

1.1 Introducción

La ingeniería de tráfico es la ciencia que se ocupa de estudiar, analizar y buscar soluciones para la interpretación entre usuarios y peatones, vehículos públicos, privados, carreteras y calles para que puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios; puede contestar ahora acertadamente muchas preguntas que siempre se hacían los proyectistas de vías sin que pudieran encontrar respuestas satisfactorias. Gracias a los progresos de la ingeniería se han podido proyectar un tipo de vía capaz de conducir grandes masas de vehículos a altas velocidades con máxima seguridad.

Para poder contar con una buena circulación de los vehículos y que éstos tengan una asignación de tráfico adecuada de manera preventiva a los actos que pueda haber en las vías urbanas subsanando problemas de transporte, de accidentes, de problemas ambientales, de demoras por mal funcionamiento de semáforos o mala colocación de las señalizaciones, etc. Se detallará en lo posible una mejora en la viabilidad de los vehículos donde ellos mismos tengan una manera más adecuada de poder circular y transitar de forma cómoda y segura por cada una de las calles de las zonas urbanas de la ciudad.

La asignación al tráfico que se desea obtener donde el crecimiento poblacional ha aumentado circunstancialmente, las necesidades de las personas por optar por vehículos para su medio de transporte, han incrementado el número de venta de vehículos, mayormente de vehículos usados, debido a esto se ha causado que se produzcan congestionamientos en las vías urbanas, mayormente en lugares que cuentan con semaforización donde se producen demoras en el tráfico en los horarios de mayor flujo de vehículos haciendo que los usuarios actúen de una manera ajena con los demás.

Tomando en consideración que los vehículos que transitan por las vías urbanas en unas horas del día llegan a ser un número elevado, en lo que se observará la capacidad de las vías urbanas para el posible tráfico vehicular que estará en constante movimiento, permitiendo así las vías, una circulación para los mismos peatones y usuarios de vehículos tener la disponibilidad de movilizarse por las calles, y evitando ellos mismos de no generar problemas.

Con este estudio respectivo se pretende llegar a tener una aplicación de asignación de tráfico correspondiente con la que dispongan los usuarios mismos para que lleguen a generar en lo posible menos tiempos de demoras, accidentes y confrontaciones, formando un flujo no de manera acelerada, sino transitable acorde con lo que requieren las vías dando una capacidad y niveles de servicios buenos para los vehículos que circulan por ellas.

1.2 Justificación

La asignación del tráfico que será objeto de estudio, servirá para darles a los usuarios mismos y peatones a que cuenten con una forma de movilizarse por las vías de una manera que ellos dispongan de tiempos y no haya problemas a la hora de transitar.

Desde hace mucho tiempo atrás la ciudad de Tarija aumentó el índice de incremento vehicular y está en constante ascenso progresivo, por lo que en algunas vías de la ciudad de un tiempo a esta parte, el flujo vehicular se formó un problema, especialmente en horas y días pico, provocando congestión, accidentes y choques. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando por no dar una solución adecuada.

El motivo de la asignación de tráfico que se desea plantear, es para prever en las zonas de numerosos flujos de vehículos los problemas que llegaría a tenerse en ciertas horas del día que son transitadas con mayor frecuencia, para evitar los accidentes, que en cualquier instante podría darse y poder así darles también a los usuarios conductores y peatones un libre tráfico que ellos mismos verán la facilidad con la que puedan manejarse simultáneamente cuando estén movilizándose por las vías.

Para poder realizar el estudio de tráfico se determinará mediciones de volúmenes de vehículos livianos, medianos y pesados, como también así de velocidades de los motorizados que circulan por las vías en análisis. Para así conocer la capacidad con la que cuenta cada tramo y ver la calidad que presenta para dar un acceso a los vehículos.

La capacidad de las infraestructuras de transporte refleja su facultad para acomodar un flujo móvil de vehículos o de personas, la calidad de servicio que las mismas prestan durante los periodos de punta y el incremento de tráfico que pueden soportar.

El nivel de servicio proporciona las condiciones de explotación del tráfico vial, como su percepción por los conductores y pasajeros, siendo los factores que caracterizan estas condiciones la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación.

Desarrollado el estudio se beneficiará a los usuarios transportistas y peatones, a generar un flujo vehicular bueno considerando en los problemas que siempre llega a haber en zonas de mayor movimiento, generando estos mismos los inconvenientes que no se desea tener, de congestionamientos, demoras y otros. Permitiendo tener desplazamientos moderados por las vías, dando a los usuarios una transitabilidad disponible.

El beneficio obtenido del trabajo del estudio del tráfico se verá en lo que se hizo capaz de recurrir a un buen trabajo de asignación, circulación de vehículos en las vías, para que la población disponga de sus actividades y lograr transportarse al destino que desean, mostrando un sistema de tráfico en su desarrollo moderado.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 Situación problemática

En muchas de las zonas urbanas donde se ve el gran número de tráfico vehicular sobre la vía pública, se tendrá un porcentaje de vehículos que estén circulando por la misma, así también la capacidad con la que deberá contar la infraestructura vial para poder hacer que se desplacen por esa determinada calzada un número indeterminado de vehículos, desde los más livianos hasta los más pesados, lo que llevará a buscar un ordenamiento vehicular que permita a las zonas urbanas, al tener un mayor volumen de tráfico en ciertas horas del día, contar con tráfico seguro y sin accidentes causados por los mismos usuarios y peatones, según la educación vial con la que ellos mismos cuentan.

Pudiendo contar con un ordenamiento de tráfico vehicular, se tendría en las zonas urbanas, áreas de libre circulación, áreas destinadas para vehículos pesados que se dirijan a lugares fuera de la ciudad, áreas de estacionamientos y paradas disponibles para vehículos públicos y privados, que no afecten o hagan que la transitabilidad de los mismos quede

congestionada por volúmenes de vehículos al estar estacionados en lugares no permitidos y no contando las mismas vías con lugares señalados adecuadamente en zonas específicas.

Los intensos volúmenes de tráfico presentados en horas picos del día, en las zonas urbanas en intersecciones donde es que se nota la acumulación de los vehículos por el tiempo de demora de los semáforos y donde aquellos vehículos que puedan girar izquierda o derecha, es donde se generan demoras en el tráfico por ir con una disminución de velocidad en el momento de dar un giro o al estar los mismos vehículos estacionados cercanos a las esquinas de las vías en las zonas urbanas, estacionarse en lugares no debidos, donde a esas horas la mayor circulación de vehículos se da por motivo a que los usuarios se dirigen a sus lugares de trabajo y distintas actividades a realizar, pudiendo generarse los posibles accidentes que es lo que no se quiere que se produzcan.

Muchas de estas causas señaladas generaran en las zonas urbanas mayormente transitadas los posibles embotellamientos y demoras en el tráfico, tal vez por aquellas señales mal colocadas o la asignación misma del tráfico para poder saber hacia dónde se dirigirán los vehículos o los mismos semáforos por la causa del mal uso o mal ubicación que tengan en cada intersección, por los inconvenientes que se presente en la infraestructura de la vía por los baches o ciertas falencias que intervengan en la circulación de los vehículos por ella.

1.3.2 Problema

¿Se podrá realizar una asignación del tráfico vehicular en la zona urbana de la ciudad de Tarija, de acuerdo al comportamiento del tráfico para la asignación en redes urbanas aplicadas a nuestro medio?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Realizar la aplicación metodológica para la asignación de tráfico en redes urbanas, para poder permitir la buena circulación de los vehículos dentro de la zona urbana de la ciudad de Tarija.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la circulación del tráfico para ver el comportamiento de los vehículos en las vías urbanas.
- Seleccionar zonas de la ciudad más críticas donde se vea gran cantidad de movimiento para poder tomar datos de los parámetros del tráfico.
- Realizar aforos de volúmenes y velocidades del tráfico con el método manual para obtener resultados que muestren el comportamiento del tráfico en las calles de la ciudad de Tarija.
- Realizar una evaluación del estado de la infraestructura vial en el área de estudio.
- Considerar detalle de la señalización y semaforización en el área de estudio.
- Realizar el presupuesto del área de estudio.
- Determinar la capacidad y nivel de servicio según los criterios del manual de carreteras con el método HCM 2000 de los EEUU para vías interrumpidas en los tramos críticos.
- Evaluar los resultados de volúmenes, velocidades, capacidad, nivel de servicio a través de un análisis de cada una de las intersecciones estudiadas.
- Obtener las conclusiones y recomendaciones acorde a los resultados obtenidos del estudio realizado que permitirá establecer el planteamiento, para tener una idea de lo que está pasando en el área urbana y asignar el tráfico de una manera segura.

1.5 Diseño metodológico

1.5.1 Unidades de estudio y decisión muestral

Unidad de estudio

La unidad de estudio es el tráfico vehicular en el área urbana ya que permitirá ver el comportamiento de los vehículos en las calles de la ciudad tomando como medición de volúmenes y velocidades de los mismos, que los usuarios hacen uso para poder transportar sus productos y hacer uso de las diferentes calles con las que cuenta un trazado urbano, con una asignación estable y ordenamiento adecuado se tendrá una movilización del tráfico para que los usuarios puedan transitar sin tener interrupciones o posibles accidentes.

Población

El tráfico en redes urbanas está intervenido por factores que llegarían a ser las velocidades con las que cuentan los vehículos al moverse por las vías, la cantidad de vehículos que pasan por una sección de la vía que llegarían a ser los volúmenes que ocupan las calles de las redes urbanas, generando las demoras en el tráfico, interrupciones a la hora de querer circular rápidamente y ocasionarlo.

Muestra

Para poder ver el comportamiento del tráfico vehicular en la ciudad es necesario contar con volúmenes que se desarrollan en cada sector de las diferentes calles de la ciudad, las velocidades de circulación de los vehículos que nos permitirán conocer la capacidad de la vía y ver como se acomodan los flujos vehiculares en horas críticas para poder soportar la demanda vehicular.

Muestreo

El procedimiento que se realizará para los aforos correspondientes de los parámetros del tráfico, para obtener la información requerida que se necesitara para asignar el tráfico, se realizará tomando datos de muestras en zonas del área urbana donde existan redes más importantes y calles con mayor circulación, mediante el método manual aforando

volúmenes de los diferentes vehículos que transitan por dichas calles en las horas pico, así mismo tomando los tiempos de circulación de los vehículos, midiendo las distancias determinadas para poder tener las velocidades con las que transitan.

El equipo a utilizar para realizar los aforos será un cronómetro para tener los tiempos de circulación de los vehículos, cinta métrica para medir las distancias desde el punto en que pase los vehículos por las calles para tener las velocidades, medir los anchos de accesos de los tramos estudiados, una o más persona como observadores del conteo de los vehículos al momento de aforar, planillas de campo para anotar los datos obtenidos, computadora para realizar los cálculos.

1.5.2 Métodos y técnicas empleadas

Método inductivo

El método inductivo es aquel método científico que alcanza conclusiones generales partiendo de hipótesis o antecedentes en particular. Fuentes expresan que este método originalmente puede ser asociado a estudios de Francis Bacon a inicios del siglo XVII. El método inductivo suele basarse en la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas para así poder llegar a una resolución o conclusión general sobre éstos; es decir este proceso se comienza por los datos y finaliza llegan a una teoría, por lo tanto se puede decir que asciende de lo particular a lo general. En el método inductivo se exponen leyes generales acerca del comportamiento o la conducta de los objetos partiendo específicamente de la observación de casos particulares que se producen durante el experimento.

La metodología utilizada para la realización de este proceso puede resumirse en cuatro pasos, los cuales comprenden la observación de los hechos o acciones y registro de ellos, la indagación científica da inicio siempre partiendo de un fenómeno en particular, que no posee una explicación propia dentro de los posibles conocimientos científicos existentes en dado momento; luego viene la elaboración de una hipótesis o el análisis de lo observado anteriormente, aquí se forma una posible explicación y posible definición de lo observado; a continuación en la tercera parte del proceso se presenta la deducción de predicciones o

la clasificación de los fundamentos anteriores obtenidos, estas predicciones se formulan a partir de la hipótesis; finalmente el cuarto paso se pone en marcha el experimento y encontramos la representación de los enunciados universales derivados del proceso de investigación que se realizó.

Este trabajo que se va a realizar a través de mediciones de parámetros ya conocidos, usando un método que describirá las características y distribución de los vehículos, el método que se llevará a cabo para las mediciones será el método manual, los datos obtenidos se llevarán a un análisis a través de las ecuaciones de los parámetros ya conocidos, en el cual el método nos llevará a hacer un aforo respectivo de los volúmenes de vehículos, de las velocidades con las que circulan los mismos, para ver los resultados obtenidos que nos mostrará el comportamiento de los vehículos en las calles de la ciudad y poder así ver el nivel de servicio con la que cuenta la vía, frente a diversos factores de tráfico como los semáforos en intersecciones, señales de restricción, lugares de estacionamientos, para poder buscar una manera adecuada de asignar el tráfico en el área urbana para generar menos volúmenes de vehículos en calles transitadas evitando los congestionamientos.

Las técnicas que se usará para la realización de este trabajo, es ir a realizar los aforos a distintas calles que tengan mayor circulación de vehículos en horas pico del día, de los que se podrá sacar mediciones de volúmenes, velocidades de los vehículos por las calles, los tiempos de circulación, que son técnicas ya conocidas que se pueden realizar.

Los instrumentos para la obtención de datos con los que se contará llegarían a ser cronómetro, planillas para los aforos, observadores que controlen el paso de los vehículos por los lugares de estudio que se requiera, cinta métrica para medir la distancia del paso de los vehículos al momento de sacar las velocidades y medir los anchos de los accesos.

La aplicación de lo que se quiere llegar a tener será de forma que se llegue a ver un resultado aceptable para poder asignar un tráfico donde se tengan sentidos en los que se pueden mejorar la circulación en lugares donde era muy congestionado el tráfico.

A través de redes de flujo, que nos brindaran una información de la capacidad de esa red y nivel de servicio con el que cuenta, así de esa manera tener una ruta por donde se pueda

asignar el tráfico por vías que cuentan con mayores volúmenes y también por redes que muestren un acomodo de los volúmenes por el interior de las calles céntricas, también viendo redes que tengan retorno en los viajes de la asignación del tráfico para poder ver el movimiento que se realiza en cada una de las redes estudiadas y las que se podrían plantear.

1.5.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

Figura 1.1 Análisis de información para el estudio de tráfico



Fuente: Elaboración propia

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico que se encuentra en redes urbanas, se comenzará analizando el tráfico que se genera en las calles que forman parte de las redes urbanas en cada sector viendo su comportamiento de los diferentes vehículos que circulan por las mismas, ya que son ellos los que ocasionan los problemas del flujo del tráfico y las demoras en las calles que tienen mayor movimiento o en las horas pico del día.

Para poder tener información de lo que es el tráfico en las redes urbanas se procederá a hacer estudios de campo que vendrían a ser los aforos respectivos de los vehículos.

Para proceder a desarrollar el aforo de los vehículos se desarrollará por el método manual, lo primero que se hará es el conteo de todos los vehículos que circulan por dichas calles de la ciudad en un día para poder ver a qué horas del día se generarían el mayor movimiento de los vehículos para poder tener conocimiento de las horas pico en los que se realizará el estudio del tráfico para tener conocimiento del comportamiento de los vehículos.

Se procederá también al aforo de las velocidades de los vehículos que están en movimiento, por calles en donde se generen mayor incidencia de tráfico, teniendo los horarios de las horas pico, para así poder ver su comportamiento y distribución, el aforo que se procederá a hacer será el de ir a zonas ya especificadas para el estudio, de ahí se harán las mediciones de los diferentes vehículos que pasan por dicha calle ubicándose en puntos específicos y anotando los tiempos que tienen de circulación al pasar por ese punto específico en estudio que se está analizando, tomando la distancia que recorre dicho vehículo con lo que se podrá desarrollar las velocidades con los que en ese momento pasa el vehículo por ese punto.

De manera similar se desarrollara el aforo de la clasificación de los vehículos siendo éstos livianos, medianos y pesados, teniendo así los volúmenes de vehículos que pasan por cada calle analizada, anotando todos estos datos en planillas correspondientes.

Las mediciones que se realizaran para tener los datos de aforos de los vehículos se las desarrollaran manualmente anotando en lo posible en planillas, con ayuda de cronómetro para tener los tiempos de circulación de los vehículos y cinta para medir las longitudes de

distancias de puntos en los que se desea saber el recorrido del vehículo, con ayuda también de personas para poder tener unos valores coherentes de vehículos que pasan por las calles que estarán en estudio durante cada hora pico del día, llevando todos esos datos a una computadora para generar planillas de Excel, para poder ver el comportamiento y características en cada una de las calles de las redes urbanas debidas al tráfico vehicular y hacer un análisis de resultados de cada parámetro.

En la capacidad se verá la capacidad en vías interrumpidas, los diferentes métodos de cálculo de capacidades, el cual utilizaremos según los criterios del manual de carreteras con el método HCM 2000 de los EEUU para vías interrumpidas en los tramos críticos.

Terminado el presente trabajo se obtendrá los resultados de cada parámetro de tráfico que nos servirá para poder determinar la capacidad y el nivel de servicio de los tramos estudiados.

1.5.3.1 Tratamiento estadístico

Medidas tendencia central: moda, media y mediana

Moda

La medida modal nos indica el valor que más veces se repite dentro de los datos; es decir, si tenemos la serie ordenada (2, 2, 5 y 7), el valor que más veces se repite es el número 2, quien sería la moda de los datos.

Media

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

$$\text{Media.Aritm.} = \frac{\text{Suma todos los valores observados}}{\text{num. total de observaciones}}$$

Mediana

Con esta medida podemos identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos, es decir, nos permite conocer el valor que se encuentra exactamente en la mitad del conjunto de datos después que las observaciones se han ubicado en serie ordenada. Esta medida nos indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo. Para determinar la posición de la mediana se utiliza la fórmula:

$$\text{Posición de la Mediana} = \frac{n+1}{2}$$

Medidas de dispersión: varianza y desviación

Varianza

Esta medida nos permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (Media), este promedio es calculado, elevando cada una de las diferencias al cuadrado (con el fin de eliminar los signos negativos), y calculando su promedio o media: es decir, sumando todos los cuadrados de las diferencias de cada valor respecto a la media y dividiendo este resultado por el número de observaciones que se tengan. Si la varianza es calculada a una población la ecuación sería:

$$\sigma^2 = \frac{(X1-\mu)^2+(X2-\mu)^2+(X3-\mu)^2+\dots+(Xn-\mu)^2}{N} = \frac{\Sigma(Xi-\mu)^2}{N}$$

Donde:

σ^2 = Representa la varianza.

Xi = Representa cada uno de los valores.

μ = Representa la media poblacional.

N = Es el número de observaciones o tamaño de la población.

En el caso de que estemos trabajando con una muestra la ecuación que se debe emplear es:

$$S^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

Donde:

S^2 = Representa la varianza.

X_i = Representa cada uno de los valores.

\bar{X} = Representa la media de la muestra.

n = Es el número de observaciones o tamaño de la muestra.

Desviación estándar

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto se ecuación sería:

$$S = \sqrt{S^2}$$

1.5.4 Alcance

El tráfico en áreas urbanas ha ido aumentando con el pasar del tiempo por la necesidad de los usuarios para poder transportarse y transportar sus productos con fines de obtener su ganancia, es así también que el tráfico puede también causar problemas e interrupciones dentro del área urbana por los semáforos y dispositivos de control con el que pueden contar las calles de la ciudad. Se desarrollará una introducción sobre la importancia que tienen en la actualidad los conceptos fundamentales del tráfico en nuestro medio ya que el tráfico es la ciencia que se ocupa de estudiar, analizar y buscar soluciones para que la interrelación entre usuarios y peatones, vehículos públicos, privados, calles para que puedan permitir una circulación adecuada que de seguridad a los usuarios.

Su justificación del tráfico dentro del área urbana se verá notada por el comportamiento de los vehículos en las vías, con la buena circulación y no tener problemas ni causar congestionamientos, los problemas que se pueden presentar en las vías de la ciudad pueden producirse en las horas de mayor tráfico vehicular que serán en las horas picos del día en donde los usuarios se dirigen a sus distintas actividades a realizar, debido a los semáforos y la mala educación vial con la que cuentan algunos usuarios generarán inconvenientes en las calles más transitadas notando malestares en los mismos usuarios, generando posibles accidentes.

Las características del tráfico en el área urbana serán analizadas por sus parámetros con el que cuenta, siendo éstos la velocidad, volumen y densidad, para tener un estimado del comportamiento de los vehículos en la calzada de la vía, por otra parte se notara que las vías en las que existen mayor circulación vehicular se determinará la capacidad de las mismas para los distintos vehículos que pasen sobre ella y el nivel de servicio que brinda cada calle en estudio. En la capacidad se verá la capacidad en vías interrumpidas, los diferentes métodos de cálculo de capacidades, el método a usar será el método HCM.

Para poder obtener todos los datos necesarios de campo, se harán medidas respectivas en los diferentes lugares de estudio, viendo los aforos que se puedan hacer en lugares donde haya mayor cantidad de movimiento vehicular, siendo en lo posible en el momento de hacer las mediciones, tener en cuenta las horas pico del día en donde exista un gran número

de flujo vehicular para poder tomar los parámetros que se necesitan para hacer los análisis del tráfico de cada parámetro.

Reunidos los datos generados, se procederá a hacer los desarrollos de los mismos para tener resultados que indiquen que los parámetros con los que cuenta el tráfico sean valores que muestren que las vías funcionan con dichos valores y así tener conclusiones al respecto de esos estudios de tráfico en las diferentes zonas del área urbana.

El alcance global, el tráfico dentro del área urbana se verá notado por el comportamiento de los vehículos que circulan por ella, el cual será analizado de acuerdo a sus parámetros con los que cuenta, siendo éstos la velocidad, volumen y densidad. Para poder estimar estos parámetros se harán aforos en las distintas intersecciones de las redes urbanas con mayor incidencia vehicular en las horas donde exista mayor movimiento, reunidos los datos generados se desarrollaran los análisis y se sacarán los resultados que indiquen que los parámetros estudiados del tráfico muestren el comportamiento de los vehículos en las vías, permitiendo desarrollar conclusiones de los estudios del tráfico evaluado.

2.1 Tráfico

El tráfico vehicular es la consecuencia de múltiples factores sociales, culturales, económicos y políticos que se presentan en las principales ciudades del mundo.

La contaminación ambiental se genera por diversos factores sin embargo a la fecha es resultado de la gran producción de partículas contaminantes de vehículos motorizados principalmente en zonas urbanas.

La movilidad urbana sustentable es un tema que hoy en día forma parte de una solución factible para los problemas que se tiene con el congestionamiento vehicular en diferentes ciudades del mundo. Muchas de estas ciudades que han logrado ejecutar diferentes estrategias inteligentes lo han logrado gracias al apoyo de los presupuestos económicos que les otorgan en sus países.

La manera de desplazarse de un punto a otro dentro de una ciudad impacta no sólo al usuario que utiliza un vehículo motorizado sino que también involucra a los peatones que circulan por la calle.

La movilidad urbana tiene como objetivo crear hábitos de transporte integrales que reduzcan el costo energético, la contaminación ambiental y los accidentes viales.

Figura 2.1 Tráfico urbano

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria_de_trafico\(transporte\)](https://es.wikipedia.org/wiki/ingenieria_de_trafico(transporte))

2.1.1 Problema del tráfico

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

Soluciones del problema

La ingeniería de tráfico es la ciencia que debe conseguir las soluciones adecuadas a los problemas generados por el tráfico, en ese afán se han planteado que existen 3 formas de soluciones que son: solución integral, solución de alto costo, solución de bajo costo.

Solución integral

Uno de los planteamientos está orientado a orientar un equilibrio entre estos tres elementos que son vehículo, usuario y automóvil, tomando en cuenta sus condiciones actuales, es decir, construir vías urbanas o rurales acordes a los vehículos que actualmente se fabrican considerando sus dimensiones, rendimiento potencia, además de mejorar la educación vial de los usuarios, que harán uso de los otros elementos.

Encontrar un equilibrio de estos 3 elementos significará construir nuevas vías urbanas o rurales y hacer planes integrales de educación vial, cuyos costos económicos serán altos pero su aplicabilidad no será posible por una serie de efectos sociales y económicos, sin embargo urbanizaciones nuevas, ampliaciones de ciudades, carreteras nuevas deben pensar en una solución integral problema del tráfico.

Solución de alto costo

Es una opción que tiene la ingeniería de tráfico que está orientada a realizar cambios físicos a la estructura de las vías, que mejoren sus condiciones geométricas y sean acordes al tipo de circulación, generando paralelamente, una mejor educación vial apoyada en los centros educativos, difusiones en radios y televisión para una mejor educación vial, la solución de alto costo involucra realizar grandes inversiones económicas que permitan una mejor circulación de pasajeros y carga.

Solución de bajo costo

Se considera la más viable porque basados en la información de los estudios de tráfico se debe encontrar soluciones que no demanden inversión económica muy grande y más bien se busque resolver el problema a través de pequeñas acciones ya sea en la vía o en el comportamiento del usuario.

2.1.2 Metodología

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.

Recopilación de información

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 le 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.

Procesamiento de la 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 determinaran indicadores de tendencia central, indicadores de desviación e indicadores de probabilísticos.

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.

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 Ingeniero de Tráfico tendrán que basarse en el análisis realizado, en la viabilidad técnica y en la viabilidad económica.

2.2 Elementos fundamentales del tráfico

Con el propósito de estudiar los aspectos operacionales de la Ingeniería de Tránsito, es importante analizar, de manera muy general, los elementos básicos que hacen que se produzcan los flujos de tránsito interactuando entre sí.

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

El Usuario.

El Vehículo.

La Vía o Vialidad.

2.2.1 Elemento usuario

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor.

El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

2.2.1.1 El peatón

Se considera como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año de edad hasta más de cien años. En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido.

Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población. La fotografía de la figura 2.2 ilustra en cierta manera esta afirmación.

Las fotografías de la figura 2.3 muestran los semáforos peatonales, los cuales permiten un mejor control para el cruce de peatones.

El peatón no se ha asimilado al medio, en general, aún no ha comprendido lo que significa el transporte automotor. En las actividades comunes del peatón en las calles, en la vida diaria, sigue existiendo una situación anormal. Esto se nota más claramente con gente que viene de fuera del medio, como el provinciano que llega a una ciudad, está indeciso en los

cruceros esperando un momento oportuno, sin saber de qué lugar vienen los vehículos y repentinamente trata de cruzar corriendo.

Figura 2.2 Relación entre el número de peatones y el censo de la población

Fuente: Ingeniería de tránsito – Cal y Mayor & James Cárdenas

Figura 2.3 Semáforos peatonales

Fuente: Ingeniería de tránsito – Cal y Mayor & James Cárdenas

2.2.1.2 El conductor

El conductor es la persona que dirige o controla un vehículo automotor, es quizá dentro el complejo proceso de tráfico uno de los elementos más importantes, ya que el movimiento

y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación.

Una vez ante el volante de un vehículo el conductor tiene libertad de acción muy grande, si bien no absoluta. Puede elegir el origen y el destino de su ruta, las paradas y demoras, la velocidad con que recorrerá en su ruta.

Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.

Características del conductor

Uno de los problemas del tráfico y de los Ingenieros de Tráfico cuando consideran las características del conductor en el curso del diseño, son las habilidades que son variables y las capacidades perceptivas de los conductores. Esto es demostrado por la amplia gama de las capacidades de la gente de oír, ver, evaluar, y de reaccionar a la información que se le presente.

Los estudios han demostrado que estas capacidades pueden variar bajo diversas condiciones individuales, tales como el alcohol, la fatiga, y la hora del día, por lo tanto es importante que estos criterios sean usados en el proceso de diseño.

En resumen existe un gran número de factores que influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

Factores Internos.

Factores Externos.

Factores internos

Los factores internos son todos aquéllos que provienen del conductor mismo y son consecuencia de los aspectos físicos, psicológicos, y de salud.

Entre los factores internos podemos mencionar: la vista, el oído, reacciones físicas y psicológicas

La vista

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica. Consta de una cavidad que tiene una lente en la parte frontal. Esta lente tiene un obturador, al igual que la cámara fotográfica, que puede ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera admitir esa cavidad interior. El órgano visual humano tiene una serie de celdas en la parte posterior, o retina, que son las que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro.

Sin embargo aún con una vista excelente existen ciertos momentos en que el conductor se queda momentáneamente ciego:

- Por el deslumbramiento de luces altas emitidas por faros de vehículos que circulan en dirección contraria durante la noche. Este enceguecimiento momentáneo se puede evitar con una adecuada educación vial.
- El deslumbramiento originado por los rayos solares cuando el ángulo de estos es tal que dan una reflexión directa sobre los ojos.
- Por bolsones de niebla densa cercanos al vehículo que se presentan en algunos tramos de carreteras.

El oído

Es un sentido muy importante para el conductor para casos de emergencia cuando un peatón u otro conductor están distraídos, o este último puede hacer movimientos no permisibles, sin embargo el uso de la bocina debe ser el estrictamente necesario. Sabemos que una sobreexcitación del oído por ruidos molestos puede causar irritación anímica y disminuir el rendimiento del conductor. La pérdida de la capacidad auditiva no es un problema serio, puesto que puede ser corregida normalmente por una prótesis de auditiva.

Reacciones físicas y psicológicas

Hay dos tipos de reacciones en el individuo: la reacción Física o Condicionada y la reacción Psicológica.

La reacción condicionada, está relacionada con el sector de conductores que han desarrollado ciertos hábitos. A las personas que están acostumbradas a utilizar cierta ruta especial, cierto camino o cierta calle, se les desarrolla un hábito que se convierte en destreza. Pueden llegar a cierto cruce y prever el peligro, pueden tener en cuenta cosas que la persona que pasa por primera vez no advierte. Entonces esas personas han desarrollado cierta habilidad, a la vez que una reacción condicionada, por haber usado ese camino muchas veces.

El conductor de un vehículo reacciona de acuerdo con los hábitos buenos o malos que se ha formado. Por lo general el hábito, la experiencia que ha adquirido el usuario, es la mejor defensa contra los accidentes.

La reacción psicológica, en cambio, es un proceso intelectual que culmina en un juicio. Se trata de estímulos que son percibidos y enviados al cerebro. Después de obtener una reacción se llega a una decisión para actuar. Son reacciones intelectuales del individuo, pero están afectadas por las emociones y otras causas que pueden modificar las facultades del mismo.

Podemos imaginar el diagrama de cómo llegan esas emociones, esos estímulos al cerebro a través de los órganos sensitivos del hombre: tacto, oído, vista, etc. Esas reacciones envían un mensaje al cerebro, éste tiene que reaccionar a través de un proceso intelectual y tomar una decisión para actuar, finalmente, manda la orden al músculo apropiado, que actúa de inmediato.

Hay un tiempo mínimo de reacción en estos procesos. Este tiempo de reacción es el que corresponde al estímulo simple, es decir, no a una situación complicada, sino a una situación sencilla cuando existe un estímulo único.

Llamaremos en este caso, estímulo, a cualquier emergencia que se presente en nuestro camino: un peatón que cruza, un animal, una desviación, cualquier obstáculo, etc. Es el estímulo que percibe el usuario y que lo anima a actuar.

Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en este tiempo de reacción son los siguientes:

La fatiga.

Enfermedad provocada, alcohol, drogas, etc.

El estado emocional del individuo.

El clima.

La época del año.

Las condiciones del tiempo.

La altura sobre el nivel del mar.

El cambio del día

Factores externos

Los factores externos que influyen en la reacción del conductor son aquéllos que no dependen de él mismo, sino del entorno de su recorrido.

Entre estos factores externos que tienen influencia en la reacción de un conductor, podemos indicar:

La distancia de visibilidad de la vía.

Ancho de carril.

Presencia de cruces.

Señalización.

Fenómenos atmosféricos.

2.2.2 El vehículo

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no sólo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Por lo tanto, el segundo elemento componente del tránsito, el vehículo, irremediamente va en aumento.

Clasificación y características del vehículo de proyecto

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo.

Los vehículos se clasifican en:

Vehículos ligeros o livianos.

Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

Vehículos ligeros de proyecto

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

- Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.
- Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.
- Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sea ocasional.

Vehículos pesados de proyecto

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

Terminales de pasajeros y de cargas.

Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.2.3 La vialidad o vía

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos. La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

Se entiende por 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. Ciertamente uno de los patrimonios más valiosos con los que cuenta cualquier país, es la infraestructura de su red vial.

2.2.3.1 Clasificación de las vías

Según su competencia

Carreteras Nacionales, son aquellas a cargo del Servicio Nacional de Caminos.

Carreteras Departamentales, son aquella de propiedad de los departamentos y forman la red secundaria de carreteras.

Carreteras Veredales o Vecinales, son aquellas vías a cargo del Servicio de Caminos Vecinales y forman la red terciaria de carreteras.

Carreteras Distritales y Municipales, son aquellas vías urbanas y/o suburbanas y rurales a cargo del distrito o municipio.

Según sus características

Autopistas, es una vía de calzadas separadas cada una con dos o mas carriles, con control total de accesos. Las entradas y salidas de las autopistas se realizan únicamente a través de intersecciones a desnivel comúnmente llamados distribuidores.

Carreteras Multicarriles, son carreteras divididas o no, con dos o más carriles por sentido, con control parcial de accesos. Las entradas y salidas se realizan a través de intersecciones a desnivel y a nivel.

Carreteras de dos carriles, constan de una sola calzada de dos carriles, uno por cada sentido de circulación, con intersecciones a nivel y acceso directo desde sus márgenes.

Según el tipo de terreno

Carreteras en terreno plano, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos.

Carreteras en terreno ondulado, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los vehículos livianos, sin ocasionar que aquéllos operen a velocidades sostenidas en pendiente por un intervalo de tiempo largo.

Carreteras en terreno montañoso, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a circular a velocidad sostenida en pendiente a lo largo de distancias considerables o durante intervalos frecuentes.

Carreteras en terreno escarpado, es la combinación de alineamientos horizontal y vertical, que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en pendiente que aquellas a la que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes.

Según su función

Carreteras Principales o de Primer Orden, son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a capitales de departamento, que cumplen la función básica de integrar las principales zonas de producción y de consumo del país y de este con los demás países.

Carreteras Secundarias o de Segundo Orden, son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre si y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una principal.

Carreteras Terciarias o de tercer Orden, son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas entre si.

2.2.3.2 Partes integrantes de una via**Calzada o superficie de rodamiento**

Es aquella faja acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.

Carril

Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

Acotamientos o bermas

Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente puede usarse como estacionamiento provisional para alojar vehículos en caso de emergencia.

Corona

Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre los hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.

Hombro

Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o el talud interior de la cuneta con la corona.

Cunetas

Van paralelamente a los acotamientos, destinadas a facilitar el drenaje superficie longitudinal de la carretera.

Contra cunetas o zanjas de coronamiento

Puede existir en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Taludes

Son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

Drenaje transversal

Esta formado por las alcantarillas y estructuras mayores por ejemplo los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.

Rasante

Como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

Subrasante

Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

Pavimento

Es la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permitan un tránsito rápido, eficiente y sin polvo.

Figura 2.4 Partes integrantes de una vía

Fuente: “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico”, “Texto alumno”, Universidad Mayor de San Simón Facultad De Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

2.3 Parámetros fundamentales del tráfico

Los parámetros fundamentales del tráfico son aquéllos que se presentan en el problema del tráfico, necesariamente por lo que son necesarios estudiar y saber su comportamiento a nivel de vías urbanas o carreteras.

Los parámetros considerados fundamentales son:

Volumen de tráfico.

Velocidad de circulación.

Densidad de tráfico.

2.3.1 Volúmenes de tránsito

Generalidades

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito como son las intersecciones, están sujetos a ser solicitado y cargado por volúmenes de tránsito,

los cuales poseen características especiales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo).

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 durante un tiempo, realizando los desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas especiales del día.

El proyecto de una calle o intersección, el diseño depende fundamentalmente del volumen de tránsito o de la demanda que circulara durante un intervalo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas, sobre puntos o secciones específicas, dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito se expresan respecto al tiempo, y su conocimiento hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios, mediante algún dispositivo de control de tránsito.

Las demoras y los accidentes ocurren generalmente durante los periodos de mayor volumen de tránsito.

2.3.1.1 Definición de volumen de tránsito

Se define volumen de tránsito, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado, se expresa como:

$$V = \frac{N}{T}$$

Donde:

V = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo).

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos).

T = Tiempo o periodo determinado (unidades de tiempo).

Volúmenes de tránsito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado, dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito totales o absolutos:

Tránsito anual (TA): es el número total de vehículos que pasan durante un año, en este caso T=1 año.

Tránsito mensual (TM): es el número total de vehículos que pasan durante un mes, en este caso T = 1 mes.

Tránsito semanal (TS): es el número total de vehículos que pasan durante una semana, en este caso T = 1 semana.

Tránsito diario (TD): es el número de vehículos que pasan durante un día, en este caso T = 1 día.

Tránsito horario (TH): es el número total de vehículos que pasan durante una hora, en este caso T = 1 hora.

Tasa de flujo o flujo (q): es el número total de vehículos que pasan durante un período inferior a una hora, en este caso T < 1 hora.

Volúmenes de tránsito promedio diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dado en vehículos por día:

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

$$\text{TPDM} = \frac{\text{TM}}{30}$$

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

$$\text{TPDS} = \frac{\text{TS}}{7}$$

Volúmenes de tránsito horarios

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora: Cal y Cárdenas (2000).

Volumen horario máximo anual (VHMA): es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año determinado. Es decir, es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año.

Volumen horario de máxima demanda (VHMD): es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

Volumen horario-décimo, vigésimo, trigésimo-anual (10VH, 20VH, 30VH): es el volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o calzada durante un año determinado, que es excedido por 9,19 y 29 volúmenes horarios, respectivamente. También se le denomina en horario de la 10^a, 20ava y 30ava hora de máximo volumen.

2.3.1.2 Uso específico de los volúmenes de tránsito

Desde un punto de vista específico y dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito, éstos se utilizan para:

Los volúmenes de tránsito anual (TA)

Determinar los patrones de viaje sobre áreas geográficas.

Estimar los gastos esperados de los usuarios de las carreteras.

Calcular índices de accidentes.

Los volúmenes de tránsito promedio diario (TPD)

Medir la demanda actual en calles y carreteras.

Evaluar los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial.

Definir el sistema de arterial de calles.

Localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.

Los volúmenes de tránsito horario (TH)

Determinar la longitud y magnitud de los periodos de máxima demanda.

Evaluar deficiencias de capacidad.

Establecer controles en el tránsito, como: colocación de señales, semáforos y marcas viales, jerarquización de calles, sentidos de circulación y rutas de tránsito; y prohibición de estacionamiento, paradas y maniobras de vueltas.

Proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones.

Los volúmenes de hora pico se utilizan para

Determinar deficiencias en la capacidad.

Justificar o planear dispositivos de control de tránsito.

Justificar otras medidas regulatorias como estacionamientos, restricciones de vueltas y paradas.

Las tasas de flujo (q)

Analizar flujos máximos.

Analizar variaciones del flujo dentro la hora de máxima demanda.

La clasificación de volúmenes se usa para

Análisis de capacidad.

Los conteos de volúmenes en intersecciones se realizan para determinar:

El tránsito total que entra en la intersección, por cada acceso.

El total de tráfico que ejecuta cada uno de los movimientos de vuelta posibles.

El total de tráfico por periodo de tiempo.

La clasificación de vehículos por tipo.

2.3.1.3 Características de volumen

Los volúmenes de tránsito cambian, tanto en el espacio como en el tiempo. Estas variaciones son determinantes críticos de cómo se utilizan las infraestructuras de un camino y controlan muchos de los requerimientos de planeación y diseño para servir adecuadamente la demanda de tráfico.

Debido a que el volumen de tránsito no está distribuido equitativamente, a lo largo del día, las infraestructuras a menudo se diseñan para las máximas demandas que ocurren en periodos tan cortos como 15 minutos o una hora. Durante otros periodos de tiempo, los caminos son a menudo sub utilizados. Similarmente, el tráfico no se distribuye equitativamente sobre los carriles disponibles o direcciones de una infraestructura dada. La demanda de tránsito varía por mes del año, por día de la semana, por hora del día y por intervalos de sub-hora, dentro de una hora. Las variaciones por época o mensuales en la demanda de tránsito se reflejan según la actividad social y económica del área servida. La variación diaria de volúmenes por día de la semana también está relacionada con el tipo de camino. Los volúmenes de fin de semana son generalmente menores que los volúmenes de entre semana. El volumen horario máximo, en las tardes, es generalmente más intenso que el máximo de la mañana.

2.3.1.4 Distribución y composición del volumen de tránsito

En una zona urbana, la mayor velocidad y capacidad generalmente se logran en carril de en medio; las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera. En cuanto a la distribución direccional, en las calles que comunican el centro de la ciudad con la periferia de la misma, el fenómeno común que se presenta en el flujo de tránsito es de volúmenes máximos hacia el centro en la mañana y hacia la periferia por las tardes. La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total. Por ejemplo, porcentaje de automóviles, de autobuses y de camiones.

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora.

2.3.1.5 Estudios 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 en relación con el tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de métodos que permitan ofrecer soluciones.

El tipo de datos recolectados en un estudio de volúmenes de tránsito depende mucho de la aplicación que se le vaya a dar a los mismos. Así, por ejemplo algunos estudios requieren detalles como la composición de vehículos y los movimientos direccionales, mientras que otros sólo exigen conocer los volúmenes totales.

También, en algunos casos es necesario aforar durante periodos cortos de una hora, otras veces el periodo puede ser de un día, de una semana o de un mes, inclusive de un año. Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, como éstas:

aforos manuales a cargo de personas, o aforos mecánicos, los cuales automáticamente contabilizan y registran los ejes de los vehículos.

2.3.1.5.1 Obtención de volúmenes de tránsito

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, o entran a una intersección. Dichos aforos son muestras de los volúmenes actuales. El periodo de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos y una semana o más.

2.3.1.5.1.1 Métodos de aforo

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

El registro automático debe ser considerado en la mayoría de los aforos en que se requieren más de 12 horas de datos continuos del mismo lugar. Sirve además para determinar la variación horaria; en particular, seleccionar la hora de máxima demanda. Estos contadores usan tubos neumáticos colocados sobre el camino, los cuales transmiten impulsos de aire generados por el paso de los vehículos por cada dos impulsos de aire.

En su forma más simple, el aforo manual requiere a una persona con lápiz, anotando rayas en una hoja campo, manejando los movimientos por dirección y por tipo de vehículo. En el registro se realiza un croquis del movimiento respecto la dirección del Norte. La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión. Se puede utilizar una descripción más detallada de los vehículos comerciales, por número de ejes y/o peso.

Conteos manuales

Este tipo de conteo utiliza observaciones de campo para obtener datos de volumen que no pueden ser recolectados por contadores mecánicos. Para el tránsito ligero, las observaciones son registradas por contadores manuales y anotadas en hojas preparadas para datos de campo. Con los conteos manuales se determinan:

Los movimientos de vuelta.

La clasificación vehicular.

Los conteos peatonales.

Los volúmenes de tránsito nunca deben considerarse como estáticos y por lo tanto, los volúmenes de tránsito sólo son precisos para el momento del conteo.

Los contadores deben colocarse perpendiculares a la trayectoria de los vehículos, para evitar conteos de más.

Figura 2.5 Técnicas manuales y automáticas de aforos vehiculares

Fuente: Ingeniería de tránsito – Cal y Mayor & James Cárdenas

Periodos de aforo

Los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana del lunes y la hora de máxima demanda del viernes, comúnmente mostrarán volúmenes mayores que los demás días de la semana. El aforo se realiza para sub-periodos de 15 minutos, aunque son más recomendables los periodos de 5 minutos y es aconsejable el aforo de ciclo a ciclo, en intersecciones controladas con semáforos.

La hora máxima, representa el periodo más crítico para las operaciones y tiene los requerimientos de capacidad más altos. El volumen de hora máxima, sin embargo, no es un valor constante entre un día y otro o entre una época y otra.

No es recomendable que los aforos de tránsito se lleven a cabo en días festivos ni en días anteriores o posteriores a éstos. Tampoco cuando existen condiciones atmosféricas adversas que pudieran afectar el flujo.

Ventajas de los contadores mecánicos:

Bajo costo.

Extenso tiempo de cobertura.

Desventajas:

No pueden registrar movimientos de vuelta o datos de clasificación vehicular.

Están sujetos a vandalismo.

No hay forma de saber si la unidad estuvo inoperativa entre las lecturas.

Posibles errores para contar vehículos con precisión, cuando se tienen vehículos de tres o más ejes.

2.3.2 Velocidad

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora (km/h). Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad constante (km/h).

D = Distancia recorrida (km).

T = Tiempo de recorrido (h).

Esta velocidad está bajo control del conductor, porque este es quien determina la distancia y también el tiempo en que se tarda en recorrer dicha distancia. El conductor puede ahorrar tiempo o puede desperdiciarlo.

Consideraciones generales

El estudio de las velocidades de los vehículos de motor puede ser tratado en dos categorías generales: estudios de velocidad de punto y estudios de tiempos de recorrido. Los estudios de velocidad de punto, tienen por objeto medir la distribución de velocidades de los vehículos en un tramo de carretera de longitud relativamente corta.

Los resultados se expresan normalmente como velocidades promedio.

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n}$$

Donde:

\bar{X} = Velocidad promedio (Km/h).

ΣX = Suma de las velocidades observadas (Km/h).

n = Número de observaciones.

Los estudios del tiempo de recorrido, el congestionamiento de las rutas y los de velocidad a lo largo de ellas se asemejan en que las velocidades se determinan en una sección relativamente larga de la calle o la carretera, expresándose en términos de velocidad promedio.

$$\bar{X} = \frac{d*n}{0.277*\Sigma t}$$

Donde:

\bar{X} = Velocidad promedio (Km/h).

d = Longitud de recorrido (m).

n = Número de observaciones.

0.277 = Factor de conversión (m/seg. A Km/h).

Σt = Suma de los tiempos de recorrido observados (segundos).

2.3.2.1 Velocidad de punto

Se denomina velocidad de punto a aquella velocidad de los vehículos que recorren distancias relativamente pequeñas (25, 50, 70, 100 metros).

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Se presentan dificultades prácticas para la medición de la velocidad de punto ya que la misma por definición se presenta en un tramo de recorrido bastante corto, en la actualidad existen dispositivos de medición de tipo electrónicos y electromecánicos que facilitan su medición, como ser: tubos neumáticos transversales, radares Doppler, enescopios.

2.3.2.2 Velocidad de recorrido

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas.

2.3.2.3 Velocidad de marcha

Para un vehículo, la velocidad de marcha o velocidad de crucero, es resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. Por lo tanto, esta velocidad por lo general, será de valor superior a la de recorrido.

2.3.2.4 Velocidad de proyecto

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.

2.3.2.5 Estudios de velocidad

Un estudio de velocidad sirve para cuantificar la eficiencia de un sistema vial.

2.3.2.5.1 Estudios de velocidad de punto

Los estudios de la velocidad de punto se conducen para estimar la distribución de velocidades de vehículos en una corriente del tráfico, en una localización particular en una carretera. Un estudio de la velocidad de punto es realizado registrando las velocidades, de una muestra de vehículos en una localización especificada. Las características de la velocidad identificadas por tal estudio serán válidas solamente para el tráfico y las condiciones ambientales que existen a la hora del estudio.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales

preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad. Un uso menos frecuente, pero importante, puede ser el del estudio de la relación de la velocidad asociada a detalles del proyecto, accidentes y otras características operacionales. En los estudios de velocidad de punto se registra la distribución de velocidades en una distancia corta, o sean las velocidades instantáneas. De ahí que los datos no deberán usarse como sustituto de los estudios de tiempos de recorrido, los cuales normalmente tienen que ver con velocidades promedio sobre tramos largos.

Ubicación del estudio

La localización para los estudios de la velocidad de punto depende del uso anticipado de los resultados.

Los estudios de velocidad usualmente se llevan a cabo en los siguientes lugares:

- En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.
- En puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “PARE”.
- En todas las arterias principales.
- En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

Cuando un punto se está estudiando, es importante que los datos estén obtenidos imparcialmente. Para esto se requiere que los conductores sean inconscientes de que se está conduciendo tal estudio. El equipo usado se debe por lo tanto encubrir del conductor, y los observadores que conducen el estudio deben ser discretos. La ubicación del sitio para el estudio depende, hasta cierto punto, del tipo de equipo utilizado. Si las velocidades van a tomarse con cronometro usando un mínimo de equipo, es necesario que la sección se encuentre en tangente. Es también conveniente planear el estudio de manera que el observador pueda ver los vehículos que se aproximan, sin ser visto por los conductores.

Tiempo y duración del estudio.- La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante

horas pico. Sin embargo, cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas. Típicamente, la duración es por lo menos 1 hora y el tamaño de muestra es por lo menos 30 vehículos.

Un estudio de datos básicos, para obtener las características normales del tráfico, debe efectuarse durante cada uno de los siguientes periodos:

1 hora entre las 9:00 y 12:00 horas.

1 hora entre las 15:00 y 18:00 horas.

1 hora entre las 20:00 y 22:00 horas.

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.
- Evaluar los resultados de algún cambio efectuado en las condiciones y controles de tránsito existentes.
- Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.
- Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

2.3.2.5.2 Estudios de velocidad de recorrido

Los estudios de velocidad de recorrido sirven para evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito.

En este tipo de estudios juega un rol importante el tiempo total de recorrido en el que, como ya se definió anteriormente, incluye las demoras debidas al tránsito.

2.3.3 Densidad

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).

Se puede medir la densidad de tráfico de un tramo de una vía con la ayuda de una fotografía aérea, en la cual se contaría fácilmente las cantidades de vehículos; también es posible calcular la densidad en función de la intensidad y velocidad.

Está claro que cualquier tramo de vía tiene una densidad máxima, esta situación se da cuando los vehículos están totalmente varados y sin espacios de separación entre ellos; por lo tanto, si se tuviera en el tramo vehículos de una misma longitud, entonces, la densidad o concentración máxima se obtendría como el inverso de la longitud del vehículo.

La fórmula para el cálculo de la densidad es la siguiente:

$$K = \frac{N}{D} = \frac{Q}{V}$$

Donde:

K = Densidad o concentración de tráfico (veh/km).

N = Número de vehículos (veh).

D = Distancia o longitud (km).

Q = Intensidad o flujo (veh/h).

V = Velocidad (km/h).

2.3.4 Relación entre los tres parámetros básicos

Existen tres gráficos que relacionan los principales parámetros, el gráfico de velocidad – densidad, el de velocidad – volumen y el de volumen – densidad.

Figura 2.6 Relación entre los tres parámetros básicos

Fuente: Aplicación del manual de capacidad de carreteras (Hcm) versión 2,000, para la evaluación del Nivel de Servicio de carreteras de dos carriles, Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil

La forma de estos gráficos depende del tránsito prevaleciente y las condiciones de la carretera del segmento bajo estudio. Las curvas ilustran varios puntos significantes. Primero, un volumen cero que ocurre en dos diferentes condiciones. Una es cuando no hay vehículos en la carretera, la densidad es cero y el volumen es cero. La velocidad es teórica para esta condición (S_f) y es seleccionada del primer conductor (presuntamente el valor más alto). La segunda es cuando la densidad llega a ser tan alta que los vehículos deben parar, la velocidad es cero y el volumen es cero. La densidad a la cual todo movimiento se detiene es llamada densidad de embotellamiento (D_j). Entre estos dos puntos extremos, la dinámica del tránsito produce un efecto maximizado. Como el volumen incrementa de cero, la densidad también incrementa mientras más vehículos hay

en la carretera. Cuando esto pasa, la velocidad declina por la interacción de vehículos. Esta declinación es insignificante en una densidad y un volumen bajo o medio. Como la densidad incrementa, la curva sugiere que la velocidad decrece significativamente antes que la capacidad sea alcanzada. La capacidad es alcanzada cuando el producto de la densidad y la velocidad resultan en el máximo volumen. Esta condición se muestra como velocidad óptima S_o (velocidad crítica), densidad óptima D_o (densidad crítica) y máximo volumen V_m . La gráfica de velocidad – densidad es usada mayormente para trabajos teóricos, y las otras dos gráficas son usadas para definir el nivel de servicio.

2.4 Capacidad vial

En el estudio de la capacidad de calles y caminos el propósito que generalmente se sigue es el de determinar la calidad del servicio que presta cierto tramo o componente de una arteria. Es poco frecuente el caso de querer determinar la capacidad de la vía.

Se entiende por Capacidad el número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente puede esperarse que pasen por un tramo de una carretera, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico. Por lo general la unidad de tiempo será una hora y al referirse a la capacidad, deben manifestarse las condiciones del camino y del tráfico a las cuales corresponde esa capacidad.

La Capacidad de un camino es tan variable como las variables físicas de la carretera. Por esta razón los análisis de capacidad de una carretera se consideran tomando diversas partes de la misma como un tramo recto, un tramo con curvas continuas, un tramo con pendientes elevadas, acceso a intersecciones, etc.

2.5 Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo se usa el concepto de Nivel de Servicio. Es una medida cualitativa del efecto que pueden tener en la capacidad muchos factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobras, la seguridad, los costos de operación, etc.

A cada nivel de servicio corresponde un Volumen de Servicio, que será el máximo número de vehículos por unidad de tiempo (casi siempre por hora), que pasará mientras se conserve dicho nivel.

De los factores que afectan el nivel de servicio distinguimos los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tráfico, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas tales como la anchura de carriles, la distancia libre lateral, la anchura de hombreras, las pendientes, etc.

Los estudios realizados por la Junta de Investigación Vial de los Estados Unidos fijan seis niveles, los cuales son aplicados por el Servicio Nacional de Caminos de Bolivia, dichos niveles son:

Nivel de servicio A

Condiciones de flujo libre, con bajos volúmenes y altas velocidades. Hay poca o nula limitación de maniobras por la presencia de otros vehículos y puede conservarse la velocidad deseada con pocos o nulos retardos.

Figura 2.7 Nivel de servicio A

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio B

Condiciones de flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser algo restringidas por las condiciones del tráfico. Los conductores tienen una razonable libertad para seleccionar su velocidad y su carril. El límite menor de velocidad con mayor volumen en este nivel de servicio se relaciona con los volúmenes de servicio usados en el proyecto de carreteras.

Figura 2.8 Nivel de servicio B

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio C

Corresponde aun a un flujo estable, pero las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringidas su libertad de elegir la velocidad, cambiar de carriles o rebasar. Aún se obtiene una relativamente satisfactoria velocidad de operación, con volúmenes de servicio quizás apropiados para el proyecto de arterias urbanas.

Figura 2.9 Nivel de servicio C

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio D

Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

Figura 2.10 Nivel de servicio D

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio E

Representa una operación a menores velocidades que en el nivel de servicio D, con volúmenes que se acercan, a la capacidad del tramo. Al llegar a ésta, las velocidades, normalmente pero no siempre, son de cerca de 50 Km/h. El flujo es inestable y pueden ocurrir paradas de duración momentánea.

Figura 2.11 Nivel de servicio E

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Nivel de servicio F

Se refiere a un flujo que opera forzado, a bajas velocidades, donde los volúmenes son menores que los correspondientes a la capacidad. Estas condiciones resultan de las colas de vehículos producidas por alguna obstrucción en la corriente. Las velocidades se reducen considerablemente y pueden ocurrir paradas, cortas o largas, debido al congestionamiento. En casos extremos, la velocidad y el volumen pueden tener valor cero.

Figura 2.12 Nivel de servicio F

Fuente: Texto del alumno ingeniería de tráfico Civ – 326, Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología Carrera de Ingeniería Civil

Los factores externos, siendo físicos, pueden ser medidos a la hora conveniente. En cambio, los factores internos son variables y deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo como el Factor de Hora máxima. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar eso en cuenta es conveniente determinar la proporción de flujo para un periodo máximo, dentro de la hora de máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos, y la relación del volumen horario a cuatro veces el volumen de 15 minutos es llamado el “factor de hora máxima”. Este será un factor a considerar en los cálculos de capacidad.

2.5.1 Análisis de capacidad

La capacidad depende de las condiciones 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.

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:

Vías Ininterrumpidas

Vías Interrumpidas

Vías ininterrumpidas

Se consideran vías ininterrumpidas aquéllas 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.

Vías interrumpidas

Se consideran vías interrumpidas aquellas que llevan con frecuencia elementos de interrupción a la circulación del tráfico como vienen a ser las intersecciones en un trazado urbano por lo que su aplicación está más dirigida al área urbana.

Los factores que se pueden considerar como elementos de interrupción del tráfico son:

Semáforos en intersecciones.

Agentes de tránsito en intersecciones.

Cruces de peatones.

Detención de vehículos.

Presencia de paradas de vehículos de transporte público.

Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino.

En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir un camino y se le conoce como el Volumen de Servicio. Este volumen va aumentando a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel "E", o Capacidad del camino. Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo con nivel "F", pero no aumenta el volumen de servicio, sino que disminuye.

2.5.1.1 Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM 2000

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.

El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

Determinación de la capacidad teórica.

Determinación de la capacidad práctica.

Determinación de la capacidad real.

Capacidad teórica

Sea 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 acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

Tomando éste factor 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.

Figura 2.13 Abaco del manual de ingeniería de tránsito

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

Capacidad práctica

En la práctica las condiciones de trazo urbano no nos dan las condiciones geométricas y condiciones de circulación ideales para medir como la capacidad teórica básica máxima sino más bien las condiciones son variables y se debe encontrar un valor de capacidad real de acuerdo a condiciones físicas y condiciones actuales, para ello el manual de capacidad de acuerdo a varios estudios de investigación han determinado dos gráficas o ábacos que nos sirven para determinar una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y ómnibuses y el 20% del volumen realiza movimientos de giros a la izquierda o a la derecha.

Para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0.9, a la capacidad teórica.

$$\text{Cap. práct.} = \text{Cap. teórica} * 0.9$$

Capacidad real

Las condiciones particulares de cada acceso hace 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 izquierda, giros derecha, paradas antes o después de la intersección, estacionamiento, etc.

Factores de reducción

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

Giros, (izquierda, derecha).

Estacionamiento.

Vehículos Pesados.

Paradas antes y después de la intersección.

La metodología que sigue para determinar los factores reducción en 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 en 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 estacionamiento

Estacionamientos permitidos restar 1,80m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recálculo de la Cap. Teórica.

Por vehículos pesados

Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibuses y camiones pasen del 10% de número total.

Por lo tanto la capacidad real será el producto de la capacidad práctica multiplicada por los factores de reducción.

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap.prác.} * \text{fvp} * \text{fai} * \text{fdi} * \text{fgi} * \text{fgd}$$

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.

2.5.1.2 Determinación del nivel de servicio

Para determinar el 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 el volumen sobre la capacidad (V/C), valor con el que se ingresa a la Tabla 2.1 para calcular el nivel de servicio.

Tabla 2.1 Nivel de servicio

V/C	Nivel de servicio
> 0.1	A
> 0.3	B
> 0.5	C
> 0.7	D
> 0.9	E
> 1	F

Fuente: Materia ingeniería de tráfico – CIV 611

2.6 Pavimentos

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. El comportamiento de los mismos al aplicarles cargas es muy diferente, tal como se puede ver.

Figura 2.14 Pavimento flexible y rígido

Fuente: Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos “Universidad Austral de Chile”

En un pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Lo contrario sucede en un pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la subrasante.

2.6.1 Componentes de un pavimento

En la figura siguiente se muestra esquemáticamente, los componentes principales de un pavimento asfáltico. Se puede considerar que la estructura de un pavimento está formada por una superestructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. En los pavimentos camineros, la superestructura está constituida por la capa de revestimiento y la capa base; la fundación está formada por las capas de sub-base y suelo compactado.

Figura 2.15 Componentes de un pavimento asfáltico

Fuente: “Procedimiento constructivo de pavimentos flexibles en la carretera: Barranca Larga en el estado de Oaxaca” Universidad Nacional Autónoma De México

2.6.2 Tipos de pavimentos

Los pavimentos se diferencian y se definen en términos de los materiales de que están constituidos y de cómo se estructuran esos materiales y no por la forma en como distribuyen los esfuerzos y deformaciones producido por los vehículos a las capas inferiores, lo que quizá constituirá un criterio de clasificación más acertado. Los pavimentos se dividen en pavimentos Flexibles, pavimentos semirígidos, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

2.6.2.1 Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

2.6.2.2 Pavimentos rígidos

Son aquéllos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre una subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La

capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

2.6.3 Fallas en los pavimentos

Antes que nada definiremos como falla a las condiciones que se presentan en un pavimento cuando éste pierde las características de servicio para las que fue diseñado.

Los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, no fallan o colapsan repentinamente, sino que lo hacen en forma gradual y progresiva. La continua acción fundamentalmente de las sollicitaciones del tránsito y clima siempre tiene una manifestación en la superficie del pavimento.

Niveles de Severidad

Los daños normalmente evolucionan con el tiempo, afectando de manera creciente la integridad del pavimento. En general se definen tres niveles de severidad para cada daño: bajo, medio y alto; estos permiten caracterizar el grado de avance del deterioro del pavimento. Suelen estar asociados también a distintos requerimientos de conservación, variables según los casos, que van desde no hacer nada (vigilancia) hasta la completa reposición del pavimento.

2.6.3.1 Fallas en pavimentos flexibles

Fallas típicas que ocurren en los pavimentos flexibles durante el proceso gradual de deterioro de los mismos. Siendo éstas las siguientes:

Deformaciones permanentes: Ahuellamiento, hundimiento, corrugación, corrimiento, hinchamiento.

Fisuraciones o agrietamientos: Fisura longitudinal, fisura transversal, fisuras en bloques, fisuras tipo piel de cocodrilo, fisuras reflejadas, fisuras en arco.

Desintegraciones: Desprendimiento/descubrimiento de agregados, peladuras, estrías longitudinales, baches, rotura de bordes, pulimento de la superficie.

Otros modos de falla: Exudación de asfalto, bombeo/exudación de agua, bacheos/reparaciones.

2.6.3.2 Fallas en pavimentos rígidos

Fallas típicas que ocurren en los pavimentos rígidos, durante el proceso gradual de deterioro de lo mismo. Para ordenar su exposición se han agrupado en tres categorías según su incidencia en la integridad de las losas y juntas de estos pavimentos:

Defectos de superficie: Descascaramiento, desprendimientos/peladura, pulimento superficial, fisura plástica.

Defectos estructurales: Fisura longitudinal, fisura transversal y/o diagonal, fisura en esquina, fisura múltiple, rotura o bache, fisura errática o inducida, bombeo, escalonamiento, hundimiento, levantamiento, estallidos por compresión, daños por reactividad de los agregados.

Defectos de juntas: Deficiencia de material sellante, desportillamiento, fisuras por mal funcionamiento de juntas.

Otros: Bacheos/reparaciones.

Figura 2.16 Ejemplo de fallas en el pavimento



Fuente: “Procedimiento constructivo de pavimentos flexibles en la carretera: Barranca Larga en el estado de Oaxaca” Universidad Nacional Autónoma De México

2.7 Señalización vial

2.7.1 Objetivos

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.

2.7.2 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.

2.7.2.1 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.



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 2.17 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 2.18 Forma y color de señal preventiva

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 por un rectángulo significan una información y pertenecen al grupo de las señales INFORMATIVAS. Estas señales tienen dos colores básicos; el color azul que significa información general y el color blanco o verde que significa información de identificación y destinos de las carreteras.

Figura 2.19 Forma y color de señal informativa



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

2.7.2.1.1 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, **PROHIBEN**. 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 2.20 Señales restrictivas



Fuente: Libro Capítulo 2 Señales verticales

2.7.2.1.2 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 2.21 Señales preventivas

Fuente: Libro Capítulo 2 Señales verticales

2.7.2.1.3 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

Figura 2.22 Señales informativas

Fuente: Libro Capítulo 2 Señales verticales

2.7.3 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:

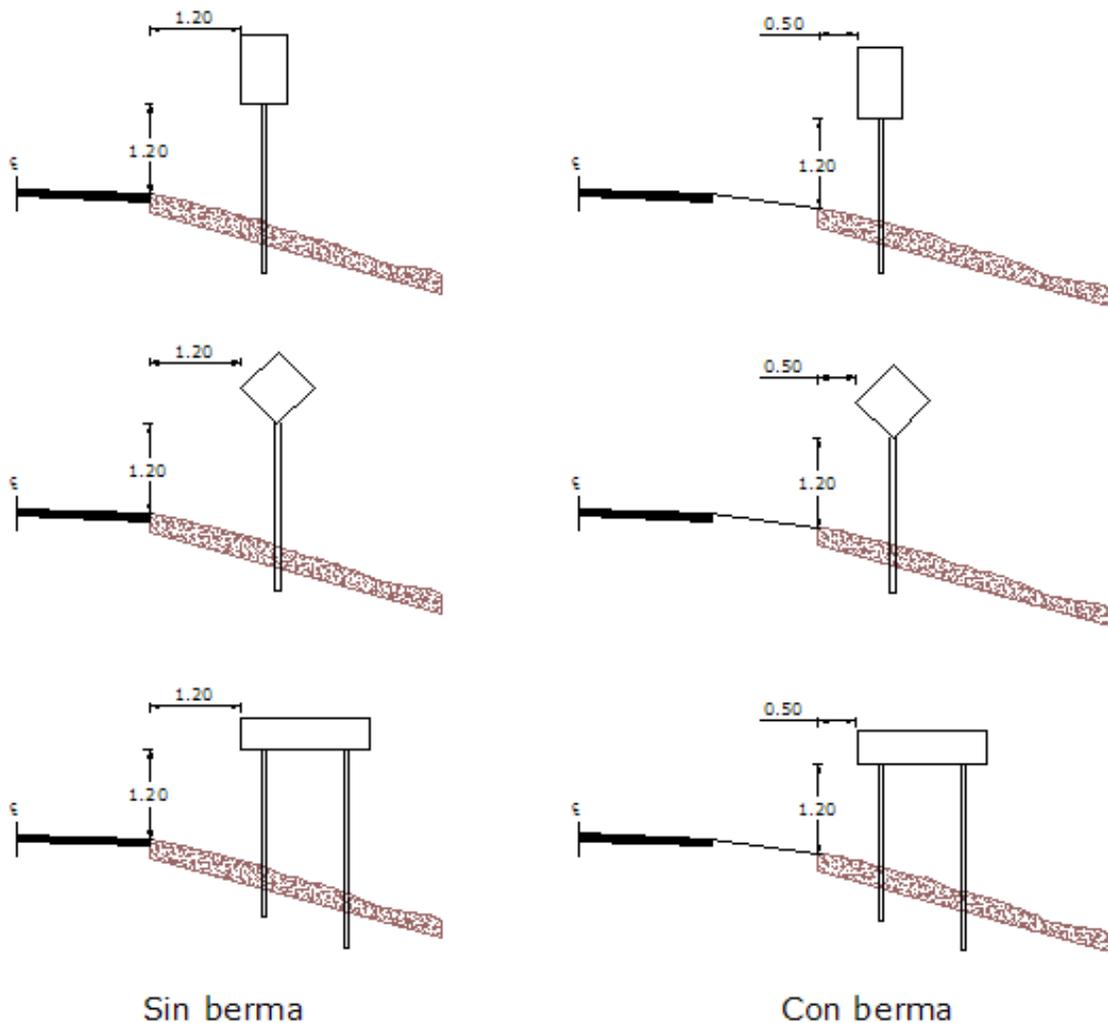
A 5 Km., a 1 Km., a 500m., a 250 m. y en el lugar donde se encuentra el servicio.

2.7.4 Ubicación lateral de las señales

Las señales verticales se colocan fuera de los carriles de circulación, en vías de dos sentidos a la derecha del sentido de avance.

Las dimensiones para su instalación lateral se muestran en la Figura 2.22 para caminos sin berma y con berma.

Figura 2.23 Altura y distancia lateral de las señales



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

2.8 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.

2.8.1 Clasificación

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

Rayas centrales

Rayas limitadoras de la calzada

Rayas separadores de carriles

Rayas canalizadoras

Rayas de parada

Rayas de cruces para peatones

Rayas de aproximación a obstáculos

Rayas en cruces de ferrocarril

Marcas en cruces de ferrocarril

Marcas de estacionamiento permitido

Marcas de estacionamiento prohibido

Marcas indicadoras de peligro

Marcas limitadoras de isletas

Postes delineadores

2.8.2 Significado de formas y colores

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes:

Prohibición

Indicación

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.

Figura 2.24 Ejemplo de señal horizontal

Fuente: Ingeniería de tránsito – Cal y Mayor & James Cárdenas

2.9 Semáforos

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas. Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

La finalidad de los semáforos es detener y dar vía libre a vehículos y peatones a diferentes tiempos y en diferentes direcciones.

2.9.1 Clasificación

Los semáforos se clasifican por su función en tres grupos principales:

Semáforos para tránsito de vehículos.

Semáforos para paso de peatones.

Semáforos en cruces de trenes.

Significado de los colores

Los tres colores que se utilizan en los semáforos son:

Rojo (Luz superior)

Amarillo (Luz central)

Verde (Luz inferior)

Figura 2.25 Tipos de semáforos

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

El color **rojo** significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz roja deberán detenerse y esperar que la luz cambie a color verde antes de proseguir su marcha.

El color **verde** significa que tanto los vehículos como los peatones que se encuentran frente a un semáforo con luz verde pueden continuar su marcha sin detenerse.

El color **amarillo** significa precaución y está prendido durante unos segundos de transición entre la luz verde y roja.

La luz amarilla indica a los conductores y peatones que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto que vehículos y peatones deberán detenerse.

Al encenderse la luz amarilla, el conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente y si esto no fuera posible podrá seguir su marcha siempre y cuando la luz roja no se hubiera encendido todavía.

2.9.1.1 Semáforos para tránsito de vehículos

Los semáforos que controlan la circulación del tránsito de vehículos pueden ser fijos o variables. Los semáforos fijos son aquellos cuyas luces no cambian de color, en cambio, los semáforos variables son aquellos cuyas luces cambian de color.

Semáforos fijos

Los semáforos fijos constan de una luz intermitente de color **amarillo** o de color **rojo**.

El color **amarillo** intermitente en una intersección o en un tramo de camino significa que los vehículos deberán circular con suma precaución.

El color **rojo** intermitente en una intersección significa que los vehículos deberán detenerse antes de entrar en la intersección o cruce de caminos y el conductor actuara igual que al encontrarse con una señal de PARE, esto es, cediendo el paso a los vehículos que se aproximan por ambos lados de la intersección.

Semáforos variables

Los semáforos variables pueden ser simples o compuestos y sus luces cambian de color rojo a verde y de verde a amarillo y rojo.

Los semáforos simples tienen solamente tres luces, de color rojo, amarillo y verde, cuyo significado se explicó anteriormente.

Los semáforos compuestos constan principalmente de un semáforo simple con luces adicionales consistentes en flechas de color verde que señalan direcciones diferentes. Estas flechas tienen por objeto permitir el paso del tráfico en ciertas direcciones al mismo tiempo que la luz roja del semáforo está encendida. En este caso las flechas constituyen excepciones a la prohibición que señala la luz roja.

Los conductores de los vehículos que tengan vía libre mediante una luz o flecha verde y tengan que efectuar un giro en una intersección donde exista un paso para peatones, deberán dar paso a éstos mientras el semáforo de peatones indique paso libre.

2.9.1.2 Semáforos para paso de peatones

Los semáforos que controlan el paso de peatones son de forma rectangular y tienen dos luces solamente. En la parte superior tienen escrita la palabra ALTO de color rojo, que prohíbe a los peatones cruzar la calzada y en la parte inferior tienen escrita la palabra SIGA de color verde, que les permite cruzar la calzada.

Figura 2.26 Semáforo para paso de peatones

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

2.10 Pasos peatonales

Se define como la zona de intersección entre la circulación rodada y el tránsito peatonal, es decir, la parte del itinerario peatonal que cruza la calzada de circulación de vehículos al mismo o a diferente nivel.

Aunque el concepto general resulta evidente, no existe acuerdo en cuanto a la definición de sus límites. Cuando se habla del “ancho” de un paso de peatones no está claro a que dimensión concreta se refiere, en parte porque muchas normativas confunden los conceptos de vado y de paso peatonal. El criterio que consideramos más adecuado considera la anchura del paso peatonal como la longitud total de los vados que lo limitan, y coincidirá, además, con la longitud de las bandas señalizadoras del paso de cebra correspondiente.

La señalización del paso de peatones (paso de cebra) consiste en bandas paralelas a la acera pintadas sobre la calzada, de 0,50 m. de ancho y separadas entre sí una distancia de 0,50 m. La pintura deberá resistir la intemperie, mantener el color generalmente blanco, no ser deslizante con la lluvia y ser resistente al desgaste producido por el tráfico rodado.

Para seguridad de los viandantes, deberá colocarse una señal vertical o un semáforo que anuncie a los vehículos la existencia del paso de peatones. La línea de detención ante semáforo es una banda perpendicular a la acera de 0,30 a 0,40 m. de espesor, dibujada en la calzada separada 0,50 m. del comienzo de las líneas del paso de peatones, que indica el punto donde han de detenerse los vehículos ante el semáforo.

No obstante, en demasiadas ocasiones ocurre el encontrar pequeños vados, normalmente mal ejecutados, que comunican con una calzada en la que la señalización del paso cebra está mal dimensionada y/o mal situada, y se considera la longitud de las bandas como el ancho del paso peatonal cuando en realidad se trata de una señalización carente de funcionalidad y que a veces sólo provoca confusión.

Figura 2.27 Paso peatonal

Fuente: Manual de vados y pasos peatonales

2.10.1 Clasificación

Atendiendo a los flujos de tránsito de personas y tráfico de vehículos, y a la sección de la vía que se pretende atravesar, los pasos peatonales se pueden clasificar en tres grandes grupos:

2.10.1.1 Pasos peatonales no regulados por semáforos

Se producen generalmente en calles estrechas y con poca intensidad de tráfico de vehículos, como es el caso de barrios residenciales céntricos o periféricos. Aunque con las lógicas limitaciones, en estas calles la prioridad de uso ha de tenerla el peatón, que deberá poder transitar con comodidad y seguridad.

Deben estar señalizados con pasos de cebra para indicar a los vehículos la prioridad del peatón, aunque en muchos casos no existe ningún tipo de señalización.

El ancho mínimo de este tipo de pasos peatonales ha de ser de 1,80 m. Para evitar que los vehículos aparcuen en el tramo del paso peatonal, se pueden construir los vados correspondientes sobre prolongaciones de la acera que ocupen la franja de aparcamiento. Esta solución favorece la continuidad de la banda libre peatonal al liberarse la acera propiamente dicha de la ubicación de los vados.

Otra posible opción para efectuar el cruce de este tipo de vías consiste en elevar la calzada al nivel de la acera en la zona del paso peatonal (vado de resalte), consiguiendo así la disminución de la velocidad de circulación de los vehículos.

2.10.1.2 Pasos peatonales regulados por semáforos

Se encuentran en vías de amplia sección, que comunican y distribuyen zonas de gran actividad (usos comerciales, oficinas). En estos casos se produce una utilización alternativa del espacio del cruce por peatones y vehículos, siendo el semáforo el

mecanismo que regula los tiempos de circulación de ambos. Dichos semáforos dispondrán de dispositivos acústicos que garanticen la seguridad de las personas ciegas y deficientes visuales.

Las dimensiones de este tipo de pasos peatonales dependerán de la sección de la vía y de la concentración de peatones durante el tiempo de espera en los mismos. Se recomienda un ancho mínimo de 4,00 m.

En cruces de vías colectoras o avenidas con calles secundarias, es conveniente alejar los pasos de peatones de la intersección de las calles, es decir, retranquearlos respecto a las esquinas para proteger a las personas de los vehículos que giran para entrar en las calles adyacentes, y aumentar el espacio para facilitar la espera de dichos vehículos. No resulta conveniente retranquear excesivamente los pasos peatonales para no hacer tortuoso el itinerario peatonal.

2.10.1.3 Pasos peatonales elevados y subterráneos

Se construyen en casos extremos, para atravesar vías urbanas o interurbanas con intensidades de tráfico de vehículos muy fuertes y con prioridad absoluta sobre el tránsito peatonal.

Tanto en pasos elevados como en subterráneos, se debe contar con escaleras y rampas de acceso adecuadas para que no constituyan una barrera para personas con discapacidad. Dichas rampas se construirán de acuerdo a los criterios que señale la normativa de accesibilidad que sea de aplicación en cada caso.

En los pasos elevados se recomienda un ancho mínimo de 1,80 m., y en pasos subterráneos de 2,40 m. Estos últimos han de diseñarse con embocaduras amplias, el trazado más recto y claro posible, y han de dotarse de iluminación adecuada para evitar la claustrofobia y la delincuencia. Se recomienda permitir una altura libre mínima de 2,20 m.

3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se realizó en la ciudad de Tarija, en el cual se optó por estudiar puntos en donde el tráfico es muy denso y así ver el comportamiento de los vehículos en las calles de la ciudad de Tarija.

El departamento de Tarija al igual que las demás ciudades tiene serios problemas del tráfico vehicular que forma parte de cada usuario para poder trasladarse a su destino y actividad a realizar, la ciudad de Tarija convive con este gran inconveniente, lo que se debe realizar estudios del tráfico vehicular por las calles más conflictivas para conocer lo que está aconteciendo en las calles en las horas de mayor movimiento, para ver que posibles redes de flujo pueden formarse en las calles de la ciudad de Tarija.

Figura 3.1 Vista de la ciudad de Tarija

Fuente: Imagen satelital del google earth

3.2 Características del área de estudio

Las diferentes intersecciones que se tomó para el estudio del tráfico nos ayudarán a ver el comportamiento de los vehículos por cada sección de la vía, y viendo la distribución de velocidades a lo largo de cada punto estudiado.

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 Tarija, puntos que están encontrados en toda la avenida Víctor Paz Estensoro, avenida Circunvalación, y calles céntricas de la ciudad.

3.3 Estudio del tráfico en el área de estudio

Se realizó el estudio tanto de volúmenes de circulación, como de velocidades en los distintos puntos especificados.

Procedimiento para el aforo de volúmenes

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.

El aforo de los volúmenes de tráfico se realizaron en los puntos específicos, el método con que se procedió para el conteo es el método manual por lo que una persona estaba en cada punto de aforo, tomando las mediciones respectivas de los distintos vehículos que pasaban por dichos puntos de estudio.

La información que se recopiló es clasificada por cada acceso que llegaba a los puntos estudiados, en vehículos livianos, medianos y pesados.

A través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de volúmenes son de 1 mes, 3 días a la semana por 3 horas al día, de los cuales son 2 días hábiles y 1 día no hábil por semana durante 1 mes.

Como indica la normativa AASHTO, el tiempo para la toma de datos fueron los horarios picos en los que se tenía en mayor movimiento de tráfico por las zonas, para poder tener los tiempos pico se hizo el estudio de un día de horas 07:00 a.m. hasta 19:00 p.m. en la avenida Víctor Paz Estensoro, el cual se obtuvo las horas pico y fueron los siguientes: 07:00 – 08:00 a.m., 12:00 – 13:00 p.m., 18:00 – 19:00 p.m., para poder tener en cuenta el flujo de mayor circulación y así hacer la toma de volúmenes como también de las velocidades.

Se realizaron la toma de datos 3 días, siendo 2 días hábiles de lunes a viernes y un día no hábil sábado o domingo, durante un mes.

El intervalo de medición de cada punto de aforo se ha establecido en 1 hora, que serían en las horas pico.

Procedimiento de medición de velocidades

Para la medición de velocidades de punto, la ubicación es la misma con respecto a los puntos de aforo de volúmenes, y con la misma normativa AASHTO para la realización de los aforos. Para realizar la medición el observador se ubicó en el tramo central entre cada acceso que llegaba a la intersección, la distancia que se tomó fueron de 25 metros en calles céntricas y 50 metros en avenidas (Víctor Paz Estensoro, Circunvalación), teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda tomar los tiempos de cada uno de los vehículos que pasan por la zona de estudio.

La medición de las velocidades de los vehículos se realizó tomando 5 vehículos que pasan por la calle en estudio.

El tiempo para la medición se lo hizo en las horas pico en los diferentes puntos marcados, se realizaron la toma de datos 3 días, siendo 2 días hábiles de lunes a viernes y un día no hábil sábado o domingo, durante un mes.

3.3.1 Ubicación de puntos de estudio

Para el respectivo estudio del tráfico vehicular en la zona de la ciudad de Tarija se tomarán puntos específicos de las vías siendo éstos los siguientes:

Tabla 3.1 Puntos de estudio

Puntos de aforo	Intersección
1	Cochabamba - Ballivian
2	Cochabamba - General Trigo
3	Cochabamba - Colón
4	Domingo Paz - Campero
5	Domingo Paz - General Trigo
6	Domingo Paz - Colón

7	15 de Abril - Ramón Rojas
8	15 de Abril - Campero
9	15 de Abril – Daniel Campos
10	Av. La Paz - Av. Potosí
11	Av. La Paz – Av. Bolívar
12	Av. La Paz – Av. Belgrano
13	Mejillones - Av. Circunvalación
14	Mejillones – 4 de Julio
15	Mejillones - Ayoroa
16	Av. Padilla - La Madrid
17	Av. Padilla – Av. Belgrano
18	Av. Padilla – Av. Víctor Paz Estensoro
19	Sucre – Av. Bolívar
20	Sucre – La Madrid
21	Sucre – Av. Víctor Paz Estensoro
22	Av. Víctor Paz Estensoro - Puente San Martín
23	Av. Víctor Paz Estensoro - Av. Guadalquivir
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Froilán Tejerina
25	Av. Jaime Paz Zamora - Av. Alto de la Alianza
26	Av. Font - Av. Defensores del Chaco
27	Av. Font - Av. Circunvalación
28	Av. Circunvalación - Froilán Tejerina
29	Av. Circunvalación – Colón
30	Av. Circunvalación – Av. La Paz

Fuente: Elaboración propia

Puntos de estudio: ubicación detallada de cada uno de los puntos para proceder a realizar los aforos.

Figura 3.2 Ubicación de los puntos de estudio

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3 Ubicación de los puntos de estudio

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4 Ubicación de los puntos de estudio

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Aforos de volumen

Aforos de volúmenes de un día para ver las horas pico del día

Se realizó el aforo de un día desde las 7 de la mañana hasta las 7 de la noche en el tramo de la avenida Víctor Paz Estensoro (carril del centro, frente a ex terminal), aforando los vehículos que pasaban por ese tramo de avenida, para así determinar las horas pico del día de dicha avenida, para encontrar las tres horas pico, para tener conocimiento de las horas de más flujo vehicular, y con eso generalizar las horas pico para todos los puntos ya mencionados y realizar el estudio de volúmenes y de velocidades.

Los datos de las 12 horas medidas se encuentran en Anexo 1.

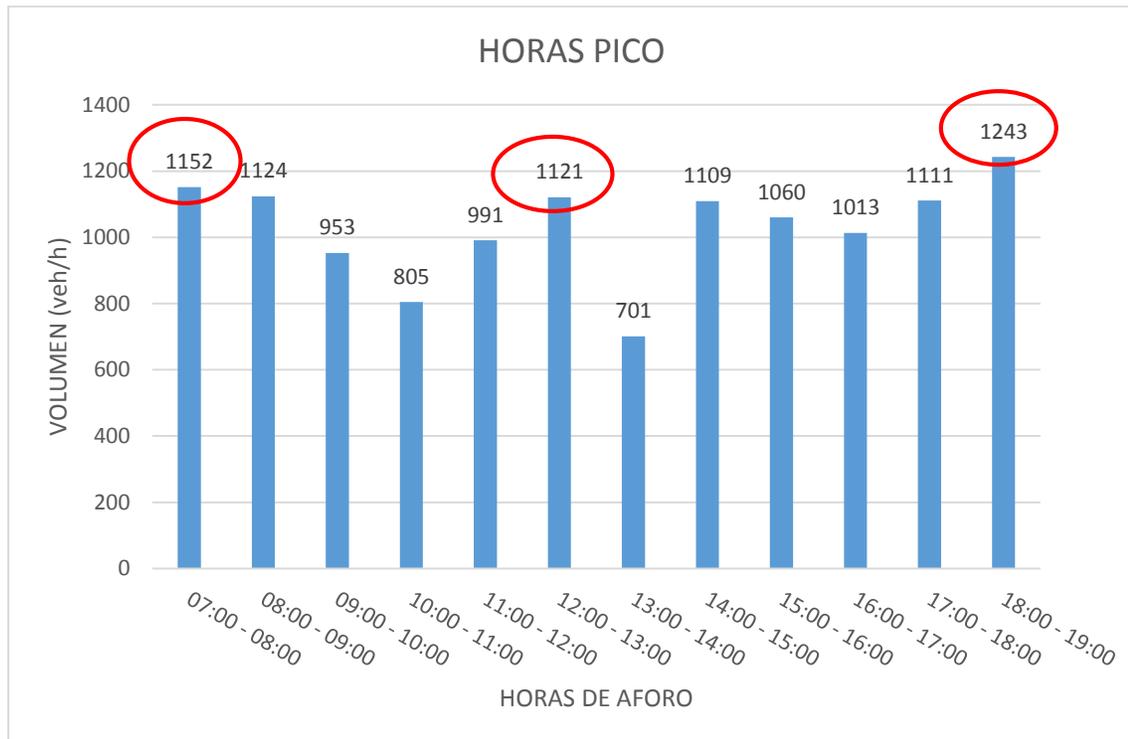
Tabla 3.2 Resumen horario de volúmenes

Horas	Volumen (veh/h)
07:00 - 08:00	1152
08:00 - 09:00	1124
09:00 - 10:00	953
10:00 - 11:00	805
11:00 - 12:00	991
12:00 - 13:00	1121
13:00 - 14:00	701
14:00 - 15:00	1109
15:00 - 16:00	1060
16:00 - 17:00	1013
17:00 - 18:00	1111

18:00 - 19:00	1243
---------------	------

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5 Horas pico de los aforos en la Av. Víctor Paz E.



Fuente: Elaboración propia

Aforos de volúmenes en un mes

Para la medición de los volúmenes, se procedió a tomar datos en las tres horas pico determinadas anteriormente que serían de 07:00 – 08:00, 12:00 – 13:00, 18:00 – 19:00, la obtención de los volúmenes las hice durante tres días de una semana, así afore 4 semanas para obtener los volúmenes para un mes.

Para la medición de volúmenes se realizó la clasificación de vehículos en livianos, medianos y pesados, en cada intersección se tomó en cuenta los accesos de entrada a la intersección para hacer el aforo de cada acceso 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 la realización de las mediciones el material que utilice fue: planillas de aforo, bolígrafo, cronometro.

Se tomó 30 puntos especificados en la ciudad de Tarija para hacer el respectivo aforo de datos de volúmenes vehiculares.

La obtención de estos datos nos permitirá determinar la capacidad y nivel de servicio de las calles que se encuentran en la ciudad de Tarija.

Los datos de volúmenes de las 4 semanas medidas se encuentran en Anexo 2, se utilizó el método manual para el cálculo de volúmenes.

Los datos de depuración de volúmenes se encuentran en Anexo 3, y el resumen de volúmenes totales se encuentra en Anexo 4.

3.3.2.1 Resultados

Tabla 3.3 Intersección Cochabamba-Ballivian

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6 Intersección Cochabamba-Ballivian

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Intersección Cochabamba-General Trigo

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7 Intersección Cochabamba-General Trigo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5 Intersección Cochabamba-Colón

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8 Intersección Cochabamba-Colón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6 Intersección Domingo Paz-Campero

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9 Intersección Domingo Paz-Campero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Intersección Domingo Paz-General Trigo

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10 Intersección Domingo Paz-General Trigo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8 Intersección Domingo Paz-Colón

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11 Intersección Domingo Paz-Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9 Intersección 15 de Abril-Ramón Rojas

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
7	15 de Abril - Ramón Rojas	1	322
		2	205

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12 Intersección 15 de Abril-Ramón Rojas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10 Intersección 15 de Abril-Campero

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
8	15 de Abril - Campero	1	279
		2	229

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13 Intersección 15 de Abril-Campero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11 Intersección 15 de Abril-Daniel Campos

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
9	15 de Abril - Daniel Campos	1	219
		2	277

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14 Intersección 15 de Abril-Daniel Campos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Intersección Av. La Paz-Av. Potosí

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
10	Av. La Paz - Av. Potosí	1	340
		2	403
		3	416
		4	397

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15 Intersección Av. La Paz-Av. Potosí



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13 Intersección Av. La Paz-Av. Bolívar

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
11	Av. La Paz - Bolívar	1	473
		2	450
		3	313

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16 Intersección Av. La Paz-Av. Bolívar



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14 Intersección Av. La Paz-Av. Belgrano

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17 Intersección Av. La Paz-Av. Belgrano



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15 Intersección Mejillones-Av. Circunvalación

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18 Intersección Mejillones-Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16 Intersección Mejillones-4 de Julio

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.19 Intersección Mejillones-4 de Julio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17 Intersección Mejillones-Ayoroa

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.20 Intersección Mejillones-Ayoroa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18 Intersección Av. Padilla-La Madrid

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21 Intersección Av. Padilla-La Madrid



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19 Intersección Av. Padilla-Av. Belgrano

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.22 Intersección Av. Padilla-Av. Belgrano

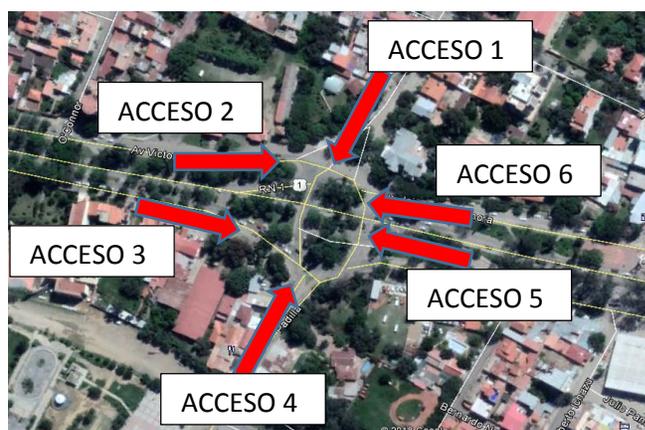


Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20 Intersección Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.23 Intersección Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21 Intersección Sucre-Av. Bolívar

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.24 Intersección Sucre-Av. Bolívar



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22 Intersección Sucre-La Madrid

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.25 Intersección Sucre-La Madrid

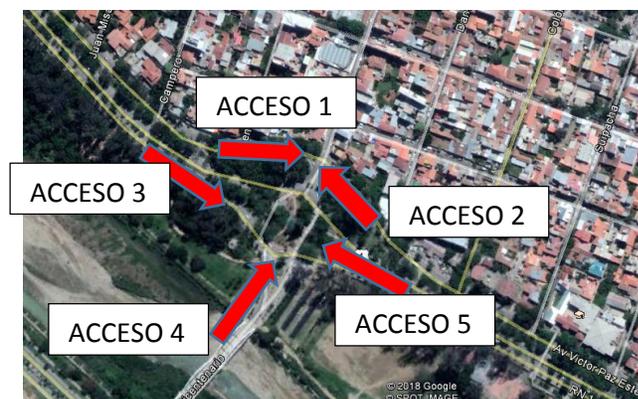


Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.23 Intersección Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.26 Intersección Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.27 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Av. Guadalquivir

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.28 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro- Av. Guadalquivir



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Froilán Tejerina	1	1138
		2	866

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.29 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27 Intersección Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
25	Av. Jaime Paz Zamora - Av. Alto de la Alianza	1	395
		2	1267
		3	435
		4	804
		5	660

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.30 Intersección Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.28 Intersección Av. Font-Defensores del Chaco

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
26	Av. Font - Av. Defensores del Chaco	1	489
		2	286
		3	294

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.31 Intersección Av. Font-Defensores del Chaco



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29 Intersección Av. Font-Av. Circunvalación

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
27	Av. Font - Av. Circunvalación	1	329
		2	661
		3	597

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.32 Intersección Av. Font-Av. Circunvalación



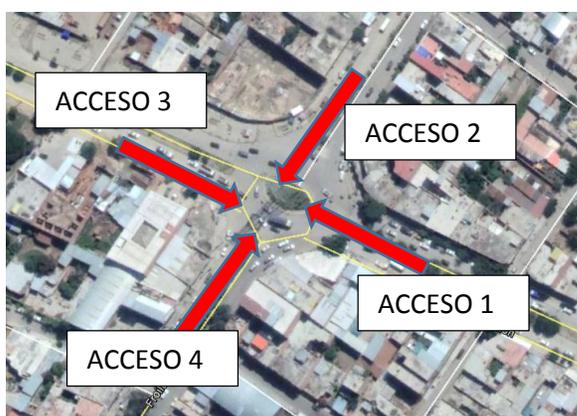
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30 Intersección Av. Circunvalación-Froilán Tejerina

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
28	Av. Circunvalación - Froilán Tejerina	1	763
		2	600
		3	873
		4	727

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.33 Intersección Av. Circunvalación-Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.31 Intersección Av. Circunvalación-Colón

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
29	Av. Circunvalación - Colón	1	882
		2	400
		3	900
		4	378

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.34 Intersección Av. Circunvalación-Colón



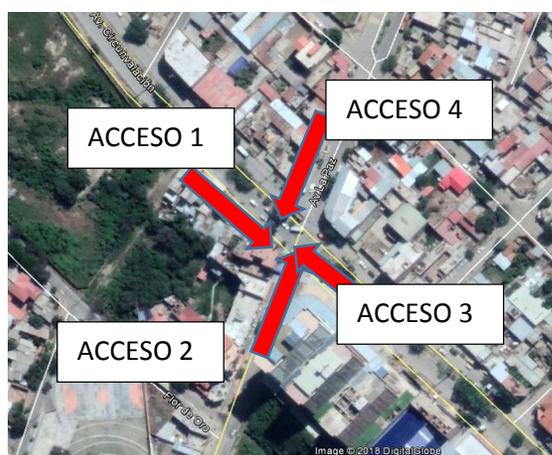
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32 Intersección Av. Circunvalación-Av. La Paz

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)
30	Av. Circunvalación - Av. La Paz	1	935
		2	348
		3	925
		4	421

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.35 Intersección Av. Circunvalación-Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Aforos de velocidad

Para proceder a la medición de las velocidades en las zonas de estudio, se realizó de la siguiente manera, primero se midió la distancia de un punto a otro, se tomó distancias de 25 metros y 50 metros (en avenidas Víctor Paz Estensoro, Circunvalación, Jaime Paz Zamora), luego se controló el tiempo en que tarda en pasar el vehículo por esa distancia medida, registrando cada 5 vehículos que pasaban por cada acceso.

Se tomó 30 puntos asignados en la ciudad de Tarija para hacer el respectivo aforo de tiempos.

Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico de un día completo, tres días de la semana para tener de una semana completa, eso lo hice durante 4 semanas para completar el mes, en las mismas horas pico que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Para calcular las velocidades de punto en (km/h), de los aforos de tiempos se usó la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h).

D = Distancia de recorrido (km).

T = Tiempo de recorrido (h).

Los datos de medición de tiempos en todos los puntos están en Anexo 6, los datos de velocidades están en Anexo 7, para tener las velocidades finales se procedió a depurar datos usando la media aritmética y desviación estándar, y eliminar datos que no entraban en el rango de depuración, los valores finales se encuentran en Anexo 8.

3.3.3.1 Resultados

Tabla 3.33 Intersección Cochabamba-Ballivian

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
1	Cochabamba - Ballivian	1	25	17.93
		2	25	16.68
		3	25	17.36

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.36 Intersección Cochabamba-Ballivian



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34 Intersección Cochabamba-General Trigo

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
2	Cochabamba - General Trigo	1	25	18.14
		2	25	19.11
		3	25	19.08

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.37 Intersección Cochabamba-General Trigo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.35 Intersección Cochabamba-Colón

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
3	Cochabamba - Colon	1	25	20.21
		2	25	20.13
		3	25	19.82

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.38 Intersección Cochabamba-Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.36 Intersección Domingo Paz-Campero

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
4	Domingo Paz - Campero	1	25	14.50
		2	25	15.22

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.39 Intersección Domingo Paz-Campero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37 Intersección Domingo Paz-General Trigo

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
5	Domingo Paz - General Trigo	1	25	14.40
		2	25	14.38

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.40 Intersección Domingo Paz-General Trigo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.38 Intersección Domingo Paz-Colón

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
6	Domingo Paz - Colón	1	25	16.39
		2	25	15.82

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.41 Intersección Domingo Paz-Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39 Intersección 15 de Abril-Ramón Rojas

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
7	15 de Abril - Ramón Rojas	1	25	17.47
		2	25	17.23

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.42 Intersección 15 de Abril-Ramón Rojas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.40 Intersección 15 de Abril-Campero

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
8	15 de Abril - Campero	1	25	17.90
		2	25	18.17

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.43 Intersección 15 de Abril-Campero



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.41 Intersección 15 de Abril-Daniel Campos

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
9	15 de Abril - Daniel Campos	1	25	15.74
		2	25	16.97

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.44 Intersección 15 de Abril-Daniel Campos



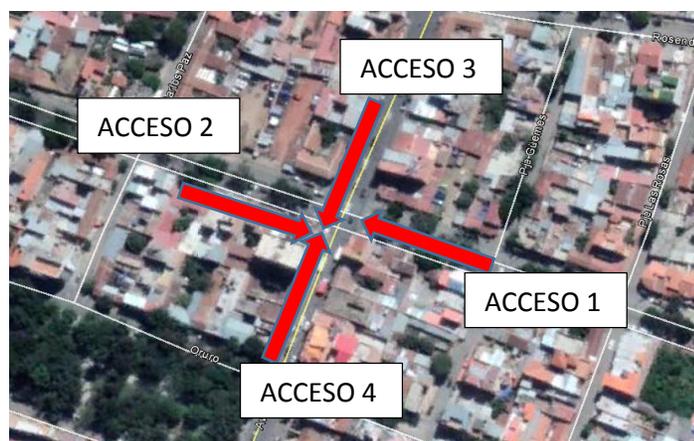
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.42 Intersección Av. La Paz-Av. Potosí

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
10	Av. La Paz - Av. Potosí	1	25	18.04
		2	25	18.37
		3	25	18.10
		4	25	17.93

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.45 Intersección Av. La Paz-Av. Potosí



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.43 Intersección Av. La Paz-Av. Bolívar

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
11	Av. La Paz - Bolívar	1	25	17.73
		2	25	18.07
		3	25	17.76

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.46 Intersección Av. La Paz-Av. Bolívar



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.44 Intersección Av. La Paz-Av. Belgrano

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
12	Av. La Paz - Av. Belgrano	1	25	18.28
		2	25	18.87
		3	25	17.84
		4	25	18.67

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.47 Intersección Av. La Paz-Av. Belgrano



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45 Intersección Mejillones-Av. Circunvalación

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
13	Mejillones - Av. Circunvalacion	1	50	28.78
		2	50	28.65
		3	50	28.61
		4	50	29.21

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.48 Intersección Mejillones-Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.46 Intersección Mejillones-4 de Julio

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
14	Mejillones - 4 de Julio	1	25	25.15
		2	25	20.59
		3	25	19.39

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.49 Intersección Mejillones-4 de Julio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.47 Intersección Mejillones-Ayoroa

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
15	Mejillones - Ayoroa	1	25	25.74
		2	25	25.02

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.50 Intersección Mejillones-Ayoroa



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.48 Intersección Av. Padilla-La Madrid

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
16	Av. Padilla - La Madrid	1	25	26.42
		2	25	24.99

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.51 Intersección Av. Padilla-La Madrid



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.49 Intersección Av. Padilla-Av. Belgrano

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
17	Av. Padilla - Av. Belgrano	1	25	25.00
		2	25	25.49
		3	25	23.78

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.52 Intersección Av. Padilla-Av. Belgrano



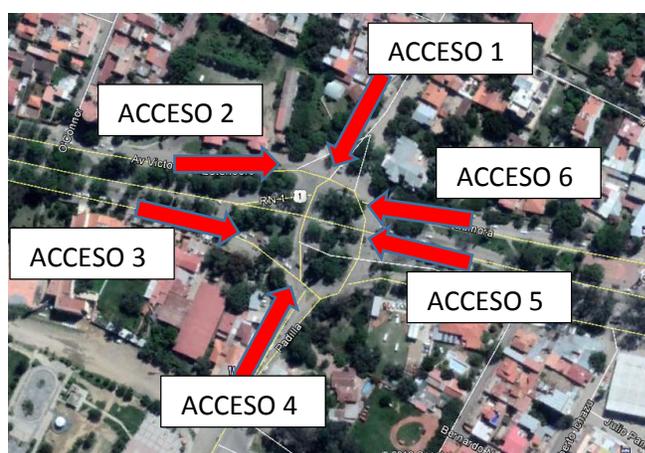
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.50 Intersección Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
18	Av. Padilla - Av. Víctor Paz Estensoro	1	50	26.81
		2	50	32.71
		3	50	31.56
		4	50	32.36
		5	50	36.47
		6	50	31.52

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.53 Intersección Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.51 Intersección Sucre-Av. Bolívar

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
19	Sucre - Bolívar	1	25	16.90
		2	25	14.88

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.54 Intersección Sucre-Av. Bolívar



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.52 Intersección Sucre-La Madrid

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
20	Sucre - La Madrid	1	25	16.85
		2	25	17.22

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.55 Intersección Sucre-La Madrid



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.53 Intersección Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
21	Sucre - Av. Víctor Paz Estensoro	1	25	20.02
		2	25	19.36
		3	50	40.77
		4	50	32.94
		5	50	34.58

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.56 Intersección Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro



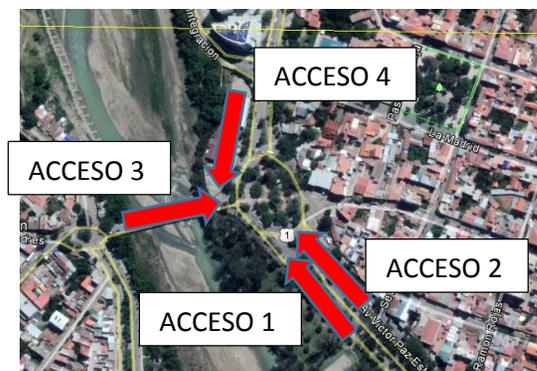
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.54 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
22	Av. Víctor Paz Estensoro - Puente San Martín	1	50	42.18
		2	50	30.64
		3	25	16.53
		4	50	31.47

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.57 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.55 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Av. Guadalquivir

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
23	Av. Víctor Paz Estensoro - Av. Guadalquivir	1	50	42.43
		2	25	17.10
		3	50	32.55
		4	50	31.81

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.58 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro- Av. Guadalquivir



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.56 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Froilán Tejerina	1	50	24.07
		2	50	27.72

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.59 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.57 Intersección Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
25	Av. Jaime Paz Zamora - Av. Alto de la Alianza	1	50	33.07
		2	50	36.53
		3	25	18.45
		4	50	37.02
		5	50	32.26

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.60 Intersección Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.58 Intersección Av. Font-Defensores del Chaco

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
26	Av. Font - Av. Defensores del Chaco	1	25	21.75
		2	25	22.68
		3	25	20.82

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.61 Intersección Av. Font-Defensores del Chaco



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.59 Intersección Av. Font-Av. Circunvalación

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
27	Av. Font - Av. Circunvalación	1	25	21.93
		2	50	32.32
		3	50	31.35

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.62 Intersección Av. Font-Av. Circunvalación



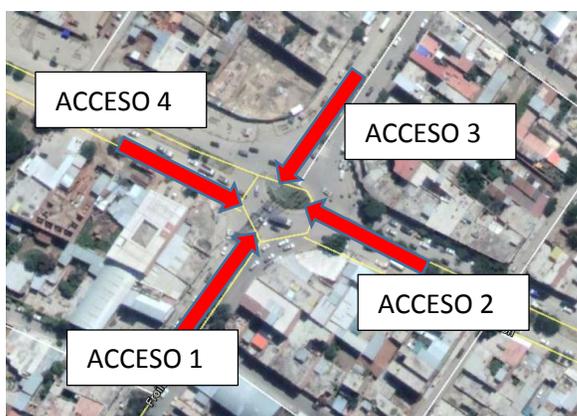
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.60 Intersección Av. Circunvalación-Froilán Tejerina

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
28	Av. Circunvalación - Froilán Tejerina	1	50	27.93
		2	50	27.11
		3	50	29.17
		4	50	29.42

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.63 Intersección Av. Circunvalación-Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.61 Intersección Av. Circunvalación-Colón

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
29	Av. Circunvalación - Colón	1	50	32.45
		2	50	30.52
		3	50	31.94
		4	50	27.15

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.64 Intersección Av. Circunvalación-Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.62 Intersección Av. Circunvalación-Av. La Paz

Punto de Aforo	Intersecciones	Accesos	Distancia (m)	Velocidad (km/h)
30	Av. Circunvalación - Av. La Paz	1	50	24.29
		2	50	26.46
		3	50	26.38
		4	50	29.67

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.65 Intersección Av. Circunvalación-Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Porcentaje de vehículos pesados

Para la obtención de los vehículos pesados se realizó media aritmética en sus tres horas pico de las cuatro semanas, de cada uno de los puntos en estudio, donde ya no se hizo la depuración de datos, para así al final obtener el total de vehículos pesados por hora, con esos datos se calculó el % de vehículos pesados en cada acceso.

Los datos de vehículos pesados se encuentran en Anexo 9.

Tabla 3.63 Promedio finales de % de vehículos pesados

Intersección	Accesos	Veh. Pesado	% Veh. Pesado
Cochabamba - Ballivian	1	1	0.67
	2	2	0.34
	3	2	0.36
Cochabamba - General Trigo	1	2	0.40
	2	1	0.29
	3	1	0.17
Cochabamba - Colon	1	1	0.27
	2	2	0.48
	3	1	0.39
Domingo Paz - Campero	1	1	0.57
	2	2	0.63
Domingo Paz - General Trigo	1	1	0.35
	2	0	0.06
Domingo Paz - Colón	1	1	0.19
	2	0	0.19
15 de Abril - Ramón Rojas	1	3	0.82
	2	0	0.15
15 de Abril - Campero	1	2	0.70
	2	1	0.59
15 de Abril - Daniel Campos	1	1	0.48
	2	1	0.45
Av. La Paz - Av. Potosí	1	4	1.07
	2	7	1.69
	3	2	0.41
	4	3	0.64

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.64 Promedio finales de % de vehículos pesados

Intersección	Accesos	Veh. Pesado	% Veh. Pesado
Av. La Paz - Av. Bolívar	1	4	0.86
	2	4	0.86
	3	1	0.37
Av. La Paz - Av. Belgrano	1	2	0.51
	2	2	0.70
	3	2	0.72
	4	3	0.62
Mejillones - Av. Circunvalacion	1	36	4.58
	2	49	6.46
	3	2	0.90
	4	1	0.43
Mejillones - 4 de Julio	1	1	0.34
	2	1	0.31
	3	1	0.38
Mejillones - Ayoroa	1	1	0.42
	2	2	1.13
Av. Padilla - La Madrid	1	0	0.00
	2	1	0.18
Av. Padilla - Av. Belgrano	1	0	0.00
	2	2	0.30
	3	2	1.39
Av. Padilla - Av. Víctor Paz Estensoro	1	2	0.45
	2	1	0.35
	3	20	2.25
	4	20	2.74
	5	33	2.74
	6	4	0.51
Sucre - Av. Bolívar	1	1	0.29
	2	1	0.28
Sucre - La Madrid	1	1	0.33
	2	1	0.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.65 Promedio finales de % de vehículos pesados

Intersección	Accesos	Veh. Pesado	% Veh. Pesado
Sucre - Av. Víctor Paz Estensoro	1	1	0.24
	2	2	0.23
	3	32	3.37
	4	9	1.32
	5	27	3.04
Av. Víctor Paz Estensoro - Puente San Martín	1	21	2.94
	2	6	0.75
	3	35	2.46
	4	12	1.38
Av. Víctor Paz Estensoro - Av. Guadalquivir	1	7	1.12
	2	14	6.15
	3	8	1.07
	4	4	0.93
Av. Víctor Paz Estensoro - Froilán Tejerina	1	12	1.07
	2	10	1.12
Av. Jaime Paz Zamora - Av. Alto de la Alianza	1	5	1.37
	2	32	2.43
	3	7	1.60
	4	23	2.84
	5	8	1.22
Av. Font - Av. Defensores del Chaco	1	2	0.44
	2	2	0.74
	3	3	0.88
Av. Font - Av. Circunvalación	1	3	0.83
	2	40	6.04
	3	33	5.56
Av. Circunvalación - Froilán Tejerina	1	51	6.66
	2	17	2.90
	3	61	7.00
	4	9	1.26
Av. Circunvalación - Colón	1	52	5.93
	2	4	0.96
	3	50	5.56
	4	9	2.49
Av. Circunvalación - Av. La Paz	1	48	5.11
	2	8	2.13
	3	57	5.99
	4	11	2.64

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Densidad

Los datos de la densidad se encuentran en Anexo 10.

Tabla 3.66 Resultados de densidad de los puntos 1 al 10

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)
1	Cochabamba - Ballivian	1	204	17.93	11.38
		2	450	16.68	26.98
		3	531	17.36	30.59
2	Cochabamba - General Trigo	1	421	18.14	23.20
		2	318	19.11	16.64
		3	288	19.08	15.10
3	Cochabamba - Colon	1	351	20.21	17.36
		2	331	20.13	16.44
		3	291	19.82	14.68
4	Domingo Paz - Campero	1	221	14.50	15.24
		2	234	15.22	15.37
5	Domingo Paz - General Trigo	1	257	14.40	17.85
		2	261	14.38	18.15
6	Domingo Paz - Colón	1	282	16.39	17.21
		2	243	15.82	15.36
7	15 de Abril - Ramón Rojas	1	322	17.47	18.43
		2	205	17.23	11.90
8	15 de Abril - Campero	1	279	17.90	15.58
		2	229	18.17	12.61
9	15 de Abril - Daniel Campos	1	219	15.74	13.91
		2	277	16.97	16.33
10	Av. La Paz - Av. Potosí	1	340	18.04	18.85
		2	403	18.37	21.94
		3	416	18.10	22.98
		4	397	17.93	22.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.67 Resultados de densidad de los puntos 11 al 20

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)
11	Av. La Paz - Av. Bolívar	1	473	17.73	26.68
		2	450	18.07	24.90
		3	313	17.76	17.63
12	Av. La Paz - Av. Belgrano	1	368	18.28	20.13
		2	317	18.87	16.80
		3	273	17.84	15.31
		4	441	18.67	23.62
13	Mejillones - Av. Circunvalacion	1	784	28.78	27.24
		2	758	28.65	26.46
		3	260	28.61	9.09
		4	259	29.21	8.87
14	Mejillones - 4 de Julio	1	388	25.15	15.43
		2	405	20.59	19.67
		3	365	19.39	18.83
15	Mejillones - Ayoroa	1	261	25.74	10.14
		2	165	25.02	6.60
16	Av. Padilla - La Madrid	1	156	26.42	5.91
		2	396	24.99	15.85
17	Av. Padilla - Av. Belgrano	1	253	25.00	10.12
		2	504	25.49	19.78
		3	164	23.78	6.90
18	Av. Padilla - Av. Víctor Paz Estensoro	1	439	26.81	16.37
		2	392	32.71	11.99
		3	882	31.56	27.95
		4	705	32.36	21.79
		5	1198	36.47	32.85
		6	788	31.52	25.00
19	Sucre - Av. Bolivar	1	307	16.90	18.16
		2	334	14.88	22.45
20	Sucre - La Madrid	1	379	16.85	22.49
		2	264	17.22	15.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.68 Resultados de densidad de los puntos 21 al 30

Puntos de Aforo	Intersección	Accesos	Volumen (veh/h)	Velocidad (km/h)	Densidad (veh/km)
21	Sucre - Av. Víctor Paz Estensoro	1	522	20.02	26.07
		2	817	19.36	42.19
		3	965	40.77	23.67
		4	654	32.94	19.85
		5	889	34.58	25.71
22	Av. Víctor Paz Estensoro - Puente San Martín	1	695	42.18	16.48
		2	783	30.64	25.56
		3	1406	16.53	85.06
		4	863	31.47	27.42
23	Av. Víctor Paz Estensoro - Av. Guadalquivir	1	648	42.43	15.27
		2	230	17.10	13.45
		3	771	32.55	23.68
		4	422	31.81	13.27
24	Av. Víctor Paz Estensoro - Froilán Tejerina	1	1138	24.07	47.28
		2	866	27.72	31.24
25	Av. Jaime Paz Zamora - Av. Alto de la Alianza	1	395	33.07	11.95
		2	1267	36.53	34.68
		3	435	18.45	23.57
		4	804	37.02	21.72
		5	660	32.26	20.46
26	Av. Font - Av. Defensores del Chaco	1	489	21.75	22.48
		2	286	22.68	12.61
		3	294	20.82	14.12
27	Av. Font - Av. Circunvalación	1	329	21.93	15.00
		2	661	32.32	20.45
		3	597	31.35	19.04
28	Av. Circunvalación - Froilán Tejerina	1	763	27.93	27.32
		2	600	27.11	22.13
		3	873	29.17	29.93
		4	727	29.42	24.71
29	Av. Circunvalación - Colón	1	882	32.45	27.18
		2	400	30.52	13.10
		3	900	31.94	28.18
		4	378	27.15	13.92
30	Av. Circunvalación - Av. La Paz	1	935	24.29	38.49
		2	348	26.46	13.15
		3	925	26.38	35.07
		4	421	29.67	14.19

Fuente: Elaboración propia

3.4 Velocidades de diseño de cada calle y avenida

Puntos en donde la velocidad de diseño por la zona céntrica es de 20 km/h como se muestra en la figura 3.66 los vehículos transitan en orden a la velocidad de diseño por cada uno de los puntos medidos, siendo necesario la colocación de señales verticales de velocidades de diseño para tener conocimiento los usuarios a qué velocidad recorrer por las calles y no generar accidentes, calles donde hay gran movimiento de peatones.

Figura 3.66 Señales de velocidad de diseño en calles céntricas



Fuente: Elaboración propia

Puntos medidos (fig. 3.67), en donde no tienen señales verticales restrictivas de velocidades de diseño por la avenida Circunvalación, siendo estas señales necesarias debido a que los usuarios se mueven con velocidades entre los 20 y 30 km/h por toda la avenida, algunos sobrepasan los 30 km/h donde se podrían generar accidentes en algunas ocasiones. Una única señal es la que está ubicada en la calle Colón como se muestra en la figura 3.67 señal ubicada en zona de un colegio.

Figura 3.67 Señales de velocidad de diseño en el área de estudio avenida Circunvalación, Mejillones



Fuente: Elaboración propia

Velocidades de diseño de 20 km/h y 40 km/h ubicadas en la avenida Víctor Paz Estensoro tanto de ida como de vuelta, en el punto 24 las velocidades están entre los 20 y 30 km/h, en los puntos 21, 22 y 23 las velocidades de los usuarios están entre los 30 y 40 km/h. entre los puntos 22 y 23 existe señal horizontal y vertical de velocidad de diseño de 20 km/h y es donde los usuarios de los vehículos sobrepasan esa velocidad.

Figura 3.68 Señales de velocidad de diseño en Av. Víctor Paz E.



Fuente: Elaboración propia

Velocidad de diseño por la avenida Circunvalación es de 20 km/h y 30 km/h, donde algunos usuarios de los vehículos sobrepasan ese límite de velocidad. En la avenida Víctor Paz Estensoro la velocidad de diseño es de 40 km/h en el punto 18. En las avenida La Paz (puntos 30, 10, 11, 12), Font (25, 26, 27) y Padilla (16, 17), no se tienen señales verticales de velocidades de diseño, siendo éstas necesarias para que los usuarios tengan en cuenta a que velocidad circular y que no se generen accidentes por velocidades elevadas en las vías urbanas.

Figura 3.69 Señales de velocidad de diseño en el área de estudio de las avenidas Circunvalación, La Paz, Font, Padilla, Víctor Paz E.



Fuente: Elaboración propia

3.5 Evaluación del estado de la infraestructura vial en el área de estudio

A continuación se detallarán las fallas del pavimento en los puntos de estudio, en Anexo 11 se muestran con fotografías detalladas de cada intersección las fallas que presentan.

Tabla 3.69 Fallas en el pavimento de los puntos de estudio

Intersección	Tipo de falla en el pavimento
Cochabamba-Ballivian	Fisuras transversales y longitudinales, desintegración por rotura de bordes, piel de cocodrilo, baches, ahuellamientos pequeños, corrugación, corrimientos, hinchamiento, desintegración del material
Cochabamba-General Trigo	Ahuellamiento, exudación, desgaste
Cochabamba-Colón	Baches, desgaste, desprendimiento de material superficial, exudación
Domingo Paz-Campero	Fisura longitudinal, fisura en bloque, bache reparado, desprendimiento del material, piel de cocodrilo, desintegración por rotura de bordes
Domingo Paz-General Trigo	Hundimiento, desgaste, fisura longitudinal, grietas de contracción, desintegración por rotura de bordes, piel de cocodrilo
Domingo Paz-Colón	Piel de cocodrilo, desintegración por rotura de bordes, exudación, desgaste
15 de Abril-Ramón Rojas	Desintegración por rotura de bordes, parche deteriorado, exudación, desgaste
15 de Abril-Campero	Parche deteriorado, exudación, desgaste
15 de Abril-Daniel Campos	Exudación, parche deteriorado, corrugación, falla por exudación de agua/bombeo por la presencia de finos
Av. La Paz-Av. Potosí	Exudación, desgaste
Av. La Paz-Av. Bolívar	Desintegración por baches, exudación, desgaste, fisura en bloque, desintegración por desprendimiento-descubrimiento de agregados

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.70 Fallas en el pavimento de los puntos de estudio

Intersección	Tipo de falla en el pavimento
Av. La Paz-Av. Belgrano	Exudación, desgaste, desintegración por baches, fisura transversal, hundimiento
Mejillones-Av. Circunvalación	Desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados, hundimiento, piel de cocodrilo, fisura transversal, desintegración por baches, corrugación, exudación, desgaste, defecto de juntas por desportillamiento, hinchamiento, corrimiento, fisuras en bloque
Mejillones-4 de Julio	Hundimiento, desintegración por baches, desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados, exudación, desgaste
Mejillones-Ayoroa	Desgaste
Av. Padilla-La Madrid	Fisura longitudinal, defecto estructural por fisura errática o inducida, desintegraciones por desprendimiento/descubrimiento de agregados, piel de cocodrilo, parche deteriorado
Av. Padilla-Av. Belgrano	Parche deteriorado, hundimiento, piel de cocodrilo, desgaste, desintegración por pulimiento de la superficie, levantamiento del pavimento, exudación
Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro	Desintegración por pulimiento de la superficie, fisura transversal, fisura longitudinal, fisuras en bloque, parche deteriorado, corrimiento, escalonamiento de juntas y grietas, desgaste, desintegración por baches, piel de cocodrilo, hinchamiento
Sucre-Av. Bolívar	Exudación, desgaste, baches, desintegración por pulimiento de la superficie, defectos estructurales por fisura errática o inducida, piel de cocodrilo, desintegración por rotura de bordes
Sucre-La Madrid	Exudación, parche deteriorado
Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro	Desintegración por estría longitudinal, exudación, desgaste, desintegración por pulimiento de la superficie, fisura longitudinal, parche deteriorado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.71 Fallas en el pavimento de los puntos de estudio

Intersección	Tipo de falla en el pavimento
Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín	Fisura longitudinal, ahuellamiento, piel de cocodrilo, fisura transversal, desintegración por pulimiento de la superficie, parche deteriorado, desgaste, hinchamiento, desintegración por estría longitudinal, desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados, exudación
Av. Víctor Paz Estensoro-Av. Guadalquivir	Desintegración por pulimiento de la superficie, desgaste, parche deteriorado, exudación
Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina	Baches, desgaste, exudación
Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza	Hundimiento, fisura longitudinal, exudación, desgaste, fisura en bloque, piel de cocodrilo, parche deteriorado, fisura transversal, desintegración por pulimiento de la superficie
Av. Font-Av. Defensores del Chaco	Desintegración por pulimiento de la superficie, parche deteriorado, desgaste, fisura transversal, hundimiento, fisura en bloque
Av. Font-Av. Circunvalación	Desgaste, desintegración por pulimiento de la superficie, piel de cocodrilo, fisura transversal, parche deteriorado, exudación
Av. Circunvalación-Froilán Tejerina	Desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados, fisura longitudinal, piel de cocodrilo, fisura en bloque, desgaste, corrimiento
Av. Circunvalación-Colón	Piel de cocodrilo, desintegración por pulimiento de la superficie, parche deteriorado, exudación, desgaste, desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados, baches, fisuras longitudinales y transversales, corrimiento, defecto de juntas por deficiencia en el material de sello
Av. Circunvalación-Av. La Paz	Desgaste, desintegración por rotura de bordes, piel de cocodrilo, parche deteriorado, fisura transversal, corrimiento, fisura longitudinal, fisuras en bloque, desintegración por pulimiento de la superficie, exudación, bache, desintegración por desprendimiento/descubrimiento de agregados

Fuente: Elaboración propia

3.6 Detalle de la señalización horizontal, vertical y semaforización en el área de estudio

A continuación se detallarán la señalización en los puntos de estudio, en Anexo 12 se muestran fotografías detalladas de cada intersección.

Tabla 3.72 Señalización en el área de estudio

Intersección	Señalización
Cochabamba-Ballivian	Señal restrictiva (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Cochabamba-General Trigo	Señal restrictiva (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Cochabamba-Colón	Señal restrictiva (2), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Domingo Paz-Campero	Señal restrictiva (3), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Domingo Paz-General Trigo	Señal restrictiva (3), señal preventiva (1), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Domingo Paz-Colón	Señal restrictiva (1), señal informativa (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
15 de Abril-Ramón Rojas	Señal restrictiva (1), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal
15 de Abril-Campero	Señal horizontal paso peatonal y velocidad de diseño, semáforos
15 de Abril-Daniel Campos	Señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. La Paz-Av. Potosí	Señal informativa (2), señal restrictiva (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. La Paz-Av. Bolívar	Señal informativa (2), señal restrictiva (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. La Paz-Av. Belgrano	Señal restrictiva (4), señal informativa (3), señal horizontal paso peatonal, semáforos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.73 Señalización en el área de estudio

Intersección	Señalización
Mejillones-Av. Circunvalación	Señal informativa (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Mejillones-4 de Julio	Señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Mejillones-Ayoroa	Señal restrictiva (1)
Av. Padilla-La Madrid	Señal restrictiva (1), señal horizontal paso peatonal
Av. Padilla-Av. Belgrano	Señal restrictiva (3), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal
Av. Padilla-Av. Víctor Paz Estensoro	Señal restrictiva (2), señal informativa (1), señal preventiva (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Sucre-Av. Bolívar	Señal restrictiva (1), señal horizontal paso peatonal y velocidad de diseño, semáforos
Sucre-La Madrid	Señal restrictiva (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro	Señal informativa (2), señal restrictiva (4), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín	Señal preventiva (1), señal informativa (3), señal restrictiva (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Víctor Paz Estensoro-Av. Guadalquivir	Señal restrictiva (5), señal preventiva (2), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Víctor Paz Estensoro-Froilán Tejerina	Señal restrictiva (4), señal preventiva (3), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.74 Señalización en el área de estudio

Intersección	Señalización
Av. Jaime Paz Zamora-Av. Alto de la Alianza	Señal restrictiva (6), señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Font-Av. Defensores del Chaco	Señal horizontal paso peatonal
Av. Font-Av. Circunvalación	Señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Circunvalación-Froilán Tejerina	Señal informativa (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Circunvalación-Colón	Señal informativa (2), señal horizontal paso peatonal, semáforos
Av. Circunvalación-Av. La Paz	Señal informativa (1), señal horizontal paso peatonal, semáforos

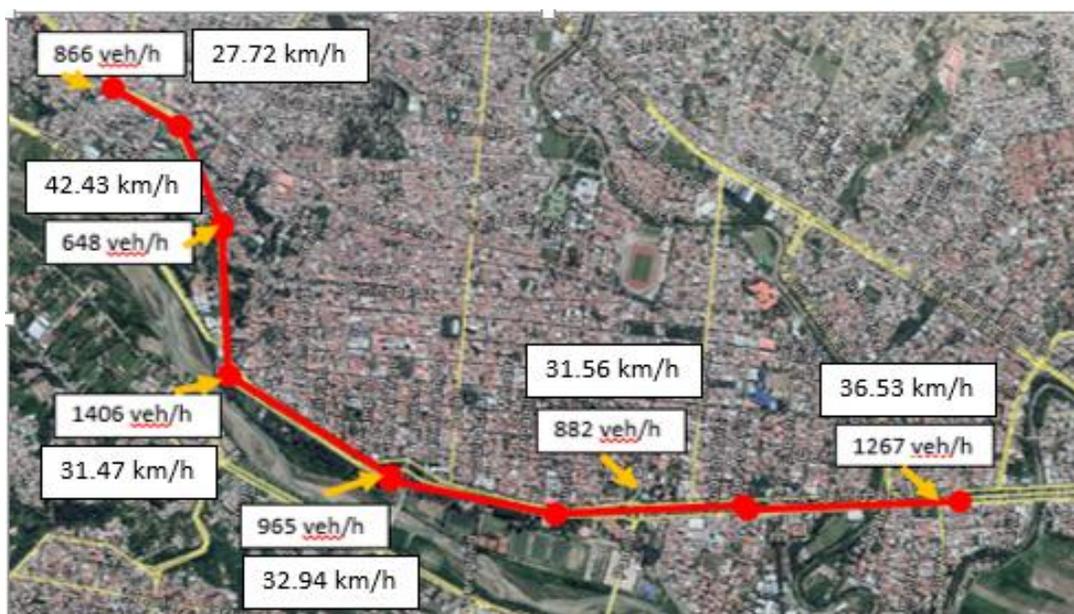
Fuente: Elaboración propia

3.7 Determinación de redes de flujo urbano

Para analizar el tráfico, se ubicó tramos en donde se notó un mayor movimiento de tráfico en la parte de la ciudad, para proceder a hacer el cálculo de la capacidad y nivel de servicio que tienen las calles que se están analizando.

A continuación se muestran los tramos que se observaron para el análisis respectivo:

Figura 3.70 Red de flujo 1 - Ida



Tramo: Av. Panamericana-Víctor Paz Estensoro-Jaime Paz Zamora (norte-sur) – Ida

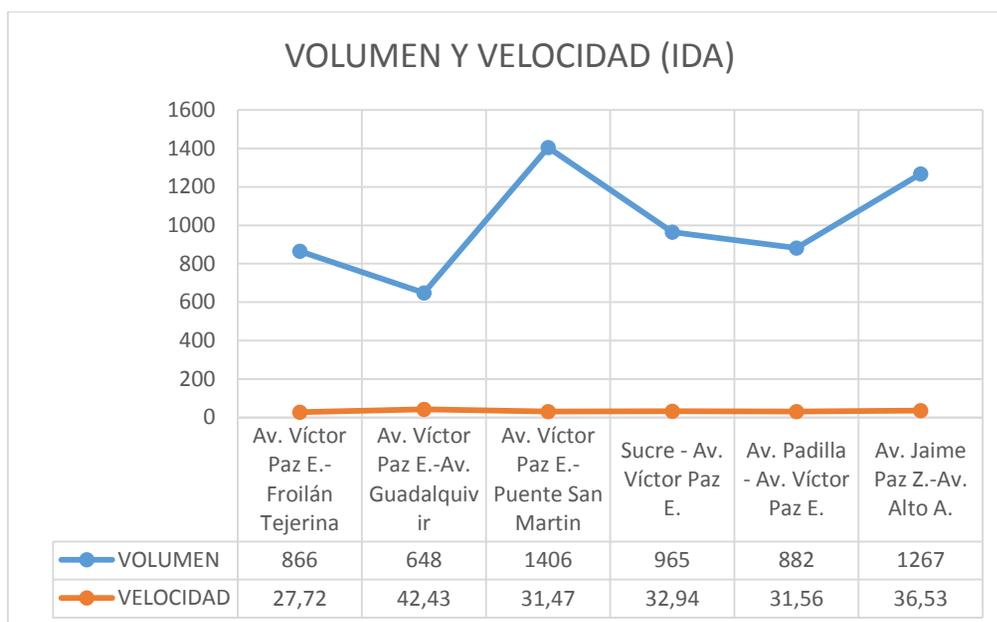
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.75 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 1 - Ida

Ida	
Velocidad (Km/H)	Volumen (Veh/H)
27.72	866
42.43	648
31.47	1406
32.94	965
31.56	882
36.53	1267
Volumen Máximo=	1406
Volumen Mínimo=	648
Volumen Medio=	1006
Velocidad Máxima=	42.43
Velocidad Mínima=	27.72
Velocidad Media=	33.78

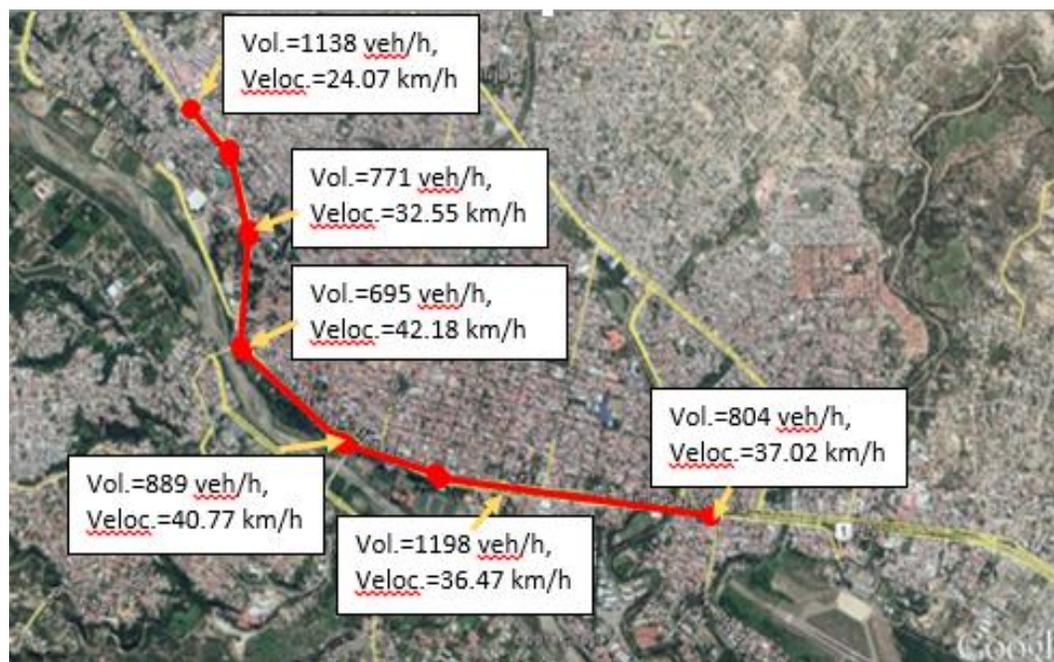
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.71 Volumen y velocidad en la red de flujo 1 - Ida



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.72 Red de flujo 1 - Vuelta



Tramo: Av. Panamericana-Víctor Paz Estensoro-Jaime Paz Zamora (sur-norte) – Vuelta

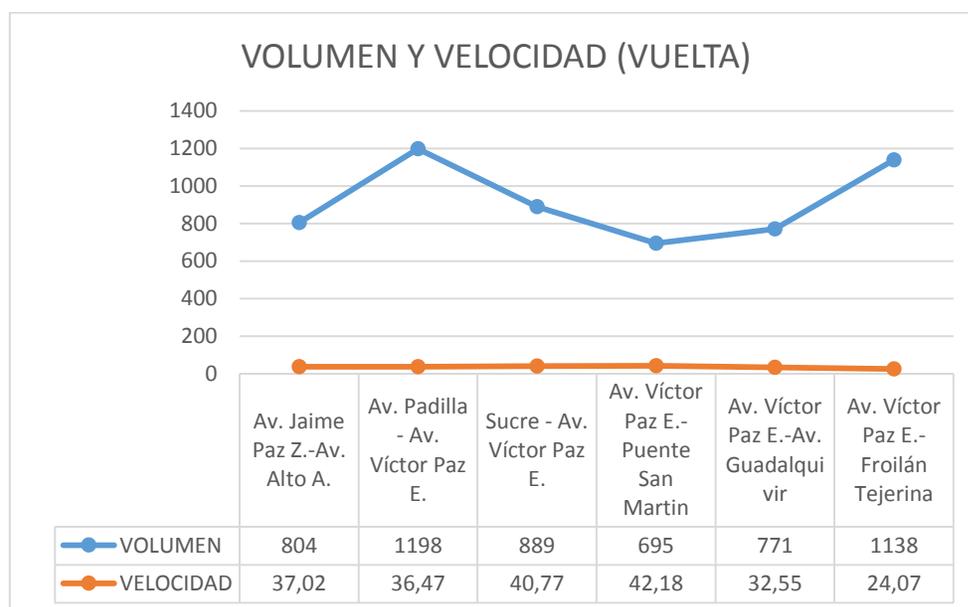
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.76 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 1 - Vuelta

Vuelta	
Velocidad (Km/H)	Volumen (Veh/H)
37.02	804
36.47	1198
40.77	889
42.18	695
32.55	771
24.07	1138
Volumen Máximo=	1198
Volumen Mínimo=	695
Volumen Medio=	916
Velocidad Máxima=	42.18
Velocidad Mínima=	24.07
Velocidad Media=	35.51

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.73 Volumen y velocidad en la red de flujo 1 - Vuelta



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.74 Red de flujo 2 - Ida



Tramo: Av. Circunvalación (norte-sur) – Ida

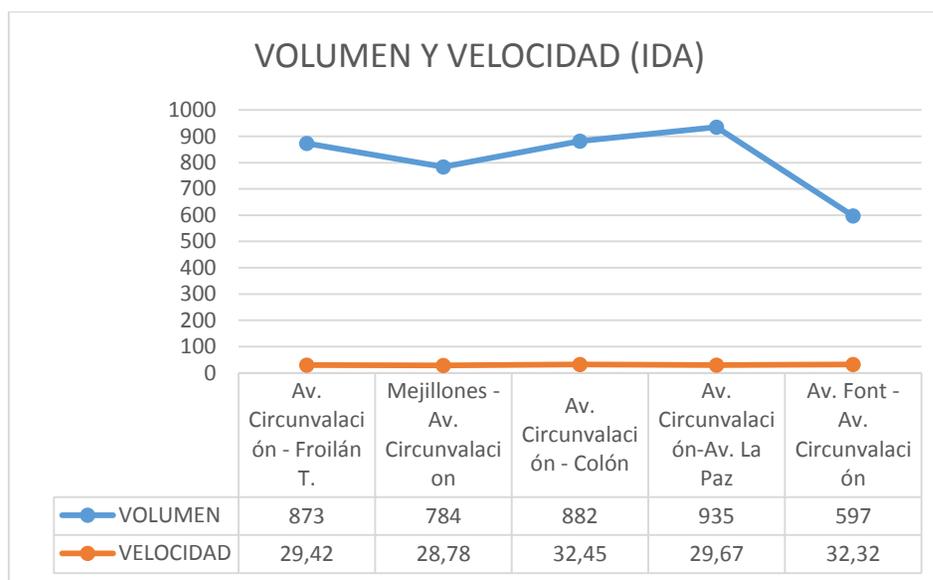
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.77 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 2 - Ida

Ida	
Velocidad (Km/H)	Volumen (Veh/H)
29.42	873
28.78	784
32.45	882
29.67	935
32.32	597
Volumen Máximo=	935
Volumen Mínimo=	597
Volumen Medio=	814
Velocidad Máxima=	32.45
Velocidad Mínima=	29.42
Velocidad Media=	30.53

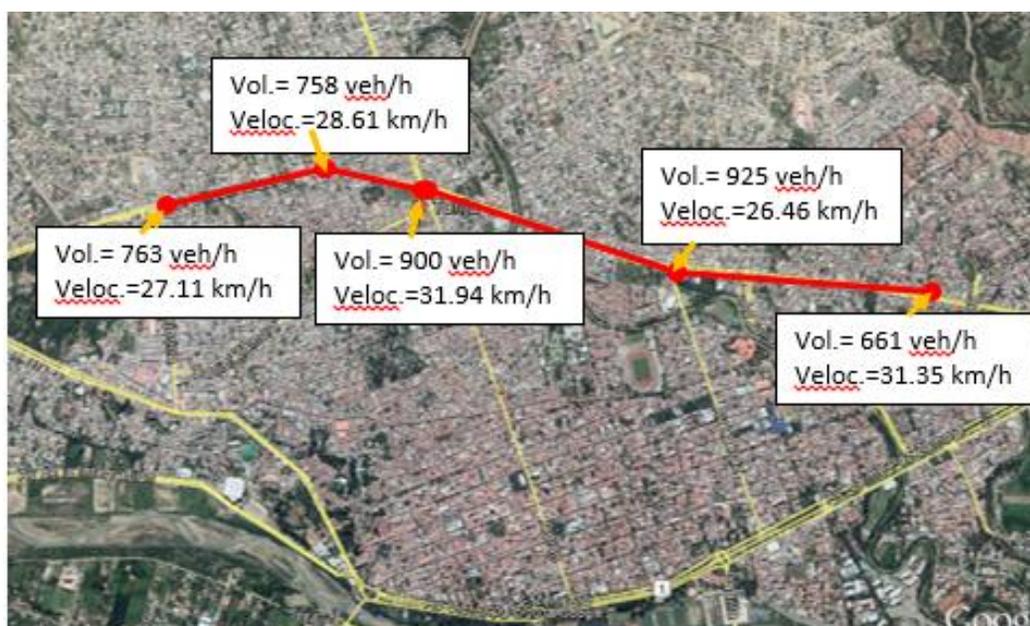
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.75 Volumen y velocidad en la red de flujo 2 - Ida



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.76 Red de flujo 2 - Vuelta



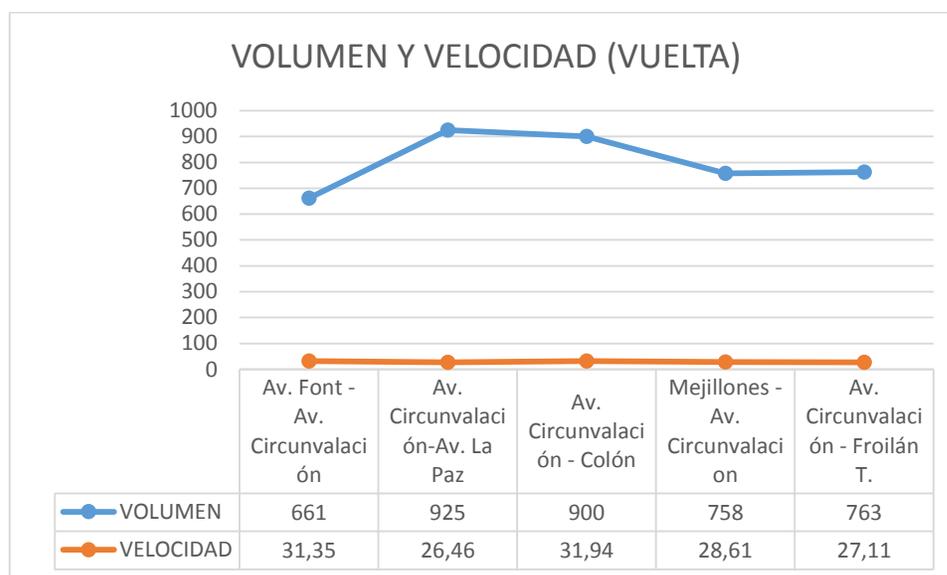
Tramo: Av. Circunvalación (sur-norte) – Vuelta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.78 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 2 - Vuelta

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.77 Volumen y velocidad en la red de flujo 2 - Vuelta



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.78 Red de flujo 3

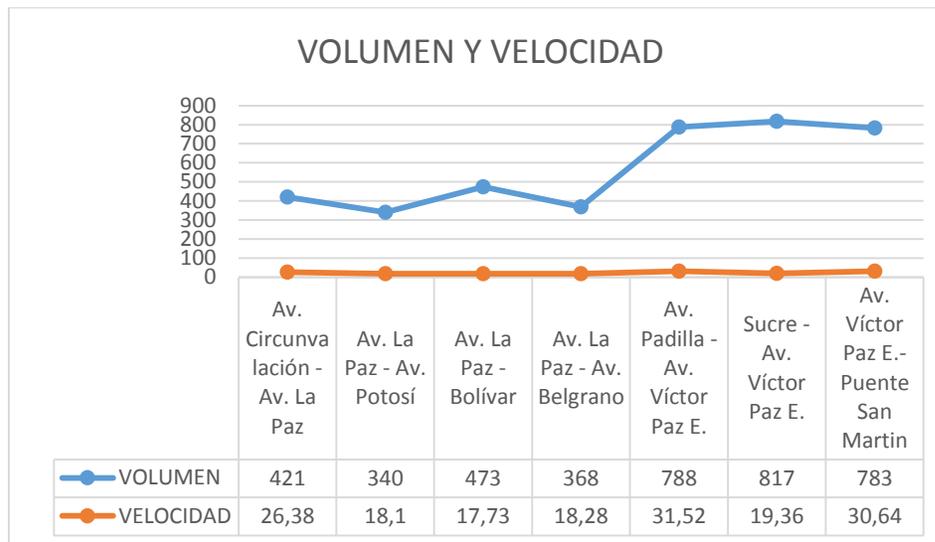
Tramo: Av. La Paz-Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín (este-oeste-norte)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.79 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 3

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.79 Volumen y velocidad en la red de flujo 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.80 Red de flujo 4

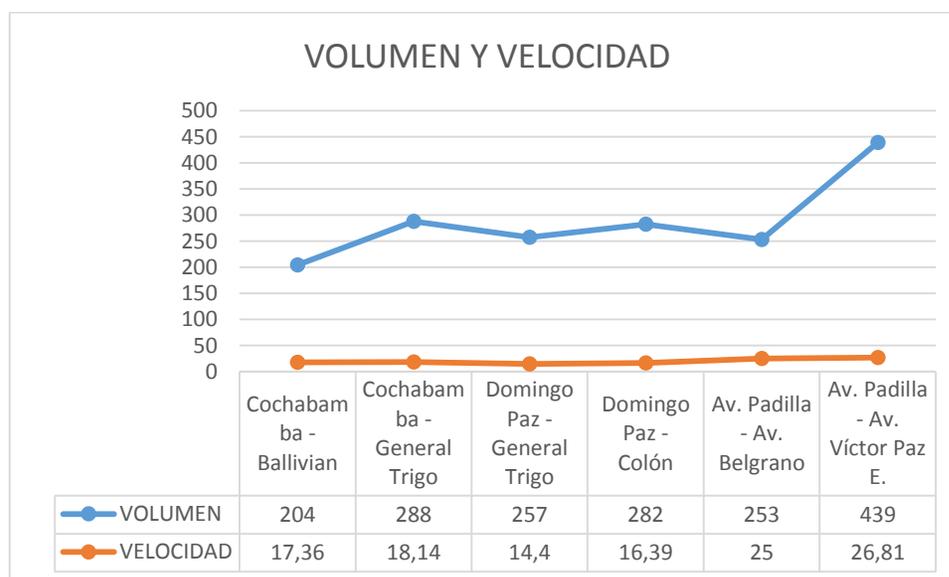
Tramo: Av.Cochabamba-General Trigo-Domingo Paz-O'Connor-Belgrano-Av. Padilla

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.80 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 4

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.81 Volumen y velocidad en la red de flujo 4



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.82 Red de flujo 5

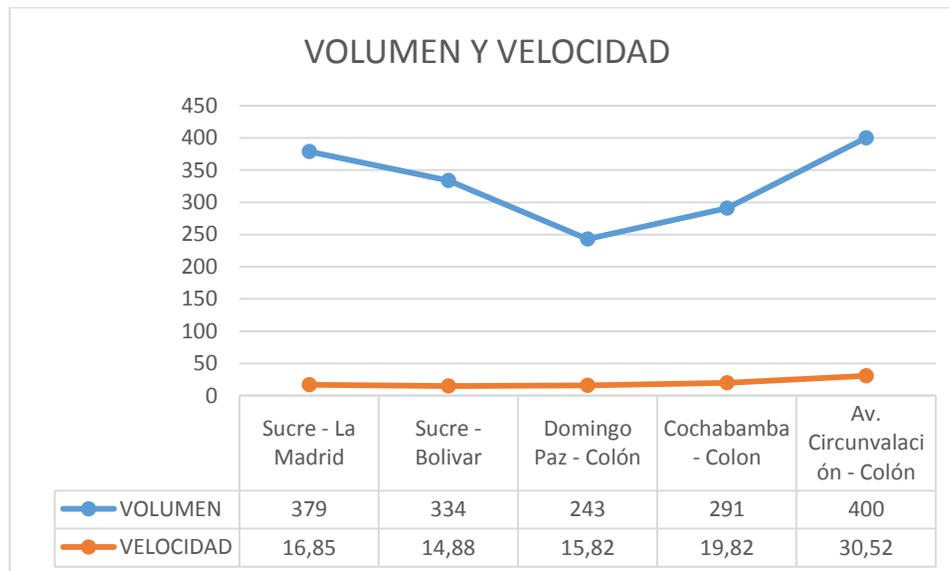
Tramo: C/ Sucre-Domingo Paz-Colón (oeste – este)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.81 Volúmenes y velocidades en la red de flujo 5

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.83 Volumen y velocidad en la red de flujo 5



Fuente: Elaboración propia

3.7.1 Evaluación de redes de flujo

3.7.1.1 Capacidad vehicular en las redes presentes

Cálculo de capacidad

Para el cálculo de cada una de las capacidades de los tramos más críticos, se realizó con el método HCM 2000 del manual de los EEUU de vías interrumpidas, para cada red de flujo 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 en nuestro medio.

Con ese método se analizó cada tramo fijado como análisis, que nos servirá para el cálculo del nivel de servicio con el cual cuentan las vías.

Se tomará en cuenta el % de vehículos pesados, si existe parada antes y después de la intersección, si existe estacionamiento en cada intersección para el cálculo de la capacidad.

Se justifican los factores de giros izquierda y derecha, para el cálculo que se tomaron en los tramos estudiados como los valores más críticos de giros de 20%. En casos donde

haya los giros en izquierda y derecha, se tomó el más conflictivo que sería izquierda poniendo 20% de factor giro izquierda en esos lugares. En caso de no haber giros izquierda se colocó como 20% para los giros derecha.

Tramo: Red de flujo 1 (Ida)

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni después de la intersección

Volumen total horario= 1406 veh/h

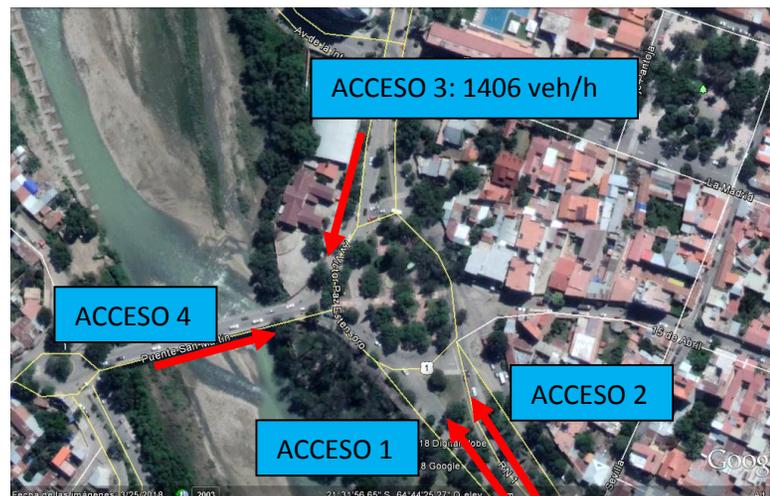
Ancho del acceso = 9 m

% GI = 2.84 %

% GD = 35.35 %

% Vehículos pesados= 2.46 %

Figura 3.84 Mayor volumen del tramo: puente San Martín



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.85 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 2400 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica= 2160 veh/h

Factores**Por giro derecho**

% GD = 35.35 %

$$\% \text{ GD} > 20 \longrightarrow F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 0.9$$

Por giro izquierdo

% GI = 2.84 %

$$\% \text{ GI} < 10 \longrightarrow F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 1$$

Por vehículos pesados

% Veh.Pes = 2.46 %

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \longrightarrow F_{veh.pes.} = \% \text{VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{VP}}{100} \right) = 1$$

Por paradas antes de la intersección

Fai= 1

Por paradas después de intersección

$$Fdi = 1$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap. pr\u00e1c.} \cdot fvp \cdot fai \cdot fdi \cdot fgi \cdot fgd$$

$$\text{Cap. real} = 1944 \text{ veh/h}$$

C\u00e1lculo entre relaci\u00f3n volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario = 1406 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.72$$

C\u00e1lculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio: D

Tramo: Red de Flujo 1 (Vuelta)

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni despu\u00e9s de la intersecci\u00f3n

Volumen total horario = 1198 veh/h

Ancho del acceso = 8.20 m

% GI = 13.61 %

% GD = 9.02 %

% Veh\u00edculos pesados = 2.74 %

Figura 3.86 Mayor volumen del tramo: Av. Víctor Paz E.- Padilla



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de un acceso, sacado con la condición número 1.

Figura 3.87 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 2100 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica= 1890 veh/h

Factores

Por giro derecho

% GD = 9.02 %

$$\% \text{ GD} < 10 \longrightarrow F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 1$$

Por giro izquierdo

% GI = 13.61 %

$$\% \text{ GI} > 10 \longrightarrow F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 0.86$$

Por vehículos pesados

% Veh.Pes = 2.74 %

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \longrightarrow F_{veh.pes.} = \% \text{VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{VP}}{100} \right) = 1$$

Por paradas antes de la intersección

Fai= 1

Por paradas después de intersección

Fdi= 1

Capacidad-real

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap.prác.} * fvp * fai * fdi * fgi * fgd$$

Cap. real= 1625 veh/h

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario= 1198 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.74$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: D

Tramo: Red de Flujo 2 (Ida)

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni después de la intersección

Volumen total horario= 935 veh/h

Ancho del acceso = 8 m

% GI = 6.20 %

% GD = 9.52 %

% Veh. pesados= 5.11 %

Figura 3.88 Mayor volumen del tramo: Av.Circunvalación-Av.La Paz

Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.89 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 1800 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica = 1620 veh/h

Factores

Por giro derecho

% GD = 9.52 %

$$\% \text{ GD} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 1$$

Por giro izquierdo

% GI = 6.20 %

$$\% \text{ GI} < 10 \quad \longrightarrow \quad F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 1$$

Por vehículos pesados

% Veh.Pes = 5.11 %

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{veh.pes.} = \% \text{VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{VP}}{100} \right) = 1$$

No existe paradas antes ni después de la intersección.

$$F_{ai} = 1 ; F_{di} = 1$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap. pr\u00e1c.} * f_{vp} * f_{ai} * f_{di} * f_{gi} * f_{gd}$$

$$\text{Cap real} = 1620 \text{ veh/h}$$

C\u00e1lculo entre relaci\u00f3n volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario = 935 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.58$$

C\u00e1lculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: C

Tramo: Red de Flujo 2 (Vuelta)

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni despu\u00e9s de la intersecci\u00f3n

Volumen total horario = 925 veh/h

Ancho del acceso = 8 m

% GI = 5.30 %

% GD = 6.59 %

% Veh. pesados = 5.99 %

Figura 3.90 Mayor volumen del tramo: Av.Circunvalación-Av.La Paz

Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.91 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 1800 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica = 1620 veh/h

Factores

Por giro derecho

$$\% \text{ GD} = 6.59 \%$$

$$\% \text{ GD} < 10 \% \longrightarrow F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{ GD}}{100} \right) = 1$$

Por giro izquierdo

$$\% \text{ GI} = 5.30 \%$$

$$\% \text{ GI} < 10 \% \longrightarrow F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{ GI}}{100} \right) = 1$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh.Pes} = 5.99 \%$$

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \longrightarrow F_{veh.pes.} = \% \text{ VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{ VP}}{100} \right) = 1$$

No existe paradas antes ni después de la intersección.

$$F_{ai} = 1 ; \quad F_{di} = 1$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap.prác.} * f_{vp} * f_{ai} * f_{di} * f_{gi} * f_{gd}$$

$$\text{Cap real} = 1620 \text{ veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario = 925 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.57$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: C

Tramo: Red de Flujo 3

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni después de la intersección

Volumen total horario= 817 veh/h

Ancho del acceso = 10 m

% GI = 10.04 %

% GD = 11.38 %

% Veh. pesados= 0.23 %

Figura 3.92 Mayor volumen del tramo: Av. Víctor Paz E.-Sucre

Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.93 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 2700 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica = 2430 veh/h

Factores

Por giro derecho

% GD = 11.38 %

$$\% \text{ GD} > 10 \% \longrightarrow F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 0.94$$

Por giro izquierdo

% GI = 10.04 %

$$\% \text{ GI} > 10 \% \longrightarrow F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 0.90$$

Por vehículos pesados

% Veh.Pes = 0.23 %

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \longrightarrow F_{veh.pes.} = \% \text{VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{VP}}{100} \right) = 1$$

No existe paradas antes ni después de la intersección.

Fai= 1 ; Fdi= 1

Capacidad real

Cap. Real = Cap.prác.*fvp*fai*fdi*fgi*fgd

Cap real= 2055 veh/h

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario= 817 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.40$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: C

Tramo: Red de Flujo 4

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni después de la intersección

Volumen total horario= 439 veh/h

Ancho del acceso = 7.60 m

% GI = 46.70 %

% GD = 6.83 %

% Veh. pesados= 0.45 %

Figura 3.94 Mayor volumen del tramo: Av. Víctor Paz E.-Padilla

Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.95 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 1800 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica = 1620 veh/h

Factores

Por giro derecho

% GD = 6.83 %

$$\% \text{ GD} < 10 \% \longrightarrow F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 1$$

Por giro izquierdo

% GI = 46.70 %

$$\% \text{ GI} > 20 \% \longrightarrow F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 0.8$$

Por vehículos pesados

$$\% \text{ Veh.Pes} = 0.45 \%$$

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{veh.pes.}} = \%VP - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \%VP}{100} \right) = 1$$

No existe paradas antes ni después de la intersección.

$$F_{ai} = 1 \quad ; \quad F_{di} = 1$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = \text{Cap.prác.} * f_{vp} * f_{ai} * f_{di} * f_{gi} * f_{gd}$$

$$\text{Cap real} = 1296 \text{ veh/h}$$

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario = 439 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.34$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: B

Tramo: Red de Flujo 5

Datos:

Zona central con estacionamiento prohibido

No existe paradas antes ni después de la intersección

Volumen total horario = 400 veh/h

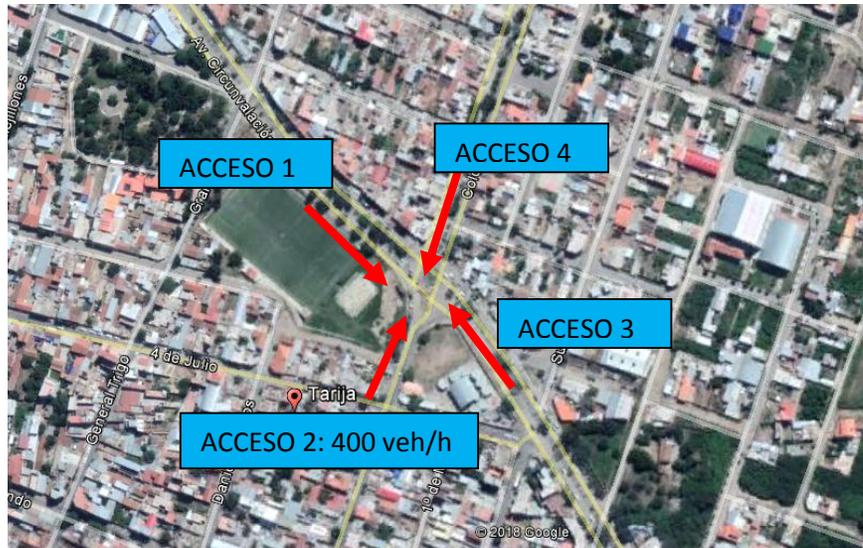
Ancho del acceso = 8 m

% GI = 20.25 %

% GD = 11.25 %

% Veh. pesados= 0.96 %

Figura 3.96 Mayor volumen del tramo: Av.Circunvalación-Colón



Fuente: Elaboración propia

Con el ancho del acceso donde se tiene el mayor volumen se obtiene capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Tránsito de dos accesos, sacado con la condición número 2.

Figura 3.97 Abaco para calcular la capacidad teórica

Fuente: Materia ingeniería de tráfico CIV – 611

Cap. Teórica= 1800 veh/h

Cap. prác.= Cap.teor.*0.9

Cap. Practica = 1620 veh/h

Factores

Por giro derecho

% GD = 11.25 %

$$\% \text{ GD} > 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{gd} = 1 - \left(\frac{0.5\% * \% \text{GD}}{100} \right) = 0.94$$

Por giro izquierdo

% GI = 20.25 %

$$\% \text{ GI} > 20 \% \quad \longrightarrow \quad F_{gi} = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{GI}}{100} \right) = 0.8$$

Por vehículos pesados

% Veh.Pes = 0.96 %

$$\% \text{ Veh.Pes} < 10 \% \quad \longrightarrow \quad F_{veh.pes.} = \% \text{VP} - 10\% = 1 - \left(\frac{1\% * \% \text{VP}}{100} \right) = 1$$

No existe paradas antes ni después de la intersección.

Fai= 1 ; Fdi= 1

Capacidad real

Cap. Real = Cap.prác.*fvp*fai*fdi*fgi*fgd

Cap real= 1218 veh/h

Cálculo entre relación volumen y capacidad: (V/C)

Volumen total horario= 400 veh/h

$$\frac{V}{C} = 0.33$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla 2.1 se tiene el nivel del servicio:

Nivel de servicio: B

3.8 Pasos peatonales

Pasos peatonales en los puntos de estudio, se observó que en muchas intersecciones de estudio los pasos peatonales se encuentran borrosos y son necesarios que se encuentren notorios a la vista de los usuarios de los vehículos para que estos tengan en cuenta que delante existe un cruce peatonal y se detengan antes de la línea de detención para dar lugar a los peatones y éstos puedan cruzar la calzada de manera segura y cómoda. A continuación se muestran en cada una de las intersecciones los pasos peatonales o pasos de cebra con los que deben contar para dar paso a los peatones (demarcados con líneas de color rojo).

Figura 3.98 Pasos peatonales Av. Circunvalación, Mejillones

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.99 Pasos peatonales zona centrica

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.100 Pasos peatonales Av. Padilla, Av. La Paz

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.101 Pasos peatonales Av. Jaime Paz Z., Av. Font

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.102 Pasos peatonales Av. Víctor Paz E. – Froilán Tejerina

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.103 Pasos peatonales Av. Víctor Paz E. – Av. Guadalquivir

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.104 Pasos peatonales Av. Víctor Paz E. – Puente San Martín

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.105 Pasos peatonales Sucre - Av. Víctor Paz E.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.106 Pasos peatonales Av. Padilla - Av. Víctor Paz E.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.107 Pasos peatonales Av. Circunvalación – Av. La Paz

Fuente: Elaboración propia

3.9 Presupuesto del área de estudio (señalización y semaforización)

Tabla 3.82 Items para señalización y semaforización

Item	Descripción	Unidad
1	Pintado de paso peatonal	m2
2	Pintado de línea de detención	m2
3	Pintado de flechas de giro	m2
4	Señalización vertical	pza
5	Semaforización	pza

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos métricos se encuentran en Anexo 13.

Precios Unitarios

Presupuesto General

Tabla 3.83 Presupuesto final señalización y semaforización

Item N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit. (Bs)	Precio Parcial (Bs)
1	Pintado de paso peatonal	m2	2664.00	770.75	2053267.16
2	Pintado de línea de detención	m2	315.80	770.75	243401.56
3	Pintado de flechas de giro	m2	312.50	770.75	240858.10
4	Señalización vertical	pza	88.00	1228.90	108142.78
5	Semaforización	pza	77.00	20956.16	1613624.24
Presupuesto Total (Bs) =					4259293.84

Fuente: Elaboración propia

3.10 Intersecciones conflictivas

Av. La Paz – Av. Belgrano

Un planteamiento que se le podría llegar a dar a esta intersección es la ubicación de las llamadas “orejas” en cada acceso, como un ejemplo que se muestra en la figura 3.108. Servirá para que se reduzca el ancho de la calzada y hacer más corto el cruce de los peatones para que estén menos tiempo en la calzada y crucen con seguridad evitando accidentes, reducirá también el radio de giro de los vehículos haciendo que estos reduzcan su velocidad, al mismo tiempo servirá para que se tengan más visibilidad los peatones a la hora de cruzar y los mismos usuarios de los vehículos tener presente a los peatones, se creara con las orejas zonas de estacionamiento para los vehículos siendo que en esta intersección existen vehículos estacionados en lugares donde no deben, existiendo la señal restrictiva de prohibido estacionar, por otra parte que den lugar al transporte público a que hagan uso de las paradas que existen en dicha intersección para que estacionen en el lugar indicado y los peatones tengan seguridad de usarlo. Restringir los giros izquierda de las calles que llegan a la Av. La Paz siendo las calles Av. Belgrano como se indica en la figura 3.108, que solo tengan giro derecha, el acceso 3 solo giro derecha y el acceso 4 giro derecha y de frente, para que se eviten los congestionamientos en horas pico ya que se cruzan de ambos accesos teniendo un volumen de giro izquierda del acceso 4 de 167 veh/h y del acceso 3 de 101 veh/h, donde quedan vehículos trancando el paso para los otros que

vienen del otro acceso desde la Av. La Paz queriendo circular con normalidad, con esto para poder lograr una movilización del tráfico con menos confrontaciones entre los vehículos al querer circular por esa intersección.

Figura 3.108 Planteamiento de solución Av. La Paz – Av. Belgrano

Fuente: Elaboración propia

Av. Víctor Paz Estensoro – Av. Guadalquivir

La colocación de reductores de velocidad debido a que en la avenida Víctor Paz Estensoro los vehículos circulan a velocidades elevadas que sobrepasan los 30 km/h, los reductores de velocidad ayudarán a reducir sus velocidades y evitar accidentes y que los peatones tengan más seguridad en cruzar la calzada.

Figura 3.109 Planteamiento de solución Av. Víctor Paz E. – Av. Guadalquivir

Fuente: Elaboración propia

Av. Víctor Paz Estensoro – Puente San Martín

La colocación de 2 reductores de velocidad elevados tipo trapezoidal que se podrán usar en la parte plana para paso peatonal en los accesos 3 y adyacente a él, que ayudaran a reducir las velocidades de los vehículos, en la zona existe un colegio siendo de seguridad estos mismos para que los estudiantes puedan cruzar a nivel de la acera y los vehículos reduzcan sus velocidades y no se produzcan accidentes. La colocación de una “oreja” en el sector de vendedoras de pasteles del puente San Martín que ayudara a reducir el largo del cruce peatonal y que los peatones estén un menor tiempo sobre la calzada para evitar atropello hacia ellos, ya que en ese lugar estacionan vehículos y no dan el espacio para que los peatones tengan la visibilidad de poder cruzar y sean vistos por los usuarios de los vehículos al momento del querer pasar por el paso peatonal, también la ubicación de un reductor de velocidad en el acceso 1 debido a que en esa avenida los vehículos sobrepasan los 40 km/h y algunos estacionan en el mismo paso peatonal y no dan la prioridad al peatón en el momento de que están por querer cruzar la calzada.

Figura 3.110 Planteamiento de solución Av. Víctor Paz E. – Puente San Martín

Fuente: Elaboración propia

Sucre – Av. Víctor Paz Estensoro

La colocación de reductor de velocidad en el acceso 3 debido a que los vehículos andan a velocidades que pasan los 30 km/h para ayudar a reducir la velocidad y que los peatones tengan seguridad al pasar por el paso peatonal, ubicación de un reductor de velocidad elevado tipo trapezoidal que servirá para paso peatonal a nivel de la acera en el acceso 5 que ayudará a reducir las velocidades de los vehículos, permitiendo circular a los peatones con más seguridad, ubicación de “orejas” en el acceso 4 y adyacente a él, reduciendo en ancho de la calzada como así también el largo del paso peatonal para que los peatones estén menos tiempo en la vía para evitar accidentes.

Figura 3.111 Planteamiento de solución calle Sucre – Av. Víctor Paz E.

Fuente: Elaboración propia

Av. Padilla – Av. Víctor Paz Estensoro

Una solución es la colocación de reductores de velocidad en los accesos como se muestran en la figura 3.112 donde los vehículos sobrepasan los 30 km/h, la colocación de “orejas” en los distintos puntos señalados en la figura 3.112. Que ayudará a reducir el largo del paso peatonal y tendrán más visibilidad los peatones a la hora de cruzar y ser vistos por los usuarios de los vehículos para que estén más precavidos sabiendo que hay peatones.

Figura 3.112 Planteamiento de solución Av. Padilla - Av. Víctor Paz E.

Fuente: Elaboración propia

Av. Circunvalación – Av. La Paz

La colocación de reductores de velocidad en los accesos 1 y 3 que ayudaran a reducir la velocidad de los vehículos cuando estos estén llegando a la intersección y se detengan antes del cruce peatonal, para que los peatones tengan más seguridad cuando estén cruzando. Pudiendo acondicionar la jardinera del medio de la calzada con adoquines para el descanso de los peatones cuando no puedan cruzar la totalidad de la intersección en los lugares señalados en la figura 3.113 que cuenten además con señales verticales restrictivas de velocidades de diseño.

Figura 3.113 Planteamiento de solución Av. Circunvalación – Av. La Paz

Fuente: Elaboración propia

Mejillones – Av. Circunvalación

Colocación de reductores de velocidad en los accesos 1 y 2 debido a que los vehículos llegan con grandes velocidades hacia la intersección, colocación de 2 “orejas” en el acceso 4 ya que el cruce peatonal es bastante largo y se evitará con las orejas tener un menor largo del paso peatonal y que estén menos tiempo sobre la calzada los peatones para que circulen con seguridad y tengan más visibilidad. Que se coloque adoquines en la zona señalada de color azul como se muestra en la figura 3.114 para descanso de los peatones en la jardinera del medio de la calzada, cuando no puedan cruzar la totalidad de la calle.

Figura 3.114 Planteamiento de solución Mejillones - Av. Circunvalación

Fuente: Elaboración propia

Av. Jaime Paz Zamora – Av. Alto de la Alianza

Colocación de reductores de velocidad en las accesos 2, 4 y 5 siendo estos lugares donde los vehículos circulan con velocidades elevadas, ayudando a reducir la velocidad dando más seguridad a los peatones cuando estén por cruzar el paso peatonal. Acondicionar el área señalada de color azul como se muestra en la figura 3.115 para los peatones.

Figura 3.115 Planteamiento de solución Av. Jaime Paz–Av. Alto de la Alianza

Fuente: Elaboración propia

3.11 Validación de sentidos de flujo

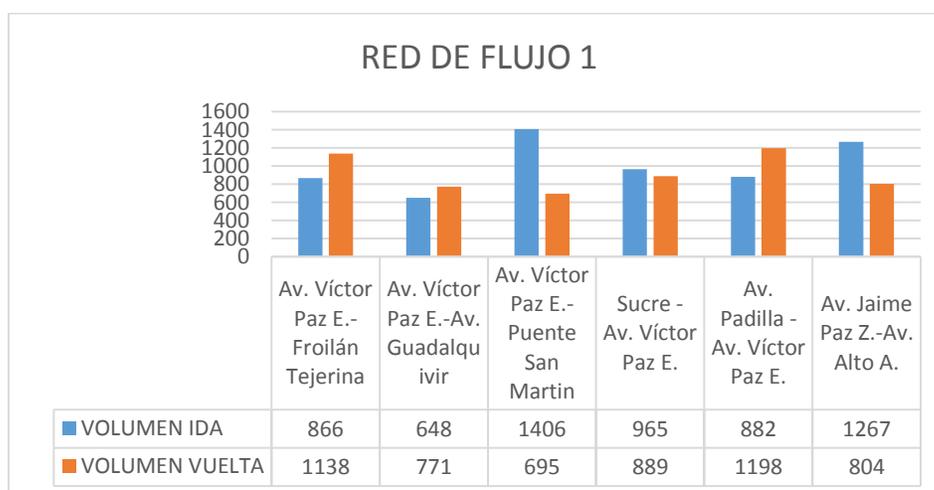
De cada uno de las redes estudiadas se tienen volúmenes de vehículos que circulan por cada acceso, para lo cual se verá si los sentidos ya asignados por medio de los volúmenes en las vías se pueden modificar o se mantendrán.

Red de flujo 1

Tabla 3.84 Volumen de red de flujo 1.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.116 Distribución de volúmenes red de flujo 1



Fuente: Elaboración propia

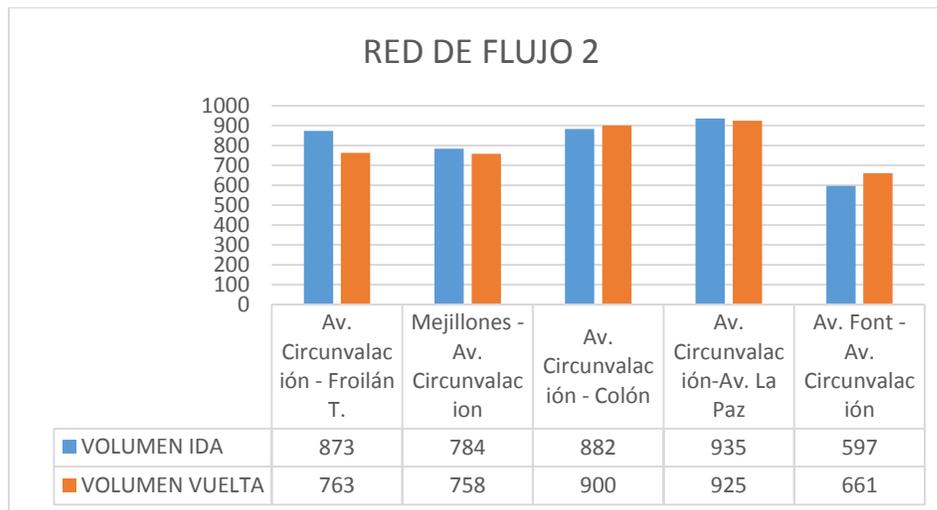
Se puede observar mientras se va avanzando en el tramo de la Av. Panamericana hasta la Av. Jaime Paz Zamora, la distribución de volúmenes a lo largo de las calles se comparten en una manera regular debido a que estas calles forman la parte perimetral del centro de la ciudad de Tarija y son las que conectan al centro de la ciudad generando gran movimiento vehicular, teniendo en algunas horas congestionamientos, causados por los usuarios de los vehículos al querer adelantarse, al estacionar en lugares donde no está permitido. Manteniendo esos márgenes de volúmenes por los accesos estudiados y en los mismos sentidos.

Red de flujo 2

Tabla 3.85 Volumen de red de flujo 2.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.117 Distribución de volúmenes red de flujo 2



Fuente: Elaboración propia

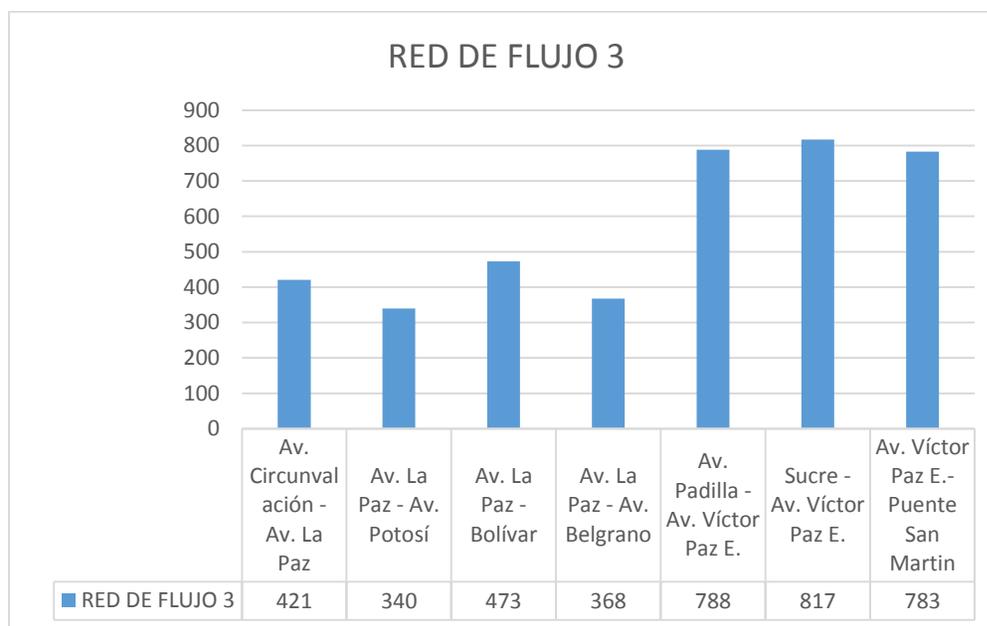
Teniendo los volúmenes de todo el tramo analizado, se tiene una distribución de volúmenes en todo el tramo de manera adecuada y se nota gran movimiento de vehículos debido a que es una avenida perimetral de la ciudad de Tarija, que conecta de norte a sur o viceversa, para poder transportar vehículos pesados de gran carga y poder salir hacia las afuera de la ciudad y que no ingresen por el centro lo que podría causar disminución de velocidades, retrasos en los viajes que hacen los usuarios, también esas avenidas se conectan con calles que ingresan hacia el centro de la ciudad. Se podrá mantener los sentidos de los volúmenes a lo largo del tramo de cada acceso porque se nota gran movimiento de volúmenes de manera adecuada.

Red de flujo 3

Tabla 3.86 Volumen de red de flujo 3.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.118 Distribución de volúmenes red de flujo 3



Fuente: Elaboración propia

Se nota el cambio de volumen que se tiene en calles céntricas, como las que se tienen en este tramo, las calles céntricas están más pendientes a demoras en los viajes de circulación debidas a paradas mismas de los micros en cualquier lugar, colas que se forman como en

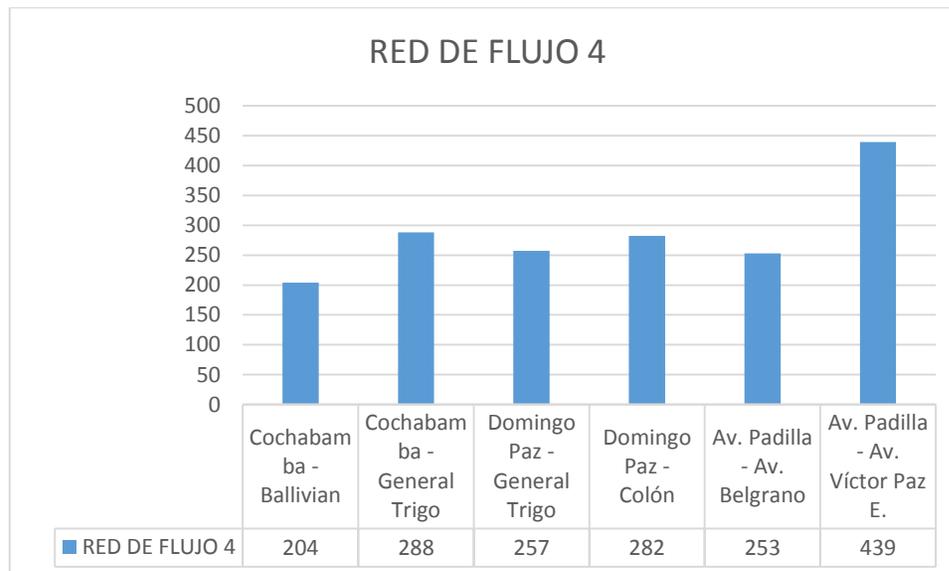
la calle Belgrano y Av. La Paz, por los giros que se tiene por todos los accesos de esa intersección que provoca que los usuarios por querer ir de forma rápida o se cruzan, hace que se formen las colas, los volúmenes que se encuentran por las avenidas Víctor Paz E. circulan en alguna manera de forma más rápida y conforme a las calles céntricas. Manteniendo los sentidos de circulación en los accesos.

Red de flujo 4

Tabla 3.87 Volumen de red de flujo 4.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.119 Distribución de volúmenes red de flujo 4



Fuente: Elaboración propia

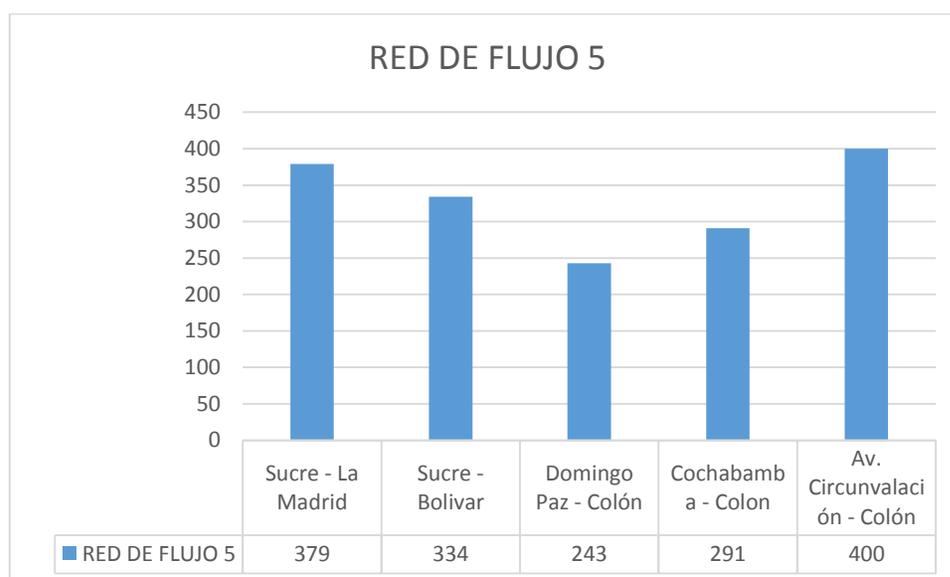
Las intersecciones de este tramo tienen volúmenes bien distribuidos por las horas pico en las que se tomó las medidas, tienen movimientos uniformes en los accesos estudiados y mientras se va saliendo del tramo se ve un aumento del volumen debido a que éste se conectará a una avenida que hace que se pueda maniobrar de manera más rápida hacia los lugares que se quieran ir y poder llegar a destino. Estas calles son casi todas en un solo sentido, la única calle doble sentido llegaría a ser la avenida Padilla que llega hasta la calle Belgrano, esa calle, tiene un poco de variación en los volúmenes pero no en gran cantidad, llegando a que se mantengan los flujos de volúmenes por ese tramo.

Red de flujo 5

Tabla 3.88 Volumen de red de flujo 5.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.120 Distribución de volúmenes red de flujo 5



Fuente: Elaboración propia

Lo mismo ocurre en este tramo, como en el tramo 4, los volúmenes en calles céntricas están distribuidos si se puede decir de manera ordenada en cada acceso, una vez que se sale de las calles céntricas se nota el cambio de volumen que hay al querer salir hacia las afueras para poder transportarse de manera más rápida y en menos tiempo, al no estar en medio de colas formadas por parada de algunos vehículos que la hacen en medio de la

calzada. Los accesos son en un solo sentido, se mantendrá los sentidos de circulación en el tramo.

3.12 Proposición de redes de flujo urbano

El planteamiento ya calculado en el punto 3.7.1 de cada una de las redes tomadas para estudio de volúmenes y capacidades de cada tramo, se obtuvo resultados que muestran que cada uno de los accesos muestra una serviciabilidad normal y aceptable para el transporte en las horas de gran circulación por las vías.

Las redes planteadas forman y llevan a poder transportarse a los usuarios a sus destinos los cuales ellos se dirigen, engloban parámetros similares en los puntos que se encuentran dentro del tramo de estudio.

Se optaran por mantener las redes marcadas del estudio, de norte a sur, y de este a oeste, pudiendo transitar por cada una de ellas.

Unas de las redes que se proponen se muestran a continuación:

- Calle Sucre continuar por la Cochabamba hasta llegar a toda la Av. Panamericana.
- Av. La Paz, Av. Bolívar hasta la calle Colón y salir a la Circunvalación.
- Calle 15 de abril, Av. Belgrano, llegar a la Av. La Paz, salir a la circunvalación, que se dirija por la calle Froilán Tejerina hasta salir a la Av. Panamericana, llegar al puente San Martín y unirse de nuevo a la calle 15 de abril.

Haciendo el mismo seguimiento de aforos, utilizando el mismo método usado, para realizar las redes propuestas.

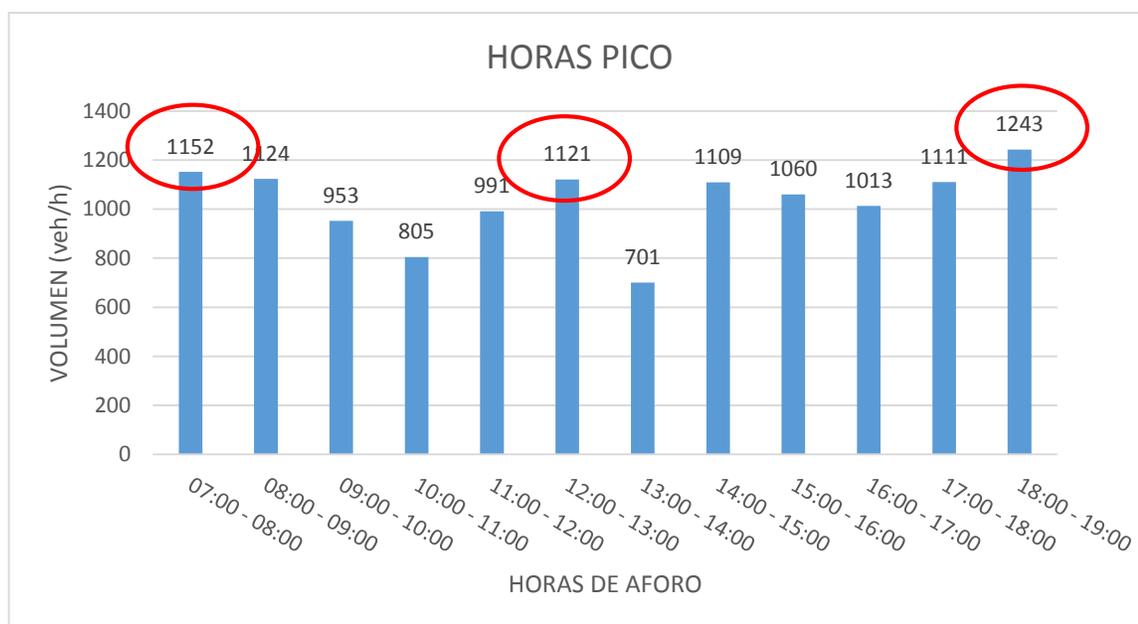
3.13 Análisis de resultados

Primero se verá el análisis de un día de aforo para obtener las horas pico:

Tabla 3.89 Resumen horario de volúmenes

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.121 Horas pico

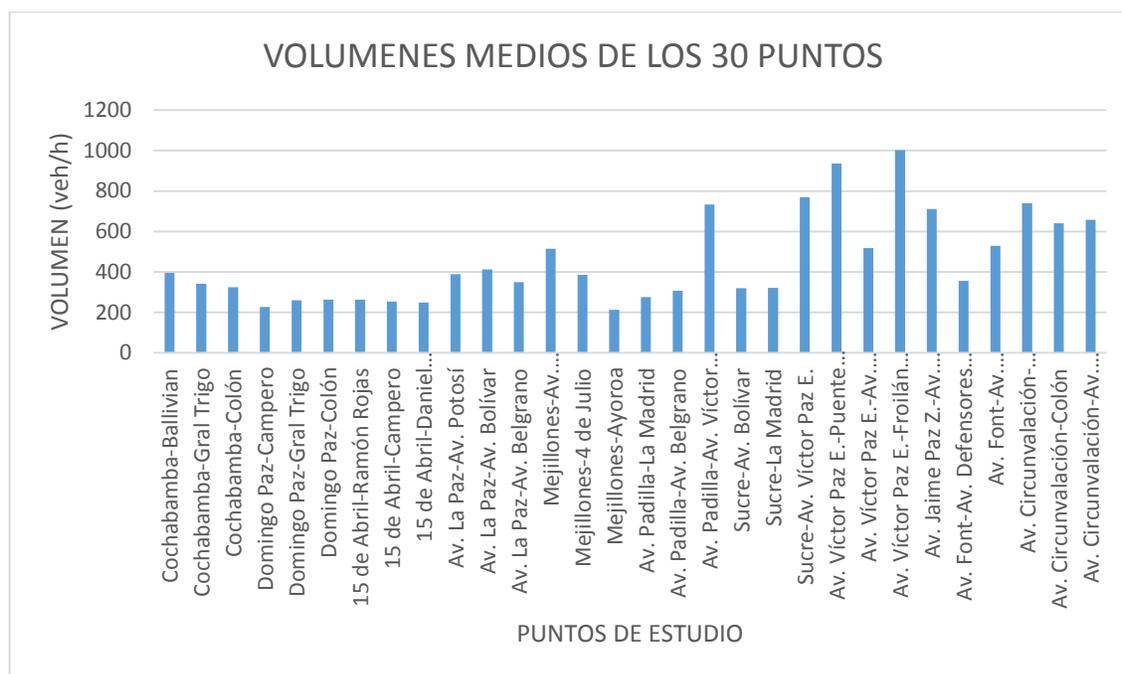


Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la figura 3.121 los volúmenes medidos a lo largo del día muestran que las horas pico determinadas fueron de 07:00 – 08:00 am, 12:00 – 13:00 pm, 18:00 – 19:00 pm, estas horas pico nos servirán para hacer las aforaciones de un mes para poder estudiar al tráfico y tener datos de sus parámetros de volúmenes y velocidades.

Aforos de volúmenes de un mes

Figura 3.122 Distribución de volúmenes



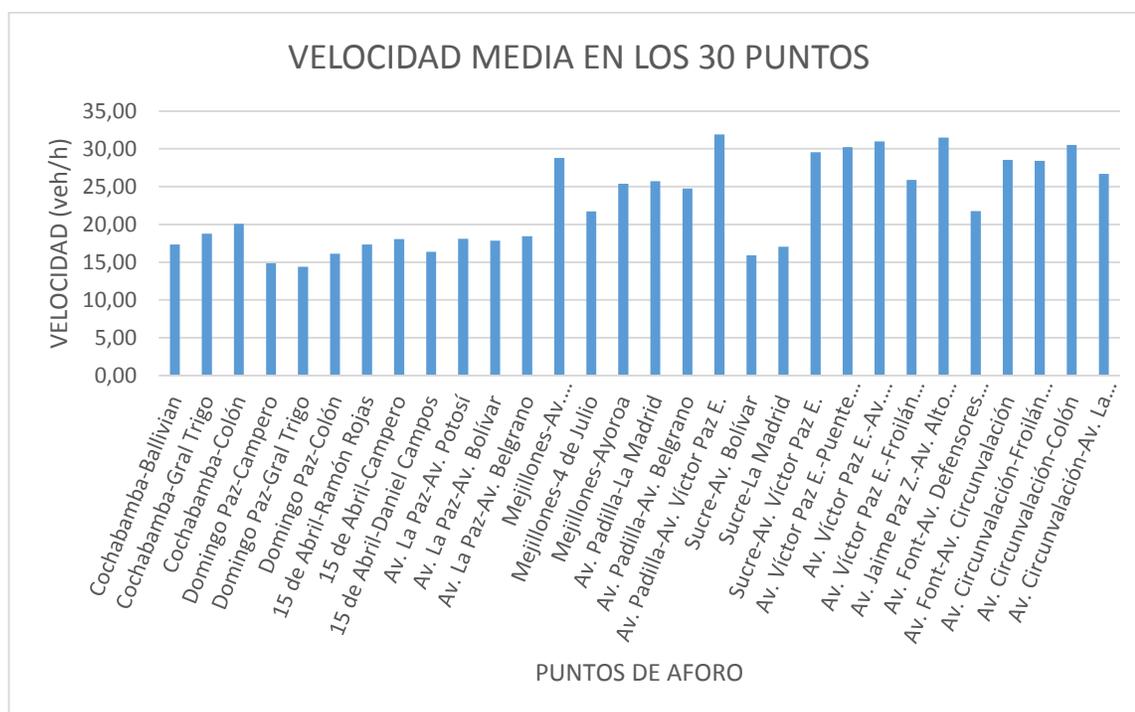
Fuente: Elaboración propia

Se observa los volúmenes por cada una de las calles, que se trató como estudio y medición de los aforos, analizando los aforos de todos los puntos se observó que los volúmenes medidos en la intersección de la calle Cochabamba hasta la avenida Belgrano son bajos, debido a las demoras que existen y colas que se forman en cada calle céntrica, también por el movimiento de micros que circulan por esas calzadas, de la intersección Mejillones hasta Sucre-Av. Víctor Paz Estensoro donde los volúmenes de las calles Sucre-Av. Bolívar-La Madrid, Mejillones-Ayoroa-4 de Julio, son bajos en comparación con los volúmenes que llegan a la avenida Circunvalación y Víctor Paz Estensoro. En estos últimos puntos entre la intersección Av. Víctor Paz Estensoro-Puente San Martín y Av. Circunvalación-Av. La Paz, los volúmenes se muestran altos en comparación con los volúmenes de las calles del centro, porque se encuentran en gran parte la mayoría en las avenidas por donde se pueden mover con más rapidez.

Teniendo los volúmenes de todos los puntos se ubicó redes de flujo por los lugares donde había mayor flujo y también por el interior del centro de la ciudad para poder analizarlos y ver si se podría optar por esas redes de flujo estudiadas.

Velocidades de punto

Figura 3.123 Velocidades en los 30 puntos aforados



Fuente: Elaboración propia

Teniendo las velocidades se puede notar de forma similar que los volúmenes, las velocidades en las calles del centro de la ciudad como las que están más próximas tienen velocidades bajas entre los 20 km/h, mientras que en las avenidas que serían la avenida Circunvalación, Víctor Paz E., Jaime Paz Z., tienen velocidades más elevadas llegando a los 30 km/h y otros sobrepasando los 30 km/h, debidas a la circulación más rápida por esas calles para poder maniobrar en forma más eficiente, y poder trasladarse más rápido.

Densidad

Figura 3.124 Densidad en los 30 puntos aforados



Fuente: Elaboración propia

Se observan que las densidades en el centro de la ciudad son bajas, comparadas con las avenidas principales Víctor Paz Estensoro, Circunvalación, Jaime Paz Zamora que son calzadas que acomodan más cantidad de vehículos debido a que los usuarios toman esas avenidas para transportarse más rápido a sus hogares y lugares de trabajo. Mostrándose en horas pico en la avenida Víctor Paz Estensoro gran cantidad de vehículos y se forman colas en las intersecciones y los vehículos se mantienen en el mismo lugar durante un cierto tiempo, avanzan una distancia pequeña debido a las colas que se forman.

Porcentaje de vehículos pesados

Para el porcentaje de vehículos pesados en todos los puntos; las calles del centro y las adyacentes, se observa que tiene pequeña cantidad de vehículos que entran por las mismas, siendo que en las avenidas perimetrales es por donde más circulan vehículos pesados como ser las flotas, camiones de transporte de agregados, maquinaria pesada, etc.

Velocidades en cada calle y avenida

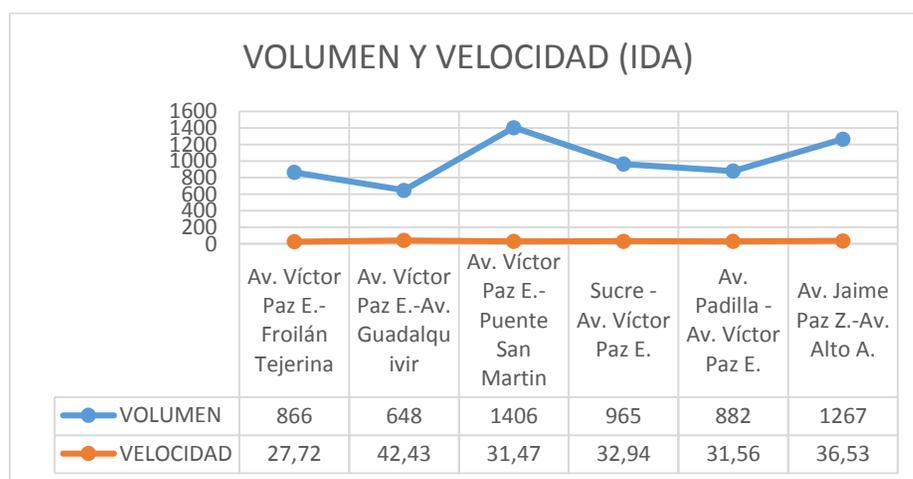
Al tener muestra de datos de las velocidades de cada uno de los puntos estudiados como se muestran en las imágenes del punto 3.4, se tienen que las calles céntricas los vehículos circulan a una velocidad que no supera los 20 km/h. En las avenidas Víctor Paz Estensoro, Circunvalación, Jaime Paz Zamora, circulan a velocidades que pasan los 30 km/h incluso algunos usuarios de los vehículos sobrepasan los 40 km/h en ciertos momentos, pudiendo provocar algún accidente.

Redes de flujo urbano

Red de flujo 1

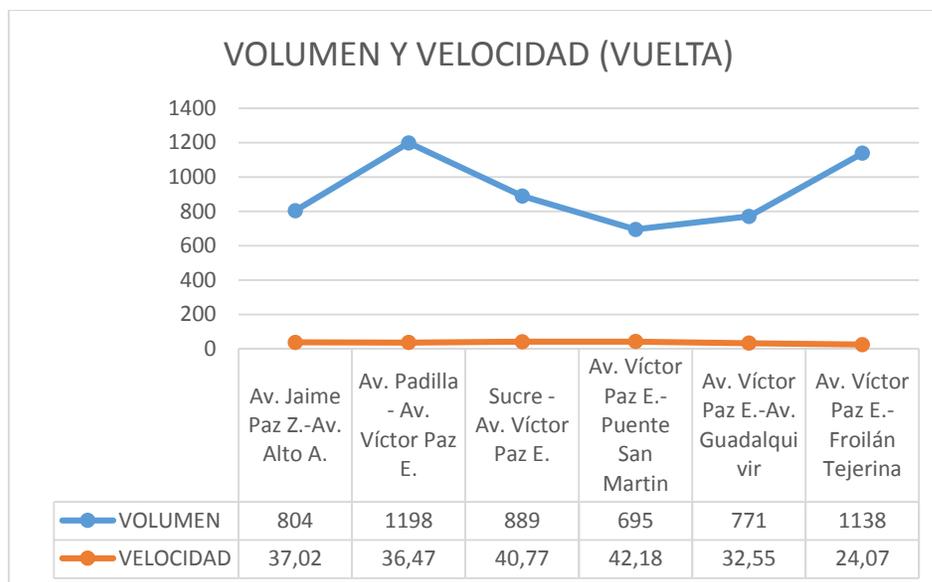
AV. Panamericana-AV. Las Américas-AV. Jaime Paz Zamora - (Ida)-(Vuelta).

Figura 3.125 Volumen y velocidad en la red de flujo 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.126 Volumen y velocidad en la red de flujo 1



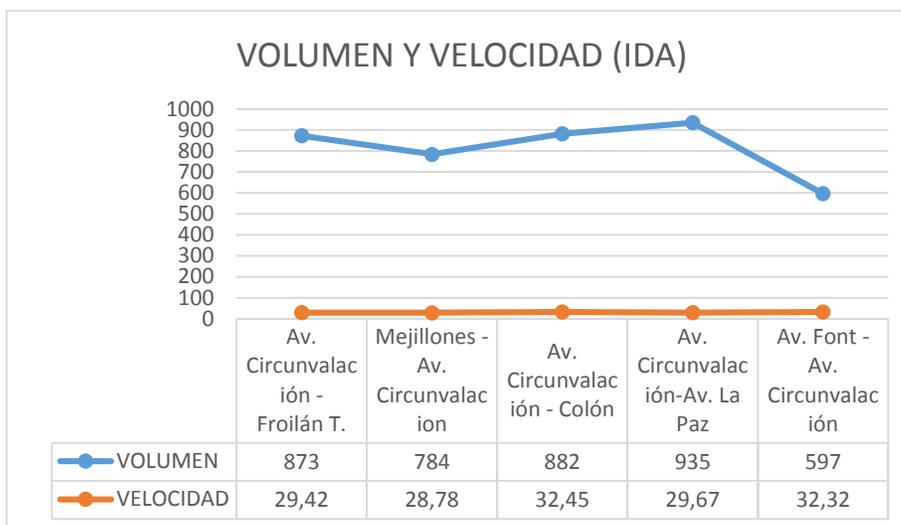
Fuente: Elaboración propia

Estas graficas nos muestran los volúmenes y velocidades de la red de flujo N°1, observando que los volúmenes de ida como de vuelta cuando van en aumento se nota que las velocidades al mismo tiempo bajan, los volúmenes máximos 1406 veh/h y 1198 veh/h se tomaron los datos para hacer el análisis de capacidad y nivel de servicio, esto es proporcional cuando va aumentando el volumen, la velocidad es por momentos baja pero llega a un punto en que el volumen va disminuyendo y la velocidad va aumentando.

Red de flujo 2

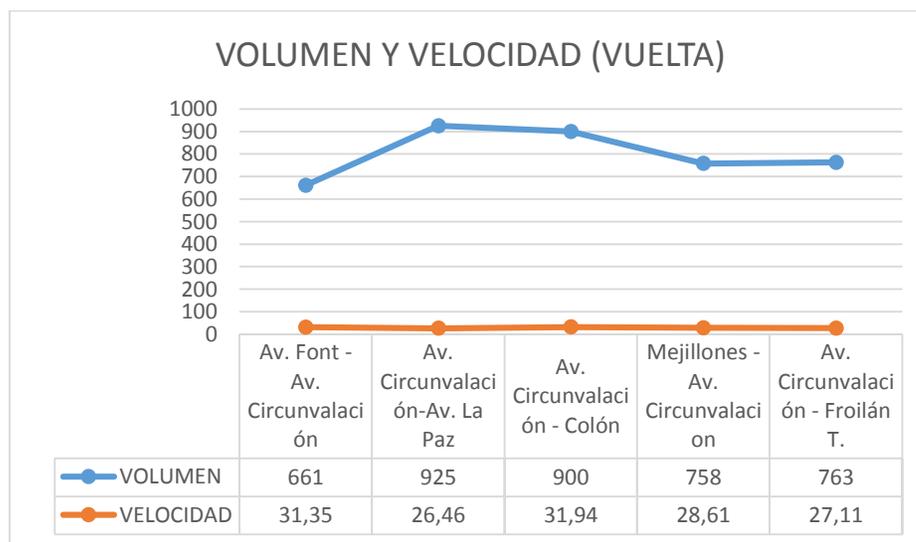
Av. Circunvalación-Froilán Tejerina – Av. Circunvalación-Av. Font – (Ida)-(Vuelta).

Figura 3.127 Volumen y velocidad en la red de flujo 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.128 Volumen y velocidad en la red de flujo 2



Fuente: Elaboración propia

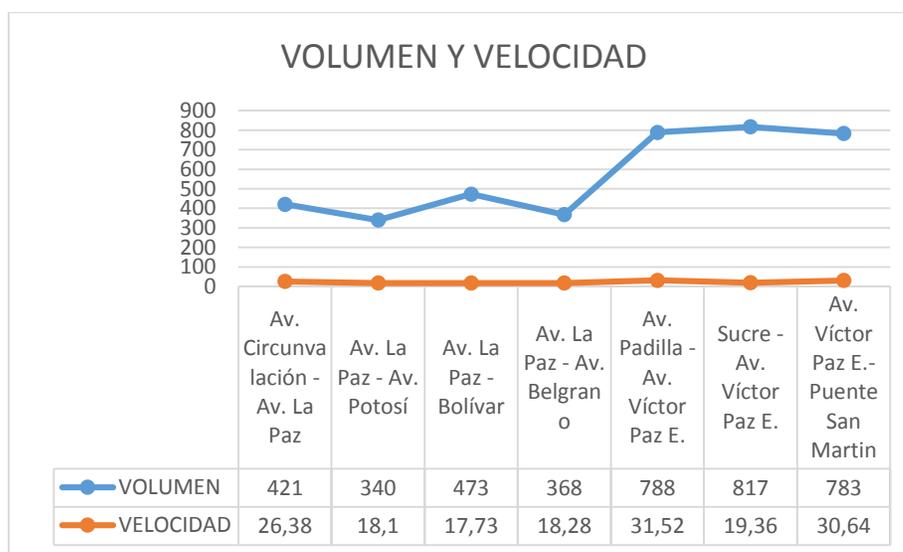
La red de flujo N°2, muestra volúmenes y velocidades que en algunos tramos va en aumento el volumen y la velocidad baja, donde los volúmenes son altos son en la Av. Circunvalación-Av. La Paz (ida y vuelta), sus velocidades bajas debido a la interacción

que hay entre los vehículos en esas horas de circulación, el punto de volúmenes máximos 935 veh/h y 925 veh/h es donde se hizo el análisis de capacidad y nivel de servicio para esa red de flujo.

Red de flujo 3

Av. La Paz – Av. Víctor Paz E. (hasta puente San Martín).

Figura 3.129 Volumen y velocidad en la red de flujo 3



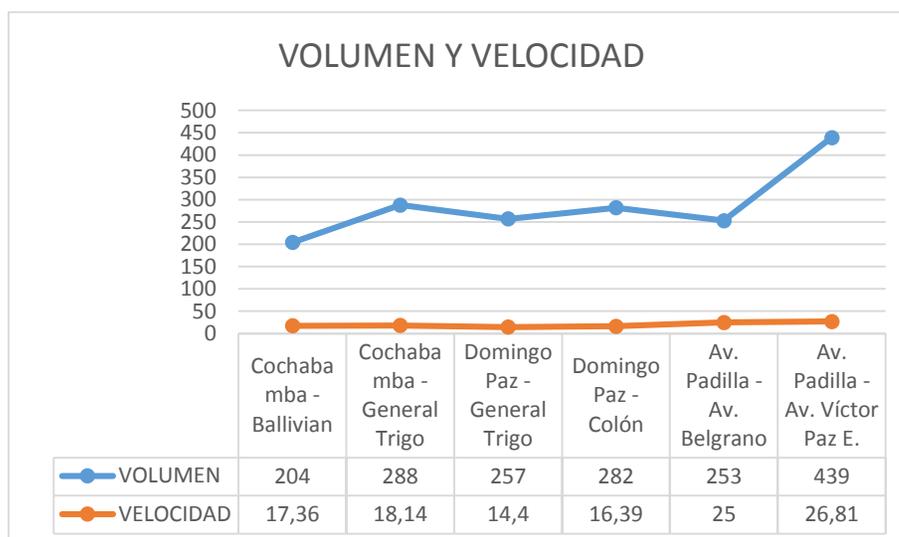
Fuente: Elaboración propia

La red de flujo N°3, se nota lo mismo que en los demás tramos los volúmenes están en aumento y las velocidades se ven reducidas. Con estos datos se sacó el mayor volumen de esa red siendo este 871 veh/h, se calculó la capacidad y el nivel de servicio.

Red de flujo 4

C/ Cochabamba – Gral. Trigo – Domingo Paz - O'connor – Belgrano – Av. Padilla.

Figura 3.130 Volumen y velocidad en la red de flujo 4



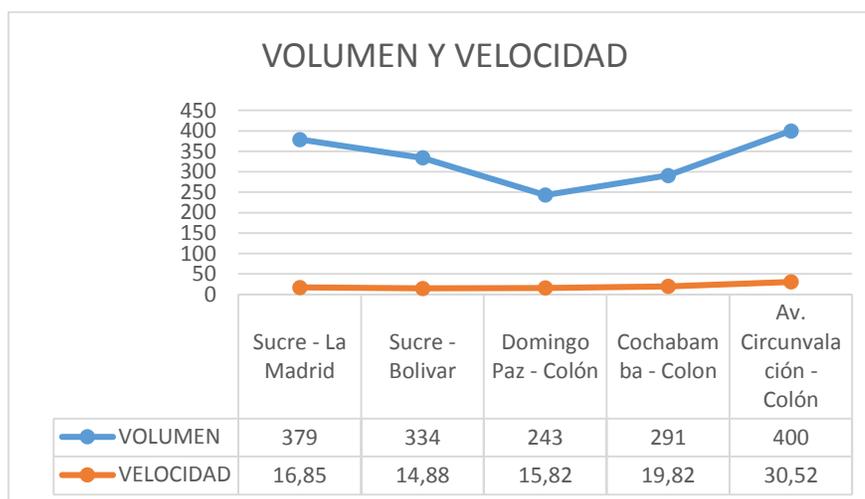
Fuente: Elaboración propia

La red de flujo N°4, está en calles del centro de la ciudad y acaba en la avenida Padilla calle en donde se agarra más volumen y velocidad como se nota en la figura 3.130, las calles céntricas tienen volúmenes y velocidades parecidos, debida a las demoras o tiempos que tienen al momento de transitar, debido también a los vehículos estacionados en las vías que se estacionan en lugares donde no está permitido estacionar reduciendo la capacidad de la vía y limitan la maniobrabilidad de los conductores.

Red de flujo 5

C/ Sucre – Domingo Paz – Colón (hasta Av. Circunvalación).

Figura 3.131 Volumen y velocidad en la red de flujo 5



Fuente: Elaboración propia

La red de flujo N°5, muestra volúmenes en descenso con velocidades bajas, a medida que aumenta el volumen las velocidades también aumentan como se muestra en la figura 3.131 por motivo a que la calle Colón es la que se une a la avenida Circunvalación, dicha avenida en donde se puede circular con más rapidez y es donde existen más volúmenes vehiculares.

Análisis de la capacidad y nivel de servicio

Se analizara para cada una de las redes que se obtuvieron observando los movimientos de más flujo vehicular y en lo posible de tener una trayectoria para poder maniobrar mejor.

Tabla 3.90 Capacidad y nivel de servicio de la red N°1

Fuente: Elaboración propia

En la red de flujo 1, se tomó el mayor volumen de toda la red siendo este el que se encuentra en el acceso 3 del puentes San Martín 1406 veh/h en el tramo de ida y en el tramo de vuelta se tomó el mayor volumen del acceso 5 de la Av. Víctor Paz Estensoro-Padilla 1198 veh/h, el cual se realizó también la medición del ancho de cada acceso de los volúmenes, anotando los giros de los vehículos, siendo necesarios para hacer el cálculo respectivo, mostrando dicha red una capacidad de ida como de vuelta entre 1944 y 1625 veh/h, un nivel de servicio D, flujo en donde se comenzará a ser inestable, y se nota que en esos accesos hay gran cantidad de movimiento y se producen congestionamientos.

Tabla 3.91 Capacidad y nivel de servicio de la red N°2

Fuente: Elaboración propia

La red de flujo 2, el volumen máximo de toda la red se tomó en la intersección entre la avenida La Paz y Circunvalación, teniendo un volumen del acceso 1 de 935 veh/h y del acceso 3 de 925 veh/h, tanto de ida como de vuelta. Se realizó la medición de los anchos de cada acceso, los giros respectivos para proceder con el cálculo. Los volúmenes son similares y las capacidades resultaron las mismas de ida 1620 veh/h y de vuelta 1620 veh/h, satisfaciendo el volumen de demanda que se genera, teniendo un nivel de servicio C, en ambos accesos, donde el flujo corresponde aún a un flujo estable, las velocidades y maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes, donde se nota al momento de transitar por esa intersección que en las horas pico si se genera congestionamiento.

Tabla 3.92 Capacidad y nivel de servicio de la red N°3

Fuente: Elaboración propia

En la red de flujo 3, se tiene un volumen de 817 veh/h, que se encuentra en el acceso 2 de la intersección entre Av. Víctor Paz E.-Sucre, este tramo tiene una capacidad de 2055 veh/h que es la capacidad de vehículos para poder pasar por ese lugar, el cual satisface la demanda vehicular que se genera en ese tramo, cuenta con un nivel de servicio C, donde el flujo es estable, y las condiciones de circulación aún son tolerables.

Tabla 3.93 Capacidad y nivel de servicio de la red N°4

Fuente: Elaboración propia

En la red de flujo 4, se obtuvo un volumen de 439 veh/h, en el acceso 1 de la Av. Padilla-Av. Víctor Paz E., la capacidad con la que cuenta todo el tramo 1296 veh/h cumple con la demanda que presentan, el nivel de servicio B es estable, donde las velocidades comienzan a ser algo restringidas por las condiciones del tráfico.

Tabla 3.94 Capacidad y nivel de servicio de la red N°5

Fuente: Elaboración propia

En la red de flujo 5, se tiene un volumen de 400 veh/h en el acceso 2 de la calle Colón que llega a la avenida Circunvalación, la capacidad 1218 veh/h satisface la demanda de volumen, el nivel de servicio es B, el flujo es estable en el tramo estudiado.

Presupuesto del área de estudio

Viendo las posibles demarcaciones de señales horizontales que se pueden hacer en cada una de las intersecciones estudiadas, como así también las señales con las que cuenta cada intersección y los semáforos, se sacó un costo siendo estos los siguientes:

Presupuesto señalización horizontal

Costo total paso peatonal= 2053267.16 bs

Costo total línea de detención= 243401.56 bs

Costo total para flechas= 240858.10 bs

Presupuesto señalización vertical

Costo total de señalización vertical= 108142.78 bs

Presupuesto semaforización

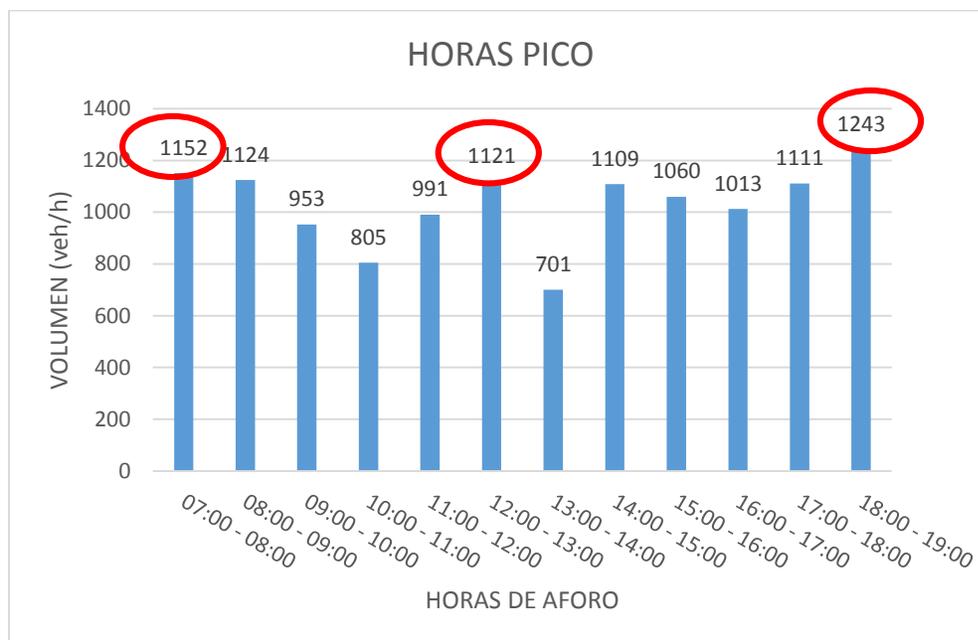
Costo total de semaforización= 1613624.24 bs

Costo total de presupuesto del área de estudio= 4259293.84 bs

4.1 Conclusiones

- Para el desarrollo del estudio de tráfico que se realizó, en el aforo realizado durante un día se pudo determinar las horas pico, en donde existen las horas de mayor circulación en los puntos de estudio siendo estas horas 07:00 – 08:00, 12:00 – 13:00, 18:00 – 19:00, con la toma de datos nos ayudara a obtener información para un buen estudio de tráfico vehicular.

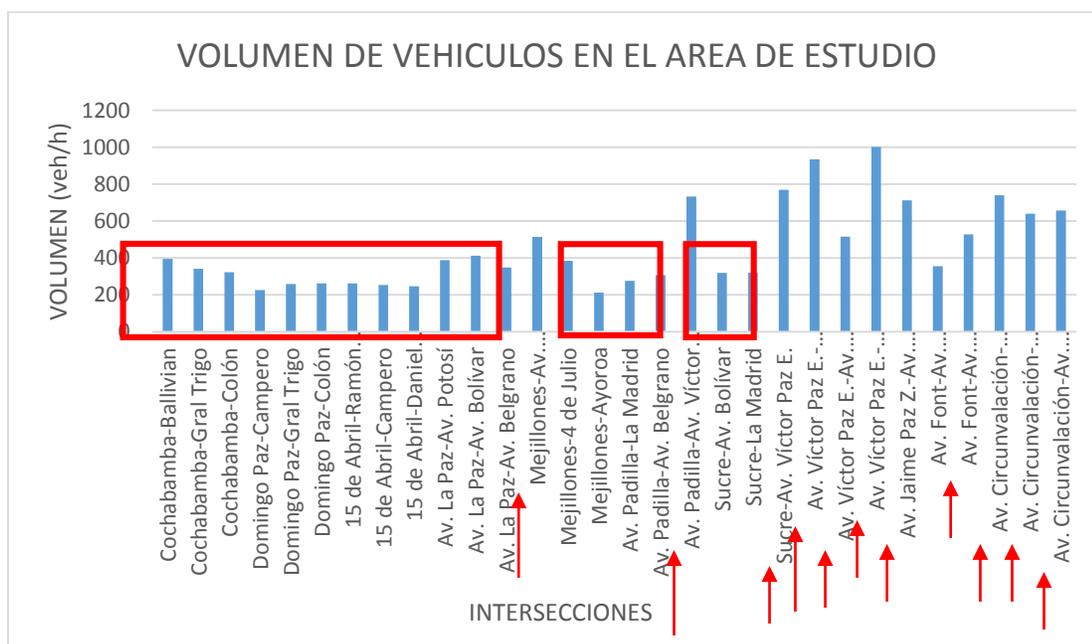
Figura 4.1 Determinación de las horas pico



Fuente: Elaboración propia

- Los volúmenes obtenidos de todos los puntos nos mostró la gran cantidad de flujo que existe en las avenidas, donde tenían valores elevados comparados con los volúmenes de las calles del centro de la ciudad. Los lugares más críticos de volúmenes altos eran la avenida Víctor Paz Estensoro, avenida Panamericana y avenida Circunvalación. El punto en donde el mayor volumen es de 1406 veh/h se encuentra en el acceso 3 que llega al puente San Martín.

Figura 4.2 Volúmenes medios de vehículos de toda el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

- En las velocidades obtenidas muestran que por las calles céntricas Cochabamba, Domingo Paz, Sucre, 15 de Abril, Av. La Paz, los vehículos circulan a velocidades reducidas no pasan los 20 km/h, por la intensidad de vehículos y peatones que circulan por el lugar, por paradas indebidas que hacen

los conductores. En las avenidas Circunvalación, Av. Víctor Paz Estensoro, Av. Jaime Paz Zamora los vehículos pasan los 30 km/h, incluso algunos llegan a pasar los 40 km/h, lugar que podría provocar un accidente, debidas que ahí es donde pueden transportarse de manera más rápida hacia el centro de la ciudad. El Código de Tránsito señala que las velocidades en el radio urbano en las calles donde la circulación de peatones y vehículos es intensa la velocidad es de 20 km/h, en avenidas de 40 km/h, pudiendo llegar a notarse que los datos obtenidos están dentro de los parámetros de velocidades pero que en algunas ocasiones las sobrepasan como lo son en las avenidas mencionadas.

Figura 4.3 Mapa de velocidades en el centro de la ciudad de Tarija

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Mapa de velocidades de las avenidas Víctor Paz E., Jaime Paz Z.,
Circunvalación

Fuente: Elaboración propia

- En las calles de cada intersección se realizó un estudio del estado del pavimento, el cual se observó que se encuentran con muchas fallas estas provocadas por el paso constante de los vehículos por cada una de ellas, por el alto peso que llevan algunos vehículos de carga, se tienen desgaste en el pavimento, baches, desgaste por pulimiento de la superficie, etc. Siendo necesario el reparo de las fallas en su debido tiempo y no dejarlas sin repararlas debido a que pueden seguir haciéndose más grandes y el reparo aún puede ser mayor, para que los vehículos tengan mejor rodamiento en las calzadas.

Figura 4.5 Ejemplo de fallas del pavimento en las calles de Tarija



Fuente: Elaboración propia

- Las señalizaciones horizontales como los pasos de cebra y líneas de detención para los vehículos están borrosos en casi todos los accesos de cada intersección siendo estos necesarios que se encuentren notorios para que los mismos peatones tengan en lugar por donde poder cruzar la intersección y al mismo tiempo los vehículos estacionen antes de la señal horizontal paso de cebra y tengan seguridad al poder cruzar los peatones, siendo necesario el pintado de las mismas para dar seguridad al peatón de poder cruzar y que los vehículos tengan en cuenta que existe un paso para peatones.

Figura 4.6 Ejemplo de una calle con señal horizontal

Fuente: Elaboración propia

- Las señales verticales con las que cuentan cada intersección están ubicadas a vista del conductor para que tenga la prevención adecuada antes de circular por las

calles. Notando por la avenida Circunvalación falta la colocación de señales verticales de velocidades de diseño para que los usuarios respeten esa señal y no excedan en la velocidad para que no ocurran accidentes, siendo estos lugares por donde los vehículos circulan con velocidades que pasan los 30 km/h inclusive algunos pasan de los 40 km/h. El Código de Transito muestra que las velocidades en calles de circulación de vehículos y peatones es intensa es de 20 km/h y avenidas de 40 km/h.

Figura 4.7 Ubicación de señales verticales de velocidad de diseño

Fuente: Elaboración propia

- Para las capacidades y niveles de servicio calculados para las distintas redes de flujo, se obtuvo un nivel de servicio D, en la red de flujo 1 tanto de ida como de

vuelta, en donde es esta red en donde existe gran cantidad de vehículos que circulan, se notó un flujo donde se comienza a ser inestable en las horas pico. En la red de flujo 2 se obtuvo un nivel de servicio C tanto de ida como de vuelta donde aún el flujo es estable, avenida que se tiene gran cantidad de vehículos en horas pico donde las velocidades y la maniobrabilidad es más controlada, la red de flujo 3 su nivel de servicio es C al igual que la red de flujo 2. En las últimas dos redes se obtuvo niveles de servicio B, en donde por esas calles el flujo es estable, las condiciones de circulación y maniobrabilidad pueden ser manejadas. Las capacidades calculadas cumplen con la demanda de tráfico que se tienen.

Tabla 4.1 Capacidad y nivel de servicio de las redes de flujo

Red de flujo	Descripción	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	Nivel de servicio
1	Av. Panamericana - Av. Las Américas - Av. Jaime Paz Zamora (Ida)	1406	1944	0.72 - D
	Av. Panamericana - Av. Las Américas - Av. Jaime Paz Zamora (Vuelta)	1198	1625	0.74 - D
2	Av. Circunvalación (Ida)	935	1620	0.58 - C
	Av. Circunvalación (Vuelta)	925	1620	0.57 - C
3	Av. La Paz - Av. Víctor Paz Estensoro (Hasta el puente San Martín)	817	2055	0.40 - C
4	Cochabamba-Gral Trigo-Domingo Paz-O'Connor-Av. Belgrano-Av. Padilla	439	1296	0.34 - B
5	Sucre - Domingo Paz - Colón (Hasta Circunvalación)	400	1218	0.33 - B

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó el presupuesto de las señales horizontales, señales verticales y semáforos, que nos permitiera tener en cuenta el costo para realizar el pintado y colocación de señales en las intersecciones del área urbana, siendo el presupuesto obtenido el siguiente:

Costo total paso peatonal + línea de detención + flechas= 2537526.82 bs

Costo total señal vertical= 108142.78 bs

Costo total semaforización= 1613624.24 bs

- Intersecciones conflictivas: Se hizo un planteamiento a ciertas intersecciones en las que el flujo vehicular es intenso, las velocidades son altas, como son las avenidas Víctor Paz Estensoro, Circunvalación, Jaime Paz Zamora, viendo la solución que se les podría dar, para colocación de reductores de velocidad de forma circular, reductores de velocidad tipos trapezoidal elevado que servirá para usarlo a la vez como paso peatonal a la misma altura que la acera, ubicación de las llamadas “orejas” donde su función es hacer reducir el ancho de la calzada en donde los peatones cruzan las calles, tener más visibilidad por parte de los peatones al momento de querer cruzar y a la vez los mismos usuarios de los vehículos tengan presente que delante existe un paso peatonal, así pudiendo dar más seguridad a los peatones y comodidad de poder circular, también ayudará a reducir la velocidad de los vehículos teniendo éstos reducida la calzada haciendo que mantengan más cuidado al momento de maniobrar.

Con la solución planteada se verá un flujo de tráfico moderado en la Av. La Paz-Av. Belgrano, restringiendo los giros izquierda de los accesos 3 y 4, con la colocación de las orejas, reducirán la calzada y las velocidades de los vehículos, se creará a la vez un espacio de estacionamiento para los vehículos ya que en esa intersección estacionan en ambos lados de la vía existiendo la señal vertical de prohibición en el lugar, tratando de que se dé lugar al transporte público a que hagan uso de las paradas de micros ya que existen 3 paradas ubicadas y están siendo interrumpidas por el resto de vehículos particulares que estacionan indebidamente en esos lugares. Con las orejas se darán más visibilidad a los peatones y que tengan más seguridad en el cruce peatonal, notando también que cerca de las esquinas en la misma calzada se encuentran vendedoras de refrescos,

queso y frutas, para que las mismas estén más seguras protegidas por las orejas y no sufran algún atropello.

Figura 4.8 Solución planteada intersección Av. La Paz-Av. Belgrano

Fuente: Elaboración propia

- En las demás avenidas se vio la manera de que se ubiquen reductores de velocidad en los accesos de mayores velocidades, para que se reduzcan las mismas y no se produzcan accidentes. Los reductores de velocidad elevados en la zona del puente San Martín ayudaran a que se reduzca la velocidad dado que existe un colegio en la zona, permitiendo que los estudiantes se puedan mover con más seguridad por el cruce peatonal elevado. Los mismos reductores de velocidad fueron ubicados en los demás puntos de intersección señalados en el punto 3.10. Previendo en lo posible los accidentes, aportando seguridad para los peatones, acondicionando también las áreas señaladas con adoquines para el descanso de peatones al no poder cruzar la totalidad de la calzada.

Figura 4.9 Solución planteada intersección Sucre-Av. Víctor Paz E.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Solución planteada intersección Mejillones-Av. Circunvalación

Fuente: Elaboración propia

- Se concluye que con la ubicación y determinación de redes de flujo en los lugares de las calles estudiadas se logró obtener valores en los que la capacidad y nivel de servicio de las vías contaban con un buen movimiento vehicular, notando en horas

pico que se llegaba a un nivel de servicio C y D en las avenidas Circunvalación y Víctor Paz Estensoro.

- Analizando las redes de flujo calculadas se verá la forma de asignar el flujo a través de los volúmenes aforados, observando el flujo de las calles estudiadas, las redes están planteadas de manera correcta teniendo niveles de servicio que están dentro del rango y con sus capacidades que cumplen con los volúmenes de tráfico que pueden pasar por esas calles.
- Con la realización de redes de flujo a lo largo de las arterias urbanas se podrá ver una asignación del tráfico de manera ordenada y distribuir ordenadamente viendo los mayores flujos y acomodos que se le pueden dar a los vehículos.

4.2 Recomendaciones

- Concientizar a las personas que hagan uso de las paradas de transporte público para que se evite paradas en lugares donde no corresponde y se pueda tener un movimiento de vehículos normal, de manera segura y sin accidentes.
- Se recomienda que se haga el mantenimiento de las calles de la ciudad, para que los baches y demás fallas que existen al no ser mantenidas a tiempo sigan haciéndose más grandes y los costos de reparación serán aun elevados. Ya que se notó en la mayoría de las calles existen fallas en el pavimento.

Figura 4.11 Falla en el pavimento de algunas calles de la ciudad de Tarija

Fuente: Elaboración propia

- Que se haga el pintado de los pasos peatonales por las intersecciones ya que en varios puntos estudiados los pasos peatonales se encuentran borrosos mismos que ayudaran a los peatones a que tengan un lugar señalado por donde poder cruzar la calle de una manera segura y que los usuarios de los vehículos se detengan antes del paso peatonal para dar prioridad al peatón.
- Se recomienda que se coloquen señales de verticales de velocidades de diseño en la avenida Circunvalación desde la calle Froilán Tejerina hasta avenida La Paz, ya que no cuentan con las mismas para que los usuarios de los vehículos tengan en cuenta a qué velocidad circular por las avenidas.

Figura 4.12 Ubicación de señales verticales restrictivas

Fuente: Elaboración propia

- Que se limiten los estacionamientos de vehículos por la Av. Víctor Paz Estensoro en el sector del complejo deportivo García Agreda y hagan uso del parqueo municipal que existe en ese lugar para que se libere espacio en esos lugares y los

vehículos puedan circular de manera ordenada, mostrando una capacidad vehicular aceptable. También en la calle Colón-Domingo Paz calle donde estacionan vehículos en casi la totalidad de la cuadra reduciendo la capacidad de la vía, Av. La Paz-Av. Potosí, Av. La Paz-Av. Belgrano.

Figura 4.13 Restricción de estacionamientos

Fuente: Elaboración propia

- Se recomienda que se haga el aforo de peatones para saber el comportamiento, la intensidad de personas que circula por una intersección, para poder diseñar los pasos peatonales, aceras cómodas y seguras para darle seguridad a los peatones, viendo una seguridad como la ubicación de barandas en algunas intersecciones con mayor movimiento de vehículos, las isletas que brindarán espacio en medio de la calzada para esperar a peatones que cruzan las calles.
- Se recomienda que en los cruces peatonales demarcados existe buena iluminación para que en horas de la noche los cruces estén visibles para seguridad de los peatones.
- En lo posible acondicionar zonas para espacios peatones de descanso con adoquines en las jardineras de la avenida Circunvalación ya que mismas están solo de tierra y no tienen alguna plantación, para dar una comodidad al peatón al no pasar la totalidad de la calle.
- Concientizar a las personas que hagan uso de cada parada de transporte público para que exista un ordenamiento de peatones y el mismo transporte público pueda estacionar en las paradas correspondientes y no así en cualquier otro lugar provocando demoras a los demás vehículos, para que se genere un flujo continuo de manera segura y conforme, sin accidentes.
- Se recomienda implementar y realizar un mantenimiento en las siguientes intersecciones:

Tabla 4.2 Mantenimiento del pavimento y señalización

Necesita	Intersección
mantenimiento del pavimento	1, 4, 5, 6, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30
pintado paso peatonal	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
implementación de semáforos	7, 12, 17, 26
pintado de parada de micros	4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 17, 19, 24
pintado de líneas eje central	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

Fuente: Elaboración propia