puntos de estudio la transitabilidad no está en buenas condiciones ya que existe baches en las calles en diferentes lugares de cada intersección, podemos ver que el volumen máximo en la intersección III es de 159 vehículos por hora, es por eso que no existe mucha circulación vehicular debido a las condiciones que se encuentra ya que muchos conductores optan por transitar por otras calles de la ciudad.

d) Aforos de volúmenes de un mes de la calle Santa Cruz

Tabla 3.12 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones de la calle Santa Cruz

Promedio de las tres horas (veh/h)		
Intersección I	A - 1	144
	A - 2	109
	Total =	254
Intersección II	A - 1	118
	A - 2	99
	Total =	217
Intersección III	A - 1	120
	A - 2	108
	Total =	228
Intersección IV	A - 1	129
	A - 2	115
	Total =	244

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

La tabla 3.12 muestra cuatro intersecciones donde el volumen por cada acceso sobrepasa los 100 vehículos por hora, en la intersección I podemos observar que se tiene un volumen total máximo de 254 vehículos por hora, donde también se tiene la presencia de vehículos pesados medianos y livianos.

e) Aforos de volúmenes de un mes de la calle Cochabamba

Tabla 3.13 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones de la calle Cochabamba

Promedio de las tres horas (veh/h)		
Intersección I	A - 1	81
	A - 2	73
	Total =	154
Intersección II	A - 1	69
	A - 2	67
	Total =	136
Intersección III	A - 1	73
	A - 2	69
	Total =	142
Intersección IV	A - 1	75
	A - 2	70
	Total =	145
Intersección V	A - 1	77
	A - 2	67
	Total =	144

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En esta tabla 3.13 se muestran intersecciones que tienen un flujo de vehículos que pasan por cada acceso los 50 vehículos por hora, porque en estos puntos de estudio la transitabilidad no está en buenas condiciones ya que existen baches en diferentes lugares de cada intersección, es por eso que no existe mucha circulación vehicular en dicha calle.

f) Aforos de volúmenes de un mes de la avenida Diego De Almagro

Tabla 3.14 Promedio Finales de aforos de volúmenes por intersecciones de la avenida Diego De Almagro

Promedio de las tres horas (veh/h)		
Intersección I	A - 1	402
	A - 2	116
	A - 3	250
	A - 4	120
	Total =	888
Intersección II	A - 1	237
	A - 2	114
	A - 3	223
	A - 4	116
	Total =	691
Intersección III	A - 1	396
	A - 2	119
	A - 3	254
	A - 4	121
	Total =	890
Intersección IV	A - 1	210
	A - 2	118
	A - 3	202
	A - 4	120
	Total =	650
Intersección V	A - 1	189
	A - 2	123
	A - 3	188
	A - 4	128
	Total =	628
Intersección VI	A - 1	182
	A - 2	107
	A - 3	180
	A - 4	96
	Total =	565
Intersección VII	A - 1	213
	A - 2	103
	A - 3	209
	A - 4	103
	Total =	628
Intersección VIII	A - 1	236
	A - 2	109
	A - 3	209
	A - 4	111
	Total =	665
Intersección IX	A - 1	232
	A - 2	111
	A - 3	219
	A - 4	112
	Total =	674

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Estas intersecciones de la Avenida Diego de Almagro son las más críticas, donde podemos observar en la tabla 3.14 el volumen de cada acceso sobrepasa los 200 vehículos por hora más que todo su circulación es por los accesos 1 y 3 es por eso que tiene mayor flujo vehicular en sus horas pico, donde también existen la presencia de vehículos pesados, aunque en poca cantidad.

3.3.3 Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho

Para el cálculo de porcentaje (%) de vehículos de giro izquierdo y giro derecho se tomó en cuenta solo los vehículos de ambos giros, ya no se hizo la depuración de datos solo se sacó sumatoria y la media aritmética de los tres días de las cuatro semanas por hora pico (anexo III), donde se encontró el total de vehículos de giro izquierdo y derecho de cada intersección; con esos valores totales de giro de cada acceso se calculó el porcentaje de giros izquierdo y derecho.

a) Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho

Tabla 3.15 Promedio Finales de porcentajes de giros de la calle Avaroa

Promedio de las tres horas (Veh/h)					
	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
Intersección I	A - 1	33	45	16,16	22,09
	A - 2	34	40	15,98	19,02
	Total =	67	86		
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	45	0	26,72	0,00
	A - 2	0	37	0,00	23,78
	Total =	45	37		
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	44	0,0	34,77
	A - 2	42	0	40,18	0,00
	Total =	42	44		
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	68	0	49,13	0,00
	A - 2	0	40	0,00	38,35
	Total =	68	40		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.15 podemos observar los porcentajes de giros ya sea izquierdo y derecho de cada intersección y sus accesos, vemos que en la intersección I en ambos accesos los vehículos giran a la izquierda y derecha, mientras que en la intersección II y IV podemos observar que los vehículos solo tienen giros izquierdos. Y en la intersección III los giros de los vehículos tienen giros derechos esto es debido a cada acceso que tiene dicha calle.

b) Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho

Tabla 3.16 Promedio Finales de porcentajes de giros de la Avenida Regimiento Chichas

Promedio de las tres horas (tph)					
Intersección I	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	39	38	10,70	10,44
	A - 2	0	52	0,00	40,31
	A - 3	0	66	0,00	15,67
	A - 4	49	0	39,47	0,00
	Total =	87	155		
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	37	44	10,25	12,05
	A - 2	57	0	40,47	0,00
	A - 3	72	0	18,37	0,00
	A - 4	0	52	0,00	39,51
	Total =	167	96		
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	34	37	11,23	12,13
	A - 2	0	58	0,00	40,53
	A - 3	0	65	0,00	17,27
	A - 4	51	0	40,67	0,00
	Total =	85	160		
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	35	36	11,81	12,05
	A - 2	54	0	40,87	0,00
	A - 3	66	1	18,43	0,00
	A - 4	0	54	0,00	42,57
	Total =	155	91		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.16 podemos observar que en las cuatro intersecciones giran a la izquierda y derecha, pero no por todos los accesos sino solo en algunos accesos.

c) Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho

Tabla 3.17 Promedio Finales de porcentajes de giros de la calle Chuquisaca

Promedio de las tres horas (tph)					
	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
Intersección I	A - 1	33	0	37,48	0,00
	A - 2	0	22	0,00	34,81
	Total =	33,22	21,89		
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	32	0	36,00	0,00
	A - 2	0	22	0,00	35,56
	Total =	32	22		
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	33	0,00	36,31
	A - 2	25	0	35,91	0,00
	Total =	25	33		
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	23	6	29,00	7,23
	A - 2	0	23	0,00	35,93
	Total =	23	29		
Intersección V	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	32	0,00	37,21
	A - 2	26	0	36,91	0,00
	Total =	26	32		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.17 podemos observar en la intersección I acceso 1 los vehículos tienen giro izquierdo y en el acceso 2 los vehículos tienen giro derecho, en la intersección II acceso 1 los vehículos giran a la izquierda y por el acceso 2 los vehículos tienen giro derecho, en la intersección III acceso 1 los vehículos tienen giro derecho y por el acceso 2 giran a la izquierda, en la intersección IV acceso 1 los giros de los vehículos son a la izquierda y por el acceso 2 el giro es derecho y en la intersección V acceso 1 los giros son lado derecho y en el acceso 2 los giros son izquierdo.

d) Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho

Tabla 3.18 Promedio Finales de porcentajes de giros de la calle Santa Cruz

Promedio de las tres horas (tph)					
Intersección I	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	66	0	45,72	0,00
	A - 2	0	46	0,00	41,79
	Total =	66	46		
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	47	0,00	39,54
	A - 2	44	0	44,12	0,00
	Total =	44	47		
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	47	0	38,93	0,00
	A - 2	0	45	0,00	41,80
	Total =	47	45		
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	51	0,00	39,51
	A - 2	48	0	42,15	0,00
	Total =	48	51		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.18 podemos observar los comportamientos de giros de los vehículos tanto giro derecho como izquierdo, donde vemos que en todas las intersecciones los giros son izquierdos y derechos solo con la diferencia de que en algunos accesos solo es de un solo giro ya sea izquierdo o derecho.

e) **Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho**

Tabla 3.19 Promedio Finales de porcentajes de giros de la calle Cochabamba

Promedio de las tres horas (tph)					
Intersección I	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	25	0,00	31,44
	A - 2	22	0	29,89	0,00
	Total =	22	25		
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	23	0	33,20	0,00
	A - 2	0	22	0,00	32,95
	Total =	23	22		
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	0	21	0,00	29,34
	A - 2	21	0	30,24	0,00
	Total =	21	21		
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	22	0	29,98	0,00
	A - 2	0	25	0,00	34,86
	Total =	22	25		
Intersección V	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	23	0	29,40	0,00
	A - 2	0	20	0,00	29,44
	Total =	23	20		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.19 de igual manera podemos observar los comportamientos de giros de los vehículos, donde vemos que en todas las intersecciones los giros son izquierdos y derechos solo con la diferencia de que en algunos accesos solo giran a lado izquierdo o derecho.

f) **Porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho**

Tabla 3.20 Promedio Finales de porcentajes de giros de la Avenida Diego de Almagro

Promedio de las tres horas (tph)					
Intersección I	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	74	101	18,46	25,03
	A - 2	36	31	31,23	26,97
	A - 3	31	40	12,37	16,17
	A - 4	37	31	30,64	26,27
Total =	178	204			
Intersección II	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	31	42	13,13	17,85
	A - 2	32	36	28,04	31,08
	A - 3	31	42	13,90	18,83
	A - 4	32	36	27,61	31,02
Total =	126	156			
Intersección III	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	71	95	17,90	23,96
	A - 2	39	30	32,75	25,04
	A - 3	33	42	12,96	16,39
	A - 4	39	30	32,66	24,73
Total =	182	196			
Intersección IV	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	36	49	17,17	23,30
	A - 2	30	38	25,54	31,85
	A - 3	36	48	17,87	23,97
	A - 4	30	38	24,99	31,75
Total =	132	173			
Intersección V	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	34	39	17,91	20,76
	A - 2	32	42	25,53	34,25
	A - 3	33	39	17,49	20,99
	A - 4	34	42	26,70	32,80
Total =	132	163			
Intersección VI	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	32	42	17,44	23,28
	A - 2	32	29	29,74	26,98
	A - 3	30	43	16,59	23,74
	A - 4	31	29	32,13	30,60
Total =	124	143			

Intersección VII	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	36	54	16,88	25,55
	A - 2	32	28	30,82	26,63
	A - 3	35	53	16,75	25,44
	A - 4	31	28	29,85	26,68
	Total =	134	163		
Intersección VIII	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	34	52	14,40	22,01
	A - 2	30	35	27,20	32,52
	A - 3	32	52	15,42	24,88
	A - 4	31	35	27,84	31,51
	Total =	127	174		
Intersección IX	Accesos	Giro izq.	Giro der.	% giro izq.	% giro der.
	A - 1	34	52	14,68	22,39
	A - 2	31	32	27,63	28,63
	A - 3	34	52	15,63	23,54
	A - 4	31	32	28,04	28,53
	Total =	130	167		

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.20 vemos que los giros de esta avenida son de ambos giros, donde los vehículos pueden girar a la izquierda y derecha esto debido a que en estas calles los accesos son amplios y no hay problema alguno para que puedan dar ambos giros.

3.3.4 Porcentaje de vehículos pesados

Para los vehículos pesados se sacó la sumatoria y media aritmética de los tres días de la semana y de las cuatro semanas (un mes) en sus tres horas pico; ya no se hizo la depuración de datos, se trabajó con puro medias aritméticas (anexo IV). Para así al final obtener el total de vehículos pesados por hora con esos datos se calculó el % de vehículos pesados y con el total de cada intersección.

a) Promedio final de porcentaje de vehículos pesados

Tabla 3.21 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la calle Avaroa

Promedio de las tres horas (Vh/h)			
	Accesos	Total	% de vehículos pesados
Intersección I	A - 1	1,33	1
	A - 2	1,36	1
	Accesos	Total	% de vehículos pesados
Intersección II	A - 1	1,22	1
	A - 2	1,31	1
	Accesos	Total	% de vehículos pesados
Intersección III	A - 1	1,22	1
	A - 2	1,14	1
	Accesos	Total	% de vehículos pesados
Intersección IV	A - 1	0,83	1
	A - 2	1,31	1
	Accesos	Total	% de vehículos pesados

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los resultados

Según la tabla 3.21 se observa que en las intersecciones I, II, III y IV el porcentaje de vehículos pesados es en la misma proporción del 1%.

b) Promedio final de porcentaje de vehículos pesados de la avenida Regimiento Chichas

Tabla 3.22 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la avenida Regimiento Chichas

Promedio de las tres horas (tph)			
Intersección I	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	2,00	1
	A - 2	1,81	1
	A - 3	1,42	0
	A - 4	1,31	1
Intersección II	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,56	0
	A - 2	1,22	1
	A - 3	1,36	0
	A - 4	1,22	1
Intersección III	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,11	0
	A - 2	1,19	1
	A - 3	1,25	0
	A - 4	1,22	1
Intersección IV	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,86	1
	A - 2	1,61	1
	A - 3	1,17	0
	A - 4	1,06	1

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Según la tabla 3.22 se observa que en las intersecciones I, II, III y IV el porcentaje de vehículos pesados es en la misma proporción del 1%.

c) **Promedio final de porcentaje de vehículos pesados de la calle Chuquisaca**

Tabla 3.23 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la calle Chuquisaca

Promedio de las tres horas (tph)			
Intersección I	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,50	2
	A - 2	1,31	2
Intersección II	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	0,94	1
	A - 2	0,56	1
Intersección III	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,39	2
	A - 2	1,19	2
Intersección IV	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	0,86	1
	A - 2	0,83	1
Intersección V	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,08	1
	A - 2	0,89	1

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Según la tabla 3.23 se observa que en las intersecciones I y III el porcentaje de vehículos pesados es del 2%. Mientras que en las intersecciones II, IV y V el porcentaje de vehículos pesados es del 1%.

d) Promedio final de porcentaje de vehículos pesados de la calle Santa Cruz

Tabla 3.24 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la calle Santa Cruz

Promedio de las tres horas (Veh/h)			
Intersección I	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	2,22	2
	A - 2	1,58	1
Intersección II	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	0,72	1
	A - 2	0,56	1
Intersección III	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,44	1
	A - 2	1,17	1
Intersección IV	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,17	1
	A - 2	0,94	1

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.24 se observa que en la intersección I acceso 1 el porcentaje de vehículos pesados es del 2 %. Y en el acceso 2 el porcentaje de vehículos pesados es del 1 %. Mientras que en las intersecciones II, III y IV los porcentajes de vehículos pesados es del 1%.

e) Promedio final de porcentaje de vehículos pesados de la calle Cochabamba

Tabla 3.25 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la calle Cochabamba

Promedio de las tres horas (Veh/h)			
Intersección I	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,92	2
	A - 2	1,47	2
Intersección II	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,22	2
	A - 2	1,00	1
Intersección III	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,19	2
	A - 2	1,11	2
Intersección IV	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	0,75	1
	A - 2	0,54	1
Intersección V	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	1,58	2
	A - 2	1,25	2

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.25 se observa que en la intersección I, III y V el porcentaje de vehículos pesados es del 2 %. En la intersección II acceso 1 el porcentaje de vehículos pesados es del 2 % y en el acceso 2 el porcentaje es del 1 %. Y en la intersección IV el porcentaje de vehículos pesados es del 1%.

f) **Promedio final de porcentaje de vehículos pesados de la Avenida Diego de Almagro**

Tabla 3.26 Porcentaje (%) de vehículos pesados de la avenida Diego de Almagro

Promedio de las tres horas (Veh/h)			
Intersección I	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,31	1
	A - 2	3,08	3
	A - 3	3,25	1
	A - 4	3,94	3
Intersección II	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,78	2
	A - 2	1,94	2
	A - 3	2,78	1
	A - 4	3,17	3
Intersección III	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,64	1
	A - 2	2,31	2
	A - 3	3,36	1
	A - 4	3,36	3
Intersección IV	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	2,83	1
	A - 2	2,31	2
	A - 3	3,19	2
	A - 4	3,67	3
Intersección V	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,42	2
	A - 2	1,56	1
	A - 3	2,67	1
	A - 4	3,36	3
Intersección VI	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,39	2
	A - 2	2,42	2
	A - 3	2,67	1
	A - 4	3,67	4

Intersección VII	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,25	2
	A - 2	2,28	2
	A - 3	2,56	1
	A - 4	3,00	3
Intersección VIII	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	3,11	1
	A - 2	1,92	2
	A - 3	2,42	1
	A - 4	3,39	3
Intersección IX	Accesos	Total	% de vehículos pesados
	A - 1	2,83	1
	A - 2	2,08	2
	A - 3	3,78	2
	A - 4	3,75	3

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.26 se observa que en la intersección I acceso 1 y 3 el porcentaje de vehículos pesados es del 1%, y en los accesos 2 y 4 el porcentaje de vehículos pesados es del 3 %. En la intersección II acceso 1 y 2 el porcentaje de vehículos pesados es del 2% y en el acceso 3 el porcentaje es del 1% y en el acceso 4 el porcentaje de vehículos pesados es del 3 %, etc. esta Avenida cuenta con más porcentajes de vehículos pesados según cada intersección y accesos que cuentan.

3.3.5 Aforos de tiempos para la velocidad de punto

Para el cálculo de la velocidad de punto se realizó los aforos de los tiempos después que se terminó los aforos de los volúmenes. Se realizo también durante 4 semanas en los mismos días y horas que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Se tomo dos tramos de cada calle y avenida para hacer las aforaciones de los tiempos, se utilizó el método del cronometro donde se tomó una distancia de 25 metros en cada tramo haciéndose una medición cada 5 vehículos que pasaba cada tramo tanto del acceso de ida como de vuelta.

Procesamiento de datos para el cálculo de la velocidad de punto

Los datos de los tiempos aforados se encuentran en el (anexo V); con esos tiempos se calculó la velocidad de punto en (km/h) según la norma AASHTO.

a) Velocidades de punto

Se calculo las velocidades de punto con la siguiente relación:

$$VP = \frac{d}{t}$$

Donde:

VP = Velocidad de punto

d = Distancia de recorrido

t = Tiempo de recorrido

Una vez calculada todas las velocidades de punto (anexo VI) para cada tramo se sacó la media aritmética y la desviación, para proceder a la depuración de los datos que no se encuentran dentro del rango de depuración.

Se tomó el rango más óptimo:

$$X \pm \sigma$$

Las tablas de datos depurados se encuentran en el (anexo VII).

Tabla 3.27 Promedio final de velocidades de punto (km/)

Promedio final de veloc. (km/h) de los tres días de la semana		
Tramo	Único	
Calle Avaroa entre R. Chichas - Bolívar	30,38	
Calle Chuquisaca entre S. Aramayo - Chichas	29,28	
Calle S. Cruz entre Avaroa - Aroma	30,05	
Calle Cochabamba entre Florida - A. Zamudio	30,64	
Tramo	Sur	Norte
Avenida Chichas entre Junín - Chuquisaca	31,95	31,96
Avenida D. Almagro entre M. Cruz - A. Arce	32,11	32,35

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Las velocidades en las diferentes intersecciones son casi constantes debido a que en algunas de las intersecciones hay una reducción, pero es mínima en comparación con demás accesos, estas velocidades son muy bajas en comparación con otras intersecciones de otras ciudades en donde se hicieron los estudios de tráfico.

Una de las consecuencias de que los vehículos tengan velocidades bajas es que no se requiere velocidades altas para llegar de un punto a otro debido a que no tiene distancias largas de viajes o de circulación.

Una de las mayores velocidades que se tiene es en la Avenida Diego de Almagro que esta entre (32km/h), debido a que en esta calle donde se midió la velocidad esta es una recta de tramo largo y la calzada se encuentra en buenas condiciones.

3.3.6 Calculo de Capacidades y niveles de servicio

Para el cálculo de capacidades se realizó con el método HCM del manual de los EEUU de vías interrumpidas versión 1985 para cada intersección debido a que todos los estudios realizados de cálculos de capacidades en nuestro país fueron calculados con este método;

ya que todavía no contamos con un manual de cálculo de capacidades para vías interrumpidas.

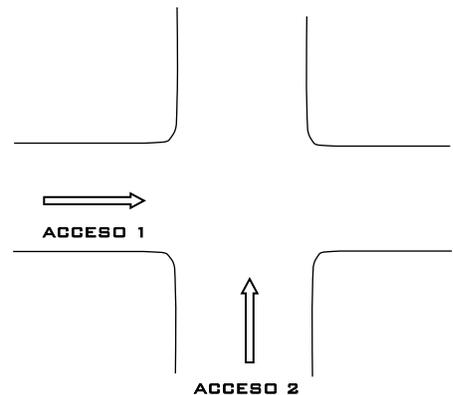
Con ese método se analizó cada acceso que entra a la intersección que nos sirvió para el cálculo del nivel de servicio de toda la intersección estudiada.

Se toma en cuenta el % de vehículos pesados, el % de giro izquierdo y derecho, si existe parada antes y después de la intersección y si existe estacionamiento en cada intersección. A continuación, se muestra el cálculo de capacidad de cada intersección.

Intersección I: calle Avaroa y R. Chichas

Datos:

- Zona central con estacionamiento a la derecha
Con paradas antes y después de la intersección
- Volumen Total Horario = 205 Veh/h
- Ancho del acceso = $4,8 - 1,80 = 3,0$ m
- % GI = 16,16
- % GD = 22,09
- % Veh pes. = 1



Acceso 1

Con el ancho de acceso se obtiene la capacidad teórica del ábaco del manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

Capa. Teórica = 500 Veh/h

Capacidad práctica = Cap. teórica * 0,90

Capacidad práctica = 450 Veh/h

Factores:

a) Por Giro Izquierdo

b) Por Giro Derecho

% GI > 10

% GD > 20

$$\%GI = 16,16 - 10 = 6,16\%$$

$$F_{gi} = 1,00$$

$$F_{gd} = 0,97$$

Nota: No se tomará el % de GD ya que el factor de reducción no debe pasar el 20 % de giros

c) Por Veh. Pesados

$$\% \text{ Veh. Pes} < 10 \%$$

$$F_{veh. pes} = 1,00$$

d) Por Paradas

Por paradas antes de la intersección, reducir: 10 %

$$F_{pa} = 0,9$$

Capacidad real es:

$$\text{Capacidad real} = \text{Cap. practica} * F_{vp} * F_{gi} * F_{gd} * F_{pa}$$

$$\text{Capc. real} = 405 \quad \text{veh/h}$$

Acceso 2

Datos:

- Zona central con estacionamiento permitido Con paradas antes y después de la intersección
- Volumen total horario = 212 Veh/h
- Ancho del acceso = $8,9 - 1,80 = 7,10$ m
- % GI = 15,98
- % GD = 19,02
- % Veh pes. = 1

Con el ancho de acceso se obtiene la capacidad teórica del ábaco del manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

Capac. teórica = 1100 Veh/h

Capacidad práctica = Cap. teórica* 0,90

Capacidad práctica = 990 Veh/h

Factores:

a) Por Giro Izquierdo

% GI > 10

%GI = 15,98 - 10 = 5,98%

Fgi = 1,00

b) Por Giro Derecho

% GD > 10

%GD = 19,02 - 10 = 9,02%

Fgd = 1,00

c) Por Veh. Pesados

% Veh. Pes < 10 %

Fveh.pes = 0,99

d) Por Paradas

por paradas antes de la intersección, reducir: 10 %

Fpa = 0,9

Capacidad real es:

Capacidad real = Cap. practica* Fvp*Fgi*Fgd*Fpa

Cap real = 882 Veh/h

De acuerdo a los cálculos realizados se tiene la tabla 3.28 con los siguientes resultados, y dichos cálculos se muestran en (anexos VIII), cada uno de los resultados son de cada calle y sus respectivas intersecciones.

Para el nivel de servicio ya teniendo todas las capacidades de cada acceso y los volúmenes, se calculó la relación V/C volumen dividido entre la capacidad con ese valor se entra a la tabla de nivel de servicio del método HCM de los EEUU y se elige el tipo de nivel de

servicio de cada acceso; para el nivel de servicio de cada intersección se elige el mayor nivel de servicio de cada intersección.

a) Capacidad y Nivel de servicio de la calle Avaroa

Tabla 3.28 Capacidad y Nivel de servicio

Calle Avaroa						
	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	205	405	0,51	C	Próximo a flujo inestable
	A - 2	212	882	0,24	A	Flujo estable
Intersección II	A - 1	167	405	0,41	B	Flujo estable
	A - 2	157	464	0,34	B	Flujo estable
Intersección III	A - 1	126	486	0,26	A	Flujo estable
	A - 2	105	401	0,26	A	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	139	810	0,17	A	Flujo estable
	A - 2	103	882	0,12	A	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

La capacidad vehicular es un parámetro de la ingeniería de tráfico que nos permite evaluar las condiciones físicas y de operación respecto a la cantidad de vehículos que tienen las vías urbanas. En la tabla 3.28 observamos que en la intersección I, acceso A-1, la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dicho acceso se tiene un nivel de servicio C, que de acuerdo a tablas del manual de Ingeniería de Tránsito De Raúl Iván Palma Álvarez podemos observar una descripción a un flujo próximo a inestable lo cual significa que en dicha intersección existe un flujo vehicular próximo a inestable la cual nos obliga a buscar alternativas de solución.

Por otro lado, en las intersecciones II, III y IV la capacidad es mayor al volumen lo que implica que en dichas intersecciones se tienen niveles de servicio A y B, que de acuerdo a tablas del manual podemos observar una descripción a un flujo estable donde ya no requiere la búsqueda de alternativas de solución.

b) Capacidad y nivel de servicio de la avenida Regimiento Chichas

Tabla 3.29 Capacidad y Nivel de servicio

Avenida r. Chichas						
	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	361	1041	0,35	B	Flujo estable
	A - 2	128	338	0,38	B	Flujo estable
	A - 3	420	764	0,55	C	Próximo a flujo inestable
	A - 4	123	342	0,36	B	Flujo estable
Intersección II	A - 1	364	791	0,46	B	Flujo estable
	A - 2	141	281	0,50	C	Próximo a flujo inestable
	A - 3	445	705	0,63	C	Próximo a flujo inestable
	A - 4	131	285	0,46	B	Flujo estable
Intersección III	A - 1	306	782	0,39	B	Flujo estable
	A - 2	143	281	0,51	C	Próximo a flujo inestable
	A - 3	375	751	0,50	C	Próximo a flujo inestable
	A - 4	125	280	0,45	B	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	295	779	0,38	B	Flujo estable
	A - 2	132	279	0,47	B	Flujo estable
	A - 3	356	741	0,48	B	Flujo estable
	A - 4	127	273	0,47	B	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia,

Análisis de los resultados

En la tabla 3.29 observamos que en la intersección I, acceso A-3, la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dicho acceso se tiene un nivel de servicio C, que de acuerdo a tablas del manual de Ingeniería de Transito De Raúl Iván Palma Álvarez podemos observar una descripción a un flujo próximo a inestable lo cual significa que en dicha intersección existe un flujo vehicular próximo a inestable la cual nos obliga a buscar alternativas de solución en dicha calle. En los accesos A-1, A-2 y A-4 se tienen niveles de servicio B, que de acuerdo a tablas del manual podemos observar una descripción a un flujo estable donde ya no requiere de búsqueda de alternativas de solución.

Por otro lado, en la intersección II y III acceso A-2 y A-3 se tienen niveles de servicio C, que de acuerdo a tablas del manual podemos observar una descripción a un flujo próximo

a inestable. Y en los accesos A-1y A-4 podemos observar niveles de servicio B que de acuerdo tablas del manual de Ingeniería vemos una descripción a un flujo estable. En la intersección IV apreciamos niveles de servicio B flujos estables es decir que la circulación es normal no existe congestionamientos.

c) Capacidad y nivel de servicio de la calle Chuquisaca

Tabla 3.30 Capacidad y Nivel de servicio

Calle Chuquisaca						
	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	89	352	0,25	B	Flujo estable
	A - 2	63	609	0,10	A	Flujo estable
Intersección II	A - 1	89	359	0,25	B	Flujo estable
	A - 2	63	304	0,21	B	Flujo estable
Intersección III	A - 1	91	298	0,31	B	Flujo estable
	A - 2	68	360	0,19	A	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	80	360	0,22	B	Flujo estable
	A - 2	64	359	0,18	A	Flujo estable
Intersección V	A - 1	87	353	0,25	B	Flujo estable
	A - 2	71	691	0,10	A	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.30 observamos que en las intersecciones I, II, III y IV la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dichas intersecciones se tienen niveles de servicio Ay B, que de acuerdo a tablas del manual podemos observar una descripción del flujo estable lo cual significa que en dichas intersecciones el flujo de circulación vehicular es normal no existe congestionamientos.

d) Capacidad y nivel de servicio de la calle Santa Cruz

Tabla 3.31 Capacidad y Nivel de servicio

Calle santa cruz						
Intersección	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	144	312	0,46	B	Flujo estable
	A - 2	109	276	0,39	B	Flujo estable
Intersección II	A - 1	118	342	0,35	B	Flujo estable
	A - 2	99	293	0,34	B	Flujo estable
Intersección III	A - 1	120	345	0,35	B	Flujo estable
	A - 2	108	303	0,36	B	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	129	342	0,38	B	Flujo estable
	A - 2	115	357	0,32	B	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.31 observamos que en las intersecciones I, II, III y IV de igual manera la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dichas intersecciones se tienen niveles de servicio B, que de acuerdo a tablas del manual observamos una descripción del flujo estable lo cual significa que en dichas intersecciones el flujo de circulación vehicular es normal no existe congestionamientos.

e) **Capacidad y nivel de servicio de la calle Cochabamba**

Tabla 3.32 Capacidad y nivel de servicio

Calle Cochabamba						
	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	81	509	0,16	A	Flujo estable
	A - 2	73	389	0,19	A	Flujo estable
Intersección II	A - 1	69	311	0,22	A	Flujo estable
	A - 2	67	343	0,20	A	Flujo estable
Intersección III	A - 1	73	359	0,20	A	Flujo estable
	A - 2	69	516	0,13	A	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	75	842	0,09	A	Flujo estable
	A - 2	70	365	0,19	A	Flujo estable
Intersección V	A - 1	77	424	0,18	A	Flujo estable
	A - 2	67	456	0,15	A	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la tabla 3.32 observamos que en las intersecciones I, II, III, IV y V la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dichas intersecciones se tienen niveles de servicio A, que de acuerdo a tablas del manual de ingeniería podemos observar una descripción del flujo estable lo cual significa que en dichas intersecciones el flujo de circulación vehicular es normal es decir satisface a la demanda vehicular de las intersecciones.

f) **Capacidad y nivel de servicio de la avenida Diego de Almagro.**

Tabla 3.33 Capacidad y Nivel de servicio

Avenida diego de Almagro						
	Accesos	Volumen (veh. /h)	Capacidad (veh. /h)	V/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
Intersección I	A - 1	402	693	0,58	C	Próximo a flujo inestable
	A - 2	116	529	0,22	A	Flujo estable
	A - 3	250	816	0,31	B	Flujo estable
	A - 4	120	538	0,22	A	Flujo estable
Intersección II	A - 1	237	795	0,30	B	Flujo estable
	A - 2	114	497	0,23	A	Flujo estable
	A - 3	223	709	0,31	B	Flujo estable
	A - 4	116	474	0,24	A	Flujo estable
Intersección III	A - 1	396	641	0,62	C	Próximo a flujo inestable
	A - 2	119	510	0,23	A	Flujo estable
	A - 3	254	735	0,35	B	Flujo estable
	A - 4	121	507	0,24	A	Flujo estable
Intersección IV	A - 1	210	651	0,32	B	Flujo estable
	A - 2	118	481	0,25	A	Flujo estable
	A - 3	202	642	0,31	B	Flujo estable
	A - 4	120	484	0,25	B	Flujo estable
Intersección V	A - 1	189	665	0,28	B	Flujo estable
	A - 2	123	466	0,26	B	Flujo estable
	A - 3	188	666	0,28	B	Flujo estable
	A - 4	128	468	0,27	B	Flujo estable
Intersección VI	A - 1	182	715	0,25	B	Flujo estable
	A - 2	107	485	0,22	A	Flujo estable
	A - 3	180	717	0,25	B	Flujo estable
	A - 4	108	500	0,22	A	Flujo estable
Intersección VII	A - 1	213	636	0,33	B	Flujo estable
	A - 2	103	481	0,21	A	Flujo estable
	A - 3	209	638	0,33	B	Flujo estable
	A - 4	103	486	0,21	A	Flujo estable
Intersección VIII	A - 1	295	749	0,39	B	Flujo estable
	A - 2	109	467	0,23	A	Flujo estable
	A - 3	209	652	0,32	B	Flujo estable
	A - 4	111	470	0,24	B	Flujo estable
Intersección IX	A - 1	232	744	0,31	B	Flujo estable
	A - 2	111	488	0,23	A	Flujo estable
	A - 3	219	660	0,33	B	Flujo estable
	A - 4	112	486	0,23	A	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

En la siguiente tabla 3.33 observamos que en las intersecciones I y III, accesos A-1, la capacidad Vehicular es mayor al volumen, lo que implica que en dichos accesos se tiene un nivel de servicio C, que de acuerdo a tablas del manual de Ingeniería podemos observar una descripción a un flujo próximo a inestable lo cual significa que en dicha intersección existe un flujo vehicular próximo a inestable la cual nos obliga a buscar alternativas de solución. Y en las intersecciones I y III, accesos A-2, A-3 y A-4 se tienen niveles de servicio A y B con una descripción a un flujo estable.

Por otro lado, en las intersecciones II, IV, V, VI, VII, VIII y IX se tienen niveles de servicio A y B, que de acuerdo a tablas del manual podemos observar una descripción a un flujo estable, la circulación vehicular es normal no existe congestionamientos.

3.3.7 SemafORIZACIÓN

Para la semaforización el cálculo se hizo según la norma AASHTO, se tomó en cuenta las velocidades de punto de cada tramo, sus distancias y el tiempo de ciclo que se dará para cada semáforo.

A continuación, tenemos los cálculos de semaforización de cada intersección de la avenida Regimiento Chichas.

Calle Regimiento Chichas

Intersección I

Acceso A-1 y A-4

Datos:

Volumen A-1 = 361,00 veh/h

Volumen A-4 = 123,00 veh/h

Distancia = 440,00 m

Velocidad = 31,96 km/h

Tiempo amarillo A-1 = 5 seg.

Tiempo amarillo A-4 = 3 seg.

Cálculo del tiempo de ciclo

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C = 99,12 \text{ seg.}$$

$$C = 52 \text{ seg.}$$

Nota: adoptaremos un tiempo de ciclo de 50 segundos

$$C = T_{\text{amarillo A-1}} + T_{\text{amarillo A-4}} + T_{\text{fase verde}} + T_{\text{fase roja}} \quad \text{Ec.1}$$

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo A-1}} - T_{\text{amarillo A-4}} - T_{\text{fase roja}} \quad \text{Ec.2}$$

$$\frac{T_{\text{amarillo A-1}} * \text{volumen A-1}}{T_{\text{fase verde}}} = \frac{T_{\text{amarillo A-4}} * \text{volumen A-4}}{T_{\text{fase roja}}}$$

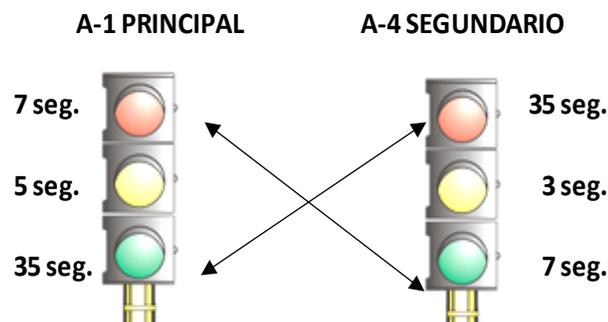
Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene el tiempo de fase roja en A-1:

$$T_{\text{fase roja}} = 7,12 \approx 7 \text{ seg.}$$

para el tiempo de fase verde en A-1 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase verde es:

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo A-1}} - T_{\text{amarillo A-4}} - T_{\text{fase roja}}$$

$$T_{\text{fase verde}} = 34,88 \approx 35 \text{ seg.}$$



Acceso A-3 y A-2

Datos:

Volumen A-3 = 420 veh/h

Volumen A-2 = 128 veh/h

Distancia = 440 m

Velocidad = 31,96 km/h

Tiempo amarillo A-3 = 5 seg.

Tiempo amarillo A-2 = 3 seg.

Cálculo del tiempo de ciclo

$$C = 7.2 * \frac{D}{V}$$

$$C = 99,12 \text{ seg}$$

$$C = 52,00 \text{ seg}$$

Nota: adoptaremos un tiempo de ciclo de 50 segundos

$$C = T_{\text{amarillo A-3}} + T_{\text{amarillo A-2}} + T_{\text{fase verde}} + T_{\text{fase roja}} \text{ Ec. 1}$$

$$T_{\text{fase verde}} = C - T_{\text{amarillo A-3}} - T_{\text{amarillo A-2}} - T_{\text{fase roja}} \text{ Ec.2}$$

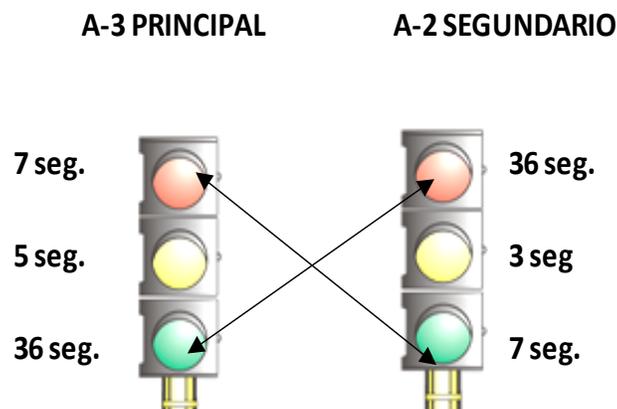
$$\frac{T_{\text{amarillo A-3}} * \text{volumen A-3}}{T_{\text{fase verde}}} = \frac{T_{\text{amarillo A-2}} * \text{volumen A-2}}{T_{\text{fase roja}}}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2) se obtiene el tiempo de fase roja en A-3:

$$T_{\text{fase roja}} = 6,49 \text{ seg} \approx 7 \text{ seg.}$$

para el tiempo de fase verde en A-3 se reemplaza en la ecuación (1) el tiempo de fase roja es:

$$\begin{aligned} T_{\text{fase verde}} &= C - T_{\text{amarillo A-3}} - T_{\text{amarillo A-2}} - T_{\text{fase roja}} \\ T_{\text{fase verde}} &= 35,51 \approx 36 \text{ seg.} \end{aligned}$$



En la tabla 3.34 tenemos un resumen de las calles que se requieren de semaforización debido a las condiciones que deben cumplir. Las demás intersecciones calculadas se encuentran en (anexos IX) ahí veremos los cálculos de cada intersección de las diferentes calles y avenidas.

Tabla 3.34 Resumen de tiempos de ciclo finales

Resumen de tiempos de ciclo finales en segundos							
Calle principal	Fase roja	Fase amarilla	Fase verde	Calle secundaria	Fase roja	Fase amarilla	Fase verde
Av. Chichas	7	5	35	Junín	35	3	7
Avaroa	13	5	29	R. Chichas	29	3	13
Chuquisaca	13	5	29	S. Aramayo	29	3	13
Santa cruz	13	5	29	Aroma	29	3	13
Cochabamba	14	5	28	A.Zamudio	28	3	14
D. Almagro	9	5	33	Aniceto a.	33	3	9

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados

Al momento de realizar dicha semaforización uno de los problemas que se tuvo en el cálculo del tiempo de ciclo para la semaforización en las diferentes intersecciones es que en algunas intersecciones no llega al requerimiento mínimo que se requiere para la repartición de las fases que son: el verde, el amarillo y el rojo, por cuanto se tuvo que asumir un tiempo de ciclo ($C= 52$ seg.) para todas las intersecciones.

Justificación de la colocación de semáforos en el área de estudio

En una instalación semafórica es conveniente que cumpla por lo menos dos de las seis condiciones que nos indica el manual de señalización vial, para asegurar que el proyecto logre resultados en la circulación vehicular.

En la tabla 2.8 vemos la condición N°1 de volúmenes mínimos para semaforar donde la tabla nos indica que para colocar semaforización en una calle es necesario tener volúmenes mínimos de 500 Vehículos por hora en calles principales y 150 Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria.

También vemos la Condición N°5 prevención de accidentes que indica que es conveniente instalar semáforos si se estima que la operación vehicular aumente la seguridad, disminuyendo fehacientemente los accidentes.

Para cumplir con la condición de prevención de accidentes es necesario que se verifiquen los siguientes eventos:

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados mediante semaforización.
- Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.

Debido a todas las condiciones se calculó la semaforización en todas las intersecciones estudiadas donde se puede observar en la Tabla 3.34 un Resumen de tiempos de ciclo finales para dichas calles que se requiere de semaforización.

3.3.8 Análisis de proyección del tráfico de 10 años posibles problemas a futuro

Tabla 3.35 Crecimiento vehicular

Año	Crecimiento vehicular	Media del crecimiento vehicular
2017	4346	4527 → Xi
2018	4708	
2019	5030	4869 → Xf

Fuente: Elaboración propia.

Índice del crecimiento vehicular

$$i = \frac{Xf - Xi}{Xi} 100(\%)$$

Donde:

Xf = Media final del crecimiento vehicular

Xi = Media inicial del crecimiento vehicular

$$i = \frac{4869 - 4527}{4527} * 100 = 7,55\%$$

$$\text{Tráfico futuro} = Xi(1 + i)^n$$

Donde:

Xi = Media inicial del crecimiento vehicular

i = Índice del crecimiento vehicular

n = Número de datos

Año 2020

Tráfico futuro = tráfico actual

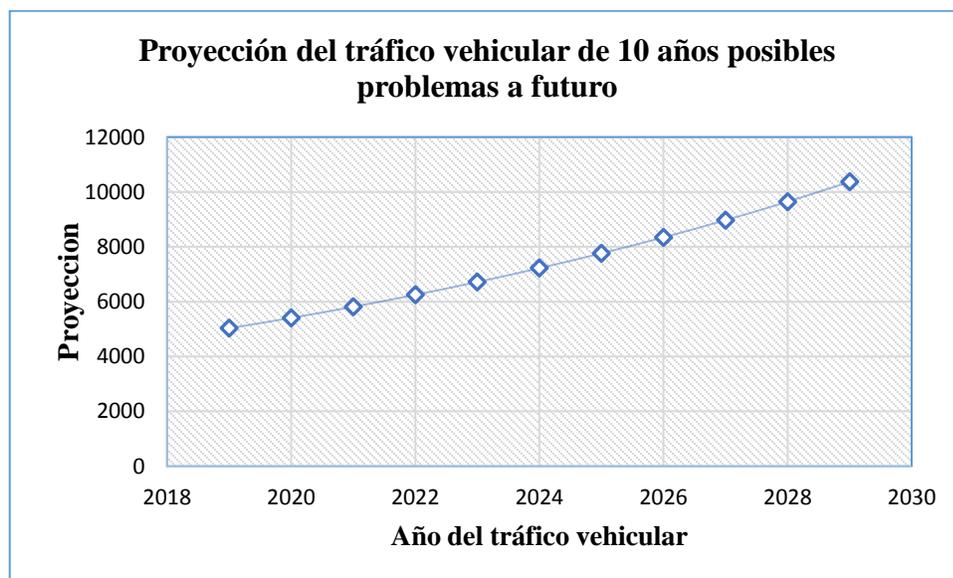
$$\text{Tráfico futuro} = 5030(1 + 0,075)^1 = 5407$$

Tabla 3.36 Resumen del tráfico futuro año vs. proyecciones

Año	Proyecciones
2020	5407
2021	5813
2022	6249
2023	6717
2024	7221
2025	7763
2026	8345
2027	8971
2028	9644
2029	10367

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. 17 Comportamiento del tráfico vehicular de 10 años posibles problemas a futuro



Fuente: Elaboración propia.

3.3.9 El impacto que causa las motos taxis en relación con otros vehículos

Tabla 3.37 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Avaroa

Intersección	1	2	3	4
Cantidad de moto taxis	149	101	98	100
Cantidad de vehículos livianos	197	163	121	132
Cantidad de vehículos medianos	4	4	5	6
Cantidad de vehículos pesados	3	3	2	2
Cantidad de vehículos totales	417	324	231	243

Fuente: Elaboración propia.

$$Inters = \frac{cantidad\ de\ moto\ taxis}{cantidad\ de\ moto\ taxis + cantidad\ de\ vehiculos\ livianos} * 100$$

Tabla 3.38 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Avaroa

Intersección	Porcentaje (%) de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	43	97	98	26
2	38	96	97	24
3	44	95	98	30
4	43	94	98	29

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la calle Avaroa con respecto a vehículos livianos es del 38 % y 44 %, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 94% y 97 %, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 98 % y totales es de 26% y 30 %.

Tabla 3.39 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la avenida Regimiento Chichas

Intersección	1	2	3	4
Cantidad de moto taxis	151	149	145	143
Cantidad de vehículos livianos	337	349	294	285
Cantidad de vehículos medianos	19	12	12	11
Cantidad de vehículos pesados	5	4	4	5
Cantidad de vehículos totales	361	364	306	295

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.40 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la avenida Regimiento Chichas

Intersección	Porcentaje (%) de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	31	88	96	29
2	30	92	97	29
3	33	92	97	32
4	33	93	96	33

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la avenida Regimiento Chichas con respecto a vehículos livianos es del 30 %, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 90%, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 97 % y totales es de 29 y 33 %.

Tabla 3.41 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Chuquisaca

Intersección	1	2	3	4	5
Cantidad de moto taxis	66	72	79	70	75
Cantidad de vehículos livianos	85	84	81	76	80
Cantidad de vehículos medianos	4	4	7	4	7
Cantidad de vehículos pesados	3	2	3	2	2
Cantidad de vehículos totales	152	151	159	144	158

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.42 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Chuquisaca

Intersección	Porcentaje (%) de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	43	94	95	30
2	46	95	97	32
3	49	92	96	33
4	48	94	97	33
5	48	91	97	32

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la calle Chuquisaca con respecto a vehículos livianos es del 43 y 49 %, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 90%, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 97 % y totales es de 30 %.

Tabla 3.43 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Santa Cruz

Intersección	1	2	3	4
Cantidad de moto taxis	82	78	76	83
Cantidad de vehículos livianos	109	90	91	96
Cantidad de vehículos medianos	17	13	14	16
Cantidad de vehículos pesados	4	1	3	2
Cantidad de vehículos totales	254	217	228	244

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.44 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Santa Cruz

Intersección	Porcentaje (%) de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	43	83	95	24
2	46	85	98	26
3	45	84	96	25
4	46	84	97	25

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la calle Santa Cruz con respecto a vehículos livianos es del 43 y 46 %, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 80%, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 96 % y totales es de 25 %.

Tabla 3.45 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Cochabamba

Intersección	1	2	3	4	5
Cantidad de moto taxis	56	48	45	52	45
Cantidad de vehículos livianos	68	59	63	65	67
Cantidad de vehículos medianos	7	6	6	6	7
Cantidad de vehículos pesados	3	2	2	1	3
Cantidad de vehículos totales	154	136	142	145	144

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.46 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la calle Cochabamba

Intersección	Porcentaje (%)de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	49	88	95	27
2	45	88	96	26
3	61	88	96	24
4	44	90	98	26
5	40	86	94	24

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la calle Cochabamba con respecto a vehículos livianos es del 40 y 60 % el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 90%, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 95 % y totales es de 24 y 27 %.

Tabla 3.47 Cantidad de moto taxis, vehículos livianos, medianos y pesados de la avenida Diego de Almagro

Intersección	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cantidad de moto taxis	174	156	170	140	146	146	150	159	159
Cantidad de vehículos livianos	392	223	377	202	175	184	208	228	217
Cantidad de vehículos medianos	12	10	9	9	9	8	7	9	10
Cantidad de vehículos pesados	7	6	7	7	6	6	6	6	8
Cantidad de vehículos totales	518	352	516	329	312	289	316	345	343

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.48 Porcentaje de moto taxis con respecto a vehículos livianos, medianos y pesados de la calle avenida Diego de Almagro

Intersección	Porcentaje (%) de moto taxi con respecto a vehículos:			
	Livianos	Medianos	Pesados	Totales
1	31	93	96	25
2	41	94	96	31
3	31	95	96	25
4	40	94	95	30
5	45	94	96	32
6	45	95	96	33
7	42	95	96	32
8	41	95	96	31
9	42	94	95	32

Fuente: Elaboración propia.

El impacto que causa las motos taxis en la avenida Diego de Almagro con respecto a vehículos livianos es del 30 y 45 % el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos medianos es del 93%, el impacto que causa las motos taxis con respecto a vehículos pesados es de 96 % y totales es de 25 y 33 %.

El comportamiento explosivo y el aumento del nuevo medio de transporte en la ciudad de Tupiza como ser las motos taxis y el indiscriminado deseo de usarlos, por razones de comodidad o estatus. Hacen que causen fuertes impactos negativos en la congestión vehicular, ya que existen más moto taxis que vehículos livianos, más motos taxis que

vehículos medianos y más moto taxis que vehículos pesados. Además, que las motos taxis, no tienen una educación vial, su circulación es desordenado ya que sus giros por las calles son para ambos sentidos, metiéndose entre las personas y demás automóviles pudiendo causar accidentes.

3.3.9 Estacionamiento

Tabla 3. 49 Resultados de los estacionamientos

Nombres de las calles	Índice de ocupación (Veh/hr/casilla)	Demanda máxima de Veh.	Duración media (h/casilla/Veh)	Longitud de la cuadra (m)	Número de cuadras	Oferta (casillas)	Demanda (casillas)
C. Cbba- Florida-Samudio	1,10	12	0,91	110	5	400	364
C S. Cruz- Aroma - Avaroa	1,12	14	0,89	105	5	375	335
C. Chuquisaca - Aramayo - Chichas	1,36	17	0,73	85	6	432	318
C. Avaroa - Chichas - Bolívar	1,37	15	0,73	80	4	176	128
Av. Chichas - Junín - Chuquisaca	1,50	20	0,67	110	4	256	171
Av. diego de almagro-martin- A. Arce	1,41	25	0,71	95	9	1134	804

Fuente: Elaboración propia

Demanda de estacionamiento por hora

7:00 8:00:00 = 10 vehículos

12:00 13:00:00 = 11 vehículos

18:00 19:00:00 = 12 vehículos

Demanda máxima horaria = 12 vehículos

Índice de ocupación

Suma de todos los vehículos estacionados

$I_o = \text{número de horas} / \text{número de casillas}$

$I_o = 33/3/10$

$I_o = 1,1 \text{ veh/hrs/casilla}$

Duración media o promedio del estacionamiento

$D_m = I / I_o \text{ horas} / \text{casilla} / \text{vehículo}$

$D_m = 1 / 1,1$

$D_m = 0,91 \text{ hrs/ casilla / veh.}$

Oferta = N° casillas * Índice de ocupación

$$\text{N}^\circ \text{ casillas} = \frac{\text{Long. cuadra}}{6} - 2$$

$$\text{N}^\circ \text{ casillas} = \frac{110}{6} - 2 = 18 - 2 = 16 \text{ casillas /cuadra}$$

$$\text{N}^\circ \text{ casillas} = 16 \text{ casillas / cuadra} * 5 = 80 * 5 = 400 \text{ casillas}$$

$$\text{Demanda} = \frac{\text{oferta}}{\text{Índice de ocupacion}}$$

$$\text{Demanda} = \frac{400}{1,10} = 364 \text{ casillas}$$

Donde:  Oferta > Demanda ok

Análisis de los resultados

La demanda máxima de vehículos que se encuentra en las diferentes calles que se aforaron para los estacionamientos son los siguientes: (12, 14, 17, 15, 20, 25), estos estacionamientos se encuentran en puntos donde existe mayor fluidez de peatones, en centros comerciales, etc. Dichos cálculos se encuentran en anexos X.

La duración media de los vehículos estacionados en cada una de las casillas se encuentra entre un promedio (de 0,50 minutos y 1 hora), esto se debe a que se encuentran en mercados, oficinas, hospitales, donde se requiere de estacionamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los índices de ocupación de los estacionamientos, un vehículo tiene ocupado los estacionamientos o casillas, que se encuentra en un rango de (1,10 – 1.50 veh/ h/ casilla).

3.3.8 Alternativas de solución

En base a la información recaudada, los datos muestran que las calles con mayor circulación de transporte en nuestra ciudad son: Avenida Regimiento Chichas, calle Avaroa y Avenida Diego de Almagro. Para lo cual se tiene las siguientes alternativas de solución para dichas calles.

- Mejorar la educación vial tanto de los peatones como de los conductores Una de las alternativas importantes como posible solución es la que tiene que ver con la educación vial, tarea que la unidad de Trafico y Vialidad de la HAM de Tupiza ha venido llevando a cabo en el último año en coordinación con colegios y unidades educativas de nuestro medio, sin embargo todavía resulta insuficiente y hace falta que se involucre a mayor cantidad de actores sociales e institucionales para llegar a concientizar a toda la población de utilizar correctamente el transporte público y privado sin perturbar el orden público.
- Existe la posibilidad de habilitar en algunas calles la circulación en doble vía para descongestionar el tráfico vehicular principalmente en el centro de la ciudad como es la avenida Regimiento Chichas, por ejemplo, cambiar los flujos direccionales haciendo que gran parte del tráfico vehicular que pasa por la Avenida Regimiento Chichas y Avaroa utilicen la calle Santa Cruz.
- Otra solución es combinar una mejor semaforización que permita regular la circulación vehicular como peatonal y dar seguridad a los usuarios, en el presente trabajo se plantea todo el estudio de semaforización. Con la semaforización ya calculada, con los volúmenes aforados podemos establecer que en la intersección I de la calle Avaroa y Chichas se requiere de semaforización y en la Avenida Diego de Almagro. En las demás intersecciones no haría falta semáforos ya que se tiene menor flujo vehicular y no se produce congestión ni accidentes de tránsito como ser la calle Cochabamba, Chuquisaca, Santa Cruz y parte de la Avenida Diego de Almagro.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En función a los capítulos del trabajo de investigación y de análisis de resultado se concluye lo siguiente:

De la teoría de fundamentos teóricos de la ingeniería de tráfico se adquirió conceptos y conocimientos, del cual se realizó un análisis minucioso de los componentes del objeto de estudio de la investigación.

Para los volúmenes de circulación se tiene:

- Se recopiló toda la información necesaria para hacer el estudio de tráfico vehicular tomando en cuenta diferentes características para dichos aforos de volúmenes y tiempos. De la cual se obtuvo volúmenes de tráfico promedio horario en seis calles que son la avenida R. Chichas, avenida Diego de Almagro, calle Avaroa, calle Cochabamba, calle Santa Cruz y calle Chuquisaca.
- Se presenta la composición de volúmenes para distintos puntos de la ciudad, en la cual se puede ver el detalle, los tipos de vehículo que circulan por las distintas calles y avenidas de la ciudad. Y los vehículos que tienen mayor circulación son los llamados (moto taxis), estos vehículos pequeños son los que originan mayor congestión que los vehículos grandes, en las ciudades.
- En la depuración de los volúmenes y análisis de los cálculos, se puede apreciar que en tres intersecciones tienen la mayor circulación vehicular. En estas tres intersecciones se tiene los volúmenes y su respectiva capacidad vehicular máxima y son las más críticas de las intersecciones, su nivel de servicio está en el medio de los parámetros que se tiene para verificar si tiene conflictos en la circulación vehicular. Cuando se tiene los niveles de servicio (ND – C) empieza a tener restricciones en la circulación vehicular.
- En la intersección I de la avenida R. Chichas tuvimos volúmenes mayores a 200 Veh/h que es de 1032 Veh/h, seguido de la intersección III de la avenida Diego de Almagro con un volumen total de 890 veh/h. y la intersección I de la calle Avaroa

con un volumen total de 417 veh/h, las demás intersecciones no tuvieron volúmenes mayores a 200 veh/h. por lo que el flujo vehicular en dichas zonas es estable.

Para la velocidad se tiene:

- La velocidad máxima en las diferentes intersecciones arrojó velocidades que oscilan entre 29 km/h. y 31 km/h., los vehículos circulan casi a una misma velocidad en todos los puntos de estudio, existiendo una diferencia mínima entre ellas.
- Las velocidades en los distintos puntos son relativamente bajas, esto no quiere decir que exista algún problema en la circulación, sino más bien debe tratarse de un hábito de los conductores, puesta con las demoras sufridas, estas no son considerables y se deben sobre todo en frenados en intersecciones, o en algunos de los casos a defectos de la plataforma de la calzada.

Para la capacidad y niveles de servicio se tiene:

- Aplicados los criterios del Manual de Capacidad de carreteras a las condiciones actuales y volúmenes actuales, no se presentan ningún problema de circulación.
- De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvieron los siguientes niveles de servicio que se mencionan (A, B, C), los cuales quieren decir que se tiene flujos estables en la circulación vehicular, que no tienen obstrucción en obtener velocidades altas y libres de maniobras.
- En tres calles se tienen niveles de servicio C las cuales son: Avenida Regimiento Chichas, Diego de Almagro y calle Avaroa lo que significa que sus flujos son flujos próximos a inestables. Y en las demás calles como ser la calle Chuquisaca, Cochabamba y Santa Cruz se tienen niveles de servicio A y B.

Para la semaforización se tiene:

- De la determinación del tiempo de ciclo de los semáforos, se determinó el tiempo de ciclo de 52 segundos para todas las calles e intersecciones que cumplan con las condiciones para semaforizar.
- La siguiente tabla muestra un resumen de tiempos de fase en rojo, amarillo y verde para calles principales y secundarios, en intersecciones donde se requiere de semaforización, analizadas con las condiciones mínimas para semaforizar.

Tabla de resumen de tiempos de ciclo finales

Resumen de tiempos de ciclo finales en segundos							
Calle principal	fase roja	fase amarilla	fase verde	Calle secundaria	fase roja	fase amarilla	fase verde
Av. Chichas	7	5	35	Junín	35	3	7
Avaroa	13	5	29	R. Chichas	29	3	13
Chuquisaca	13	5	29	S. Aramayo	29	3	13
Santa Cruz	13	5	29	Aroma	29	3	13
Cochabamba	14	5	28	A. Zamudio	28	3	14
D. Almagro	9	5	33	Aniceto A.	33	3	9

Fuente: Elaboración propia.

Del estudio realizado de estacionamiento se tiene:

- No existe ningún tipo de problema de estacionamientos actuales ni futuros. La oferta es superior en ambos casos a la demanda.
- El estacionamiento ofertado en la ciudad de Tupiza, se lo realizó en puntos críticos, donde no puedan ocasionar conflictos en un futuro.

Para la señalización se tiene:

- Es necesario realizar la señalización en los diferentes puntos de estudio, porque es uno de los requerimientos primordiales en una ciudad, donde el flujo vehicular tiene una gran importancia, en la traslación de personas.
- La existencia de la señalización en cualquier lugar representa (información, prioridad, restricción, etc.), por lo tanto, se las deberá colocar en lugares muy visibles y de fácil comprensión.
- Uno de los parámetros más importantes que debe de tener una ciudad es la señalización de sus calles, nombre de la calle, su sentido de circulación, prohibiciones de estacionamiento para evitar los congestionamientos vehiculares, etc.

Para el transporte público se tiene:

- Los micros son prácticos y eficientes en rutas de corta y media distancia, siendo frecuentemente el medio de transporte más usado a nivel de transportes públicos, por constituir una opción económica, Éste tipo de modalidad que circula en la ciudad, ofrece mayores ventajas como ser capacidad, comodidad y seguridad, pero en los últimos años en la ciudad de Tupiza fue cambiando debido a la implementación del nuevo medio de transporte que son las motos taxis. El ascenso de pasajeros en los micros reducio en gran manera.
- La población de Tupiza dio más prioridad a las motos taxis, debido a que es un vehículo pequeño y rápido, no tienen rutas definidas y logran llegar al destino en menos tiempo y sin paradas, ya que su capacidad oscila entre 2 a 3 pasajeros.

Para el impacto que causa las motos taxis en relación con otros vehículos se tiene:

- Del estudio realizado se llega a la conclusión de que las motos taxis tiene un efecto negativo en la circulación de las calles y avenidas céntricas de la ciudad de Tupiza porque de cada 100 vehículos livianos que pasan por las calles 40% son moto taxis y 60 % son vehículos livianos, y por cada 100 vehículos medianos que pasan 90% son moto taxis y 10 % son vehículos medianos y para vehículos pesados 98% circulan moto taxis y 2% son vehículos pesados, vemos que las motos taxis influyen negativamente en la circulación del tráfico vehicular, porque no deja que la circulación de los vehículos sea normal, sino que el conductor tiene que estar pendiente de las motos taxis que pueden generar accidentes entre vehículo y moto taxi ya que estos circulan metiéndose entre los vehículos más grandes ocasionando congestión y accidentes.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los organismos encargados de la regulación de la circulación hacer énfasis en la educación vial, puesto que uno de los grandes problemas en la circulación se debe a la falta de conocimiento de las normas de circulación. Se logrará esto a través de campañas audiovisuales.
- Trabajar con los sindicatos que existe en la ciudad para así buscar soluciones a la circulación vehicular y también hacer un ordenamiento a la circulación vehicular que existe en la ciudad de Tupiza.
- Se recomienda al concejo Municipal de Tupiza elaborar una ley municipal en base al presente estudio realizado con el fin de regular el Tráfico vehicular.
- Se recomienda a la unidad de Trafico y vialidad restringir los estacionamientos en las calles que no tengan una adecuada calzada, evitando así que sus calles e intersecciones reduzcan su capacidad de circulación.

- Como las intersecciones analizadas no presentan problemas de capacidad se deben mantener o mejorar las condiciones de estas. Es decir, no reducir el ancho útil evitando el estacionamiento y las paradas, puesto que las calles céntricas sobre todo ya se encuentran totalmente consolidadas lo que presentaría un costo muy elevado para realizar ampliaciones futuras.
- Se recomienda que en un tiempo de 5 o 10 años, se realice un nuevo estudio debido a las constantes variables que afectan a la circulación y acentuado por el hecho ser la ciudad de Tupiza, una ciudad que se encuentra en la frontera con Argentina. También hay que hacer notar que los resultados se expresan simplemente en promedios diarios, y, si para complementar esta información en datos anuales se deberán realizar aforos en todo el año, siempre y cuando la disponibilidad económica de los organismos encargados del tráfico lo requieran.

A las personas encargadas del tráfico y transporte de la ciudad de Tupiza, se les recomienda que registren sus datos anuales, para poder hacer proyecciones a futuro o estimaciones en cualquier otro estudio requerido.

Es importante hacer notar que se debe trabajar en la obtención de datos anuales del parque automotor, accidentes (indicando todos los datos; ubicación, causa, número de heridos, número de muertos, etc.), con la finalidad de estimar un crecimiento anual de estos parámetros.