

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# **ANALISIS DE LA INFLUENCIA DEL TRANSPORTE PUBLICO SINDICALIZADO DE MICROS TARIJA**

## **1 INTRODUCCION**

El transporte público sindicalizado de micros es una de las áreas de trabajo más importante de la ciudad de Tarija, en medida que la población fue creciendo la necesidad de ampliar el servicio del transporte público sindicalizado de micros y de esta manera dar mayores alternativas de origen y destino a la población.

El transporte público está integrado por sindicatos que son afiliados al auto transporte sindicalizado y por cooperativas que están afiliadas al auto transporte libre, por medio de estos sindicatos y cooperativas se crean líneas de transporte urbano.

El transporte público es la necesidad de toda población por lo que este estudio se lo hará de tal manera que beneficie al usuario (en relación con peatones y conductores), al vehículo y la vialidad; pero se tomara primordial atención a peatones y conductores q deben ser estudiados y entendidos claramente con el fin de ser controlados y guiados en forma correcta.

Previo al estudio q se realizara al transporte público sindicalizado de micros es necesario conocer los parámetros de tráfico, los que dentro de la ingeniería de tráfico son un pilar importante.

### **1.1 JUSTIFICACION**

Debido a que la ciudad de Tarija se encuentra en una situación de emergencia en cuanto se refiere al congestionamiento vehicular se ha decidido realizar el ordenamiento de ruta de transporte público sindicalizado, el cual buscara beneficiar al usuario (relacionado con peatón y conducto) el vehículo y la vialidad, pero sobre todo a peatones y conductores que deben ser entendidos claramente con el propósito de ser controlados y guiados en forma apropiada. Dentro de los estudios relacionado con la ingeniería de trafico consideramos al transporte público sindicalizado de pasajeros, como un factor de muchísima importancia debido a que el volumen de pasajeros que hacen uso del transporte público sindicalizado llega a constituir un factor primordial de atención de ahí la importancia que merece estudiarse con profundidad al transporte público sindicalizado

de manera que el ordenamiento de ruta del transporte público sindicalizado buscara una adecuada y correcta distribución de línea por lo indicado se hace necesario buscar un mejor ofrecimiento de servicio de transporte público sindicalizado, el mismo refleja en brindar una mayor comodidad a los pasajeros, aspecto que armonice con el ordenamiento vehicular de la ciudad de Tarija.

## **1.2 DISEÑO TEORICO**

### **1.2.1 SITUACION PROBLEMICA**

Desde hace muchos años atrás el índice de incremento vehicular en la ciudad de Tarija es muy alto y está en constante ascenso. Por lo que en algunas vías las más importantes de la ciudad de un tiempo a esta parte, el flujo vehicular se tornó caótico, especialmente en horas y días pico. A medida que pasaron los años, este caos vehicular se fue incrementando principalmente por no haberse realizado la regularización respectiva del incrementos de líneas de servicio de tráfico público que pasan por las vías más críticas del centro de la ciudad y de zonas conflictivas pero al margen de lo trascendido a través del tiempo también influyeron otros factores para que el problema de congestionamiento tanto vehicular como de peatones; por ejemplo los que mencionamos a continuación:

- El desordenado y elevado índice de incremento demográfico y catastral de la ciudad, que dio lugar a la creación desordenada de nuevas líneas de transporte público, que al igual q las líneas ya existentes pasan o tienen sus recorridos por los tramos más conflictivos de nuestra ciudad
- El elevado índice de incremento del parque automotor que de acuerdo al RUA Tarija es del 6% anual, influyo en el sector de transporte público lo que tuvo como consecuencia la adición de frecuencias de servicio por los tramos mencionados

## **1.2.2 PROBLEMA**

A través de un estudio detallado del transporte sindicalizado que proporcione la información ingenieril sobre el comportamiento que tiene este transporte en la circulación vehicular se podrá generar una propuesta de modificación de manera que el transporte sindicalizado no genere problemas de tráfico y de un mejor servicio al usuario.

**¿Cuál es la incidencia del transporte público sindicalizado de micros en el ordenamiento vial de Tarija ?**

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

El objetivo general consiste en analizar la influencia y la armonización del transporte público sindicalizado en el tráfico de las arterias urbanas de la ciudad de Tarija , ante el desmedido crecimiento del parque automotor donde más del 60% corresponden al transporte público . Es importante establecer cuanta incidencia tiene el transporte público sindicalizado en el tráfico vehicular de las arterias urbanas específicamente orientado a la ciudad de Tarija

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los componentes de ingeniería de tráfico y su relación con el transporte público
- Estudiar el comportamiento del transporte público en el marco de la ingeniería de tráfico. Detallando sus características, planificación, estudio de control, etc.
- Realizar un análisis de la distribución de las líneas de trafico público , para determinar los puntos conflictivos
- Realizar estudios de trafico complementarios de manera que se establezca el comportamiento del transporte público bajo los parámetros de tráfico que influyen en la circulación vehicular en las arterias urbanas

- Establecer la incidencia del transporte público en las arterias urbanas de la ciudad de Tarija , su relación con los parámetros de tráfico y las posibilidades de mejorar las condiciones de circulación del tráfico a partir de la readecuación en la distribución del transporte publico
- Plantear soluciones acordes al problema que ocasiona el trafico público urbano en nuestra ciudad y poner en práctica las más convenientes ,y amenorar los efectos perjudiciales que el transporte público ocasiona en nuestro medio
- Dotar a las instituciones encargadas del tráfico de un documento que les pueda ayudar a normar y planificar el desarrollo del tráfico en la ciudad de Tarija, tomando en cuenta las condiciones actuales y reales del transporte publico

## 1.4 DISEÑO METODOLOGICO

### 1.4.1 MEDIOS

#### \* Cronometro



#### \* Cinta



## \* Cámara fotográfica



### 1.4.2 METODOLOGIA

La metodología utilizada en este estudio cuyo tema es análisis del transporte público sindicalizado de micros será de realizar aforos en el transporte en la zona establecida para el estudio.

Se realizara el aforo de vehículos para establecer las horas pico y posteriormente en estas horas se aforara para conocer los volúmenes reales que circulan por la zona de estudio en estas horas de mayor circulación, partiendo de estos datos de aforos se determinara mediante los cálculos correspondientes los niveles de servicio de cada una de las intersecciones dentro de la zona en cuestión, se realizara dos tipos de cálculo uno como intersección sin semáforo y otro con semáforo, para conocer los niveles de servicio que prestan las distintas intersecciones que forman parte de la zona en estudio.

De forma paralela a los aforos se realiza la estimación de las velocidades medias de circulación en cada uno de los segmentos de calle, la ubicación de las paradas, estacionamientos y las medidas de ancho de accesos y largos de cuadra.

### 1.5 ALCANCE.-

El presente estudio está orientado a buscar una solución al problema del transporte público que existe en nuestra ciudad por lo cual se tendrá q tomar en cuenta lo siguiente:

Se contara con lo elemental en cuanto a información de tráfico público es decir de las normas en cuales se basa para operar. Los elementos básicos que intervienen y la influencia de estos en el transporte público.

Se establece el área de estudio a partir de la ubicación de la zona más conflictiva del centro de la ciudad que es donde se nota el mayor problema que generan las líneas de micros sindicalizadas. Delimitada la zona de estudio se establecen los elementos básicos, como ser anchos de accesos, largo de las cuadras, ubicación de paradas, estacionamiento, etc. Se realizarán los aforos correspondientes para poder determinar las condiciones a las cuales está sometida la zona de estudio.

Se planteará algunas posibles soluciones alternativas para mejorar las circunstancias del flujo vehicular en la zona central donde se tiene la mayor influencia por parte de las líneas sindicalizadas de micros que afectan gravemente al flujo vehicular provocando un gran congestionamiento vehicular.

**CAPITULO II**

**ASPECTOS GENERALES DE LA**

**INGENIERÍA DE TRÁFICO**



## **2 ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO**

### **2.1 DEFINICION**

**Ingeniería de Tráfico:** Se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, el proyecto geométrico y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales, etc.) y zonas de influencia así como su relación con otros medios de transporte.

### **2.2 FUNCION DE LA INGENIERA DE TRÁFICO**

#### **2.2.1 DEFINICION Y COMPETENCIA**

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación sea segura, rápida y económica. La Ingeniería de Tránsito analiza lo siguiente:

En las características del tránsito se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc.

El señalamiento y dispositivos de control tiene la función determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

La administración se utiliza para tener buenos resultados se debe considerar varios aspectos tales como: económicos, políticos, fiscales, de relaciones públicas, de sanciones, etc.

#### **2.2.2 PLANEAMIENTO**

Es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

### 2.2.3 ORGANIZACIÓN DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO

- Planificación de tráfico y transporte.
- Señalización y regulación semafórica.
- Dirección e ingeniería de tráfico.
- Evaluación y asesoramiento del impacto de tráfico.
- Simulación y modelamiento de transporte.
- Planes de transporte público.
- Política y planificación de aparcamientos.
- Proyectos de peatonalización y ciclo rutas.
- Sistemas de transporte inteligente
- Seguridad vial.
- Análisis financiero y económico de transporte.
- Encuestas e investigación de transporte.

### 2.3 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO

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

Figura 1. El Usuario, el Vehículo y la Vía



Fuente : [www.lapatria.com](http://www.lapatria.com)

#### 2.3.1 CARACTERISTICAS DE LOS VEHICULOS

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo 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.

## **CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DEL VEHICULO 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 2:

- Vehículos ligeros o livianos.
- Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

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.

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.

## **2.4 CARACTERISTICAS DE LOS USUARIOS**

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.

### **2.4.1 USUARIO CONDUCTOR**

El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, 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. 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.

### **2.4.2 USUARIO PEATON**

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad. 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.

### **2.4.3 FLUJO DE PASAJEROS**

El flujo de pasajeros está en función directa a la necesidades de origen y destino de los vecinos y por consecuencia del trazado de las líneas de transporte público existentes. Los parámetros básicos por la cual nos debemos bazar para realizar la planificación y trazado de rutas de transporte público más importantes son las q mencionamos a continuación.

- Traslado hacia centros de trabajo.- oficinas públicas y privadas en el área central y zonas concurrentes de la ciudad

- Traslado hacia centros de abasto.- mercados y centros de abasto en general.
- Traslado hacia centros comerciales.- en la zona central y otras zonas concurrentes de la ciudad.
- Traslado hacia otros destinos de la ciudad.- donde se engloban las diversas necesidades de la población.

Estos parámetros básicos han resultado los principales de acuerdo a encuestas realizadas en años anteriores . La redistribución de líneas deberá ser trazada en función a los anteriores parámetros que van en beneficio de los vecinos ; sin embargo a influido de sobre manera el querer asegurar un mayor índice de ocupación por parte de las instituciones del transporte público y no así tomar como prioridad en su momento las necesidades del usuario para tener una mayor cantidad de alternativas de origen y destinos .

Generalmente las líneas de transporte público no tienen muchas alternativas de origen y destino, precisamente por estar congestionado y centralizado por algunas arterias lo cual limita las posibilidades de destino de la población en general.

## **2.5 TIPOS DE CALLES URBANAS**

Primeramente se puede hacer una distinción o clasificación general de las vías , que pueden ser ;vías urbanas y vías interurbanas o llamadas también carreteras

### **2.5.1 VIAS URBANAS**

Las vías urbanas son vías diseñadas para poder brindar todas las comodidades de locomoción tanto peatonal como vehicular en las ciudades.

A su vez las vías urbanas podemos clasificar también, tomando en cuenta para ello aspectos funcional de las mismas como sigue:

Entendiéndose como red viaria al conjunto de vías que se entrecruzan y se comunican organizadamente y de esta manera establecen la unión de zonas , ciudades, etc. La red

viaria urbana se divide en lo que es red municipal y la red arterial, la primera considerada como el conjunto de vías que canalizan básicamente el tráfico urbano, que es aquel que se mueve en el interior de las ciudades o que sus recorridos y destinos se encuentran dentro las ciudades .

La red municipal esta a su vez formada por los sistemas generales y por los sistemas locales, según su importancia funcional en lo que son ciudades.

Los sistemas generales constituyen el viario estructurante de la ciudad y forman, básicamente las vías barriales de la misma. A su vez los sistemas locales están integrados por la red secundaria o de relleno de la ciudad, formada por la red secundaria municipal.

La red arterial vendría a ser el viario conformado por el tráfico de origen exterior a las ciudades que puede ser ; tráfico que se encuentra de paso por la misma ,o el tráfico que llegue a la ciudad o tráfico de acceso , mayormente dicho tráfico se encuentra un poco alejado del centro de las ciudades aunque en el caso de nuestro país , en algunas ciudades estos vehículos atraviesan el centro de las mismas, nos referimos a los buces o flotas de transporte de pasajeros .

Es así que estas vías deberían estar siempre alejadas del centro de la ciudad empiezan a parecerse a carreteras desde el punto de vista funcional y por esto se las denomina como carreteras urbanas, el conjunto de las mismas vendría a ser la red arterial.

Esta clasificación funcional de las calles es la que se tomara en cuenta en este trabajo, pero existe también otros criterios de clasificación y agrupación de calles desde varios puntos de vista; algunos de los criterios más usuales son los siguientes:

- a) Según el grado de integración de sus tráficos :desde el punto de vista exclusivo de los tráficos que soportan , las calles pueden ser monomodales y plurimodales
  - Calles monomodales: aquellas que admiten un único modo de transporte ejemplo:
    - calles peatonales
    - calles exclusivas de vehículos motorizados
    - calles exclusivas de transporte colectivo, etc.

\* Calle plurimodales en las que recorre más de un modo de transporte pueden ser:

Calles con segregación total de tráfico en que cada modo circula por su propia banda en exclusiva (calzada, acera, carriles- bici, etc.)

Calles con segregación parcial de tráfico, con los modos motorizado de las calzadas y el no motorizado en la acera.

Calles de coexistencia de tráfico, en las que hay una asignación genérica de espacios por funciones, con posibilidad de mezcla de tráfico

b) Según la anchura de calle: la anchura de la calle, si bien está relacionada con su capacidad de tráfico e, indirectamente, con su importancia no es aislante. Consideradas pueden ser:

- Calles estrechas, de anchura igual o inferior a 5-8 m.
- Calles medias, entre 8 y 20 m.
- Calles anchas, superiores a 20 m.

c) según la actividad dominante de la calle: se refiere principalmente, a la densidad de la actividad dominante, ya que raramente una calle presenta un único uso. Con arreglo a ello, las calles pueden ser:

- Calles residenciales
- Calles industriales
- Calles comerciales o de oficinas
- Otros usos predominantes (vías parque, autovías urbanas, etc.)

## **2.5.2 VIAS INTERURBANAS**

Las vías interurbanas también llamadas carreteras se pueden definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales fue acondicionada.

Existen varias maneras de clasificar a las carreteras o vías interurbanas de acuerdo a distintos puntos de vista entre las más importantes tenemos:

a) **Clasificación administrativa:** En nuestro país la clasificación administrativa es la siguiente:

- Carreteras fundamentales.- Son las que se hallan dentro de la red fundamental de carreteras. La red fundamental es aquella que une capitales de departamento, capitales de provincia y puntos importantes de frontera.
- Carreteras Complementarias.- Son aquellas que nacen de la red fundamental.
- Carreteras Vecinales.- Son aquellas que por lo general nacen de las carreteras complementarias.

b) **Clasificación Funcional:** generalmente se las agrupa en:

- Arteriales.- son las que proporcionan un alto nivel de movilidad.
- Colectoras.- que proporcionan movilidad y acceso a la propiedad.
- Locales.- que proporcionan un alto grado de acceso a la propiedad.

## 2.6 CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS URBANAS

Como ya se mencionó anteriormente, el aspecto más importante que marca la diferencia entre una vía urbana y una vía interurbana es que en las vías urbanas existe la presencia del hombre, aspecto muy importante que impone el diseño de las mismas, tomando en cuenta todos los implementos que serán necesarios para brindarle al mismo los servicios precisos para las actividades que desarrolla cotidianamente.

A excepción de las vías arteriales en las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero si implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se le llama alumbrado público y es así que las carreteras se convierten en calles.

Las redes de servicios telefónicos, eléctricos, etc., que en vías interurbanas son aéreas ya en las vías urbanas deben ser enterradas, debido mayormente a las incomodidades y peligros que representan.

Asimismo los servicios de drenaje que en vías interurbanas son superficiales, en vías urbanas deben ser subterráneos.



Otras características de las vías urbanas a diferencias de las vías interurbanas, vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbana, de igual manera la velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, el peso de los vehículos son también características que presentan las vías urbanas.

Pasaremos a explicar brevemente cada una de las características de las vías urbanas que marcan la diferencia con respecto a las carreteras, ya que un estudio más detallado lo veremos en el siguiente capítulo.

### **2.6.1 La Calle**

Las distintas definiciones de los principales diccionarios y enciclopedistas, ponen en relieve algunos de los rasgos que caracterizan a la calle: Espacio público urbano, soporte e actividades ciudadanas en un ámbito no privado.

Dimensión longitudinal, con predominio de la organización lineal de las actividades e infraestructuras.

Espacio entre edificaciones, con importante componente arquitectónica.

Pero estas definiciones contrastan con una realidad no tan sencilla, debido a la gran variedad de tipos de calle y la gran riqueza de actividades que encierran. Permaneciendo y transformándose a lo largo de la historia, la calle se ha convertido en receptáculo de buena parte de las relaciones humanas que se desarrollan en el ámbito urbano.

Se puede decir que la función de la calle es doble ya que por un lado, es un camino, un canal de transporte, es decir un soporte de viajes. Por otro es un espacio de estancia de juego, de trabajo, de reunión de espectáculo de manifestación y lucha, espacio simbólico, en suma un espacio de relación e interacción social. La calle por lo tanto es mucha más que una vía de tráficos.

### **2.6.2 Aceras**

Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la

calzada. En las calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar la velocidad por no existir demasiado volumen de tráfico; el césped también es colocado por razones estéticas, existiendo para todo esto normas de los anchos mínimos y máximos adecuados que se deben emplear en el diseño. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Para poder proyectar un ancho adecuado de las aceras es necesario tener una idea del volumen peatonal que va a circular por la misma a fin de proporcionar la capacidad apropiada.

La construcción de aceras es un imperativo en toda zona edificada. Sin embargo, muchas veces se ha discutido su justificación en ciertas zonas rurales, semirurales o en proceso de urbanización.

Actualmente en Bolivia y particularmente en Tarija existen zonas edificadas (urbanas) en las cuales prácticamente no existen aceras o las mismas son demasiado estrechas, significando esto un peligro enorme para los peatones y mucha inseguridad para los conductores que por esta razón deben reducir la velocidad lo cual disminuye la capacidad de la calzada. Por todo esto la inexistencia de las aceras en las ciudades no se debería dar nunca, por lo que es necesario solucionar este problema.

Las aceras en ocasiones se convierten en elementos muy difíciles de diseñar, debido a que en algunos lugares la necesidad de varios servicios obliga a disponer de muchos elementos superficiales tales como semáforos, postes, elementos de señalización, columnas o obstáculos de alumbrado, armarios para servicios eléctricos, elementos de mobiliario urbano, etc., y debido a esto a veces resulta difícil el poder ordenar adecuadamente cada uno de estos para la comodidad de los usuarios.

### **2.6.3 Bordillos**

Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de las vías de acuerdo a su función se pueden clasificar a los bordillos en tres tipos:

- a) **Bordillos Traspasables.**- Son los que tiene como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia o necesidad. Estos tienen un talud que suele ser de 1 a 1 ó 2 a 1. Reducen el ancho efectivo de la calzada (por alejarse los vehículos de ellos) en unos 20 cm de día, pero la reducción por la noche es nula.
- b) **Bordillos Barrera normales.**- Son los más usados en nuestras ciudades, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir fácilmente a las aceras y atropellar a los peatones o invadir zonas dedicadas a césped. Tiene de 15 cm de altura en adelante pero no deben pasar de 20 cm a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos. Por lo tanto los vehículos pueden traspasarlo en caso de necesidad muy urgente, aunque dando fuertes golpes si no reducen su velocidad considerablemente. Restringen el ancho de las calzadas de 0,3 a 0,9 m.
- c) **Bordillos Barrera altos.**- Tiene más de 20 cm de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales como puentes, viaductos o junto a precipicios. Pueden ser de tipo escalonados, los carriles adyacentes a estos bordillos deben ser de 0,75 a 1,8 más anchos que lo normal.

## 2.7 PARAMETROS FUNDAMENTALES

### 2.5.1 VOLUMEN E INTENSIDAD

**VOLUMEN.**- El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo de vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el Volumen de Tráfico Diario (T. D.).
- Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el Volumen de Tráfico Anual (TA.).

El tráfico anual (TA.) y el tráfico diario (TD.) están relacionados a la factibilidad y la estadística técnico-económica.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el Volumen de tráfico Horario (TH.).

El Tráfico Horario está estrechamente ligado a la determinación de número de carriles, el ancho de plataforma y algunas características geométricas en el alineamiento horizontal y vertical de carreteras.

El Tráfico Promedio Diario (TPD), sirve para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

El TPD, en general, es representativo de los volúmenes vehiculares en determinada época del año. El período de conteo, debe ser superior a tres y menor a treinta días.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 hrs. al día durante y los 365 días del año.

Los volúmenes de tráfico (TPDA) y (TPD), sirven para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

**INTENSIDAD.-** Es el dato básico para la realización de cualquier estudio de planeamiento y explotación de redes varias, la intensidad de circulación. Para conocerla es necesaria contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación puede realizarse manualmente o por medio de aparatos especiales y puede hacerse clasificando más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan.

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos / Hora y

vehículos / día. Cuando se emplea como unidad los vehículos / hora se habla de intensidad horaria, y cuando se utilizan los vehículos / día se habla de la intensidad diaria.

La intensidad es la característica más importante de la circulación vial ya que las demás pueden relacionarse con ella más o menos fácilmente.

Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o automáticamente utilizando aparatos contadores. Estos aforos se realizan durante periodos más o menos largos, y se obtiene así un registro de los valores de la intensidad durante dichos periodos.

La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Como valor representativo de la misma durante el periodo de medida, se suele adoptar la intensidad diaria (u horaria si el periodo de medida es menor a un día) media de todas las registradas. Generalmente el periodo de aforo se extiende durante un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras, y se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido entre 365.

### **2.7.1 VELOCIDAD**

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte. En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniforme la velocidad deseada. Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para lo que diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

Así, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

### **2.5.2 DENSIDAD**

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede medir por ejemplo, obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él. Pero realmente esta magnitud rara vez se mide, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad o intensidad. Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están en fila, sin huecos entre ellos. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles. En estas condiciones los vehículos están parados, ya que le resultaría imposible moverse, incluso a pequeña velocidad, sin golpearse unos a otros.

Se ha comprobado que la libertad de maniobra y separación de estos vehículos son altamente valores por los conductores en relación con la calidad de servicio de circulación.

La distancia entre dos vehículos ( $d$ ) sumada a la longitud del vehículo ( $L$ ) es el intervalo espacial o espaciamiento ( $s$ )

$$S = d(\text{intervalo hueco}) + L(\text{vehículo})$$

Esta variable tiene un valor medio o espaciamiento medio  $S_o$  cuya inversa es por definición la densidad:

$$D = \frac{1}{S_o}$$

Consecuentemente la densidad es una variable que explica directamente la valoración que hacen las condiciones de la calidad de la circulación, de ahí el interés en utilizar esta variable.

## **2.8 CONCEPTOS GENERALES DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO**

Se puede afirmar que en efecto existen ciertas relaciones entre diferentes variables que componen el tráfico. Asimismo, también es cierto que existe alguna posibilidad de análisis matemático, conducido por las investigaciones que han realizado los ingenieros de tráfico así mismo un estudio de tráfico se debe atender los componentes conocidos como: *capacidad y nivel de servicio*.

### **2.8.1 CAPACIDAD VIAL**

Se define como capacidad a una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo normalmente de una hora para unas condiciones particulares de lavía y del tráfico. Dicho de otra forma, es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

### **2.8.2 NIVEL DE SERVICIO**

Se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario.

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía:

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves y otros.
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que si son cuantificables: la **velocidad de servicio** y el **índice de servicio**.

- a) **Velocidad de servicio:** Se define como la mayor velocidad media de recorrido que puede conseguir un conductor que circule por un tramo de carretera en buenas condiciones meteorológicas y bajo unas determinadas condiciones de tráfico. estadísticamente, es aquella que solo supera el 5% de los vehículos.
- b) **Índice de servicio:** Relación ente intensidad de tráfico y la capacidad de la vía.

Dado un determinado nivel de servicio, se define **intensidad de servicio** como la máxima posible para que se mantenga un determinado nivel de servicio. Caso de superarse, se entraría en un nivel de servicio más bajo.

Donde se definen seis niveles de servicio, estos niveles se hallan de la A, B, C, D, E y F en un orden decreciente de calidad.



**CAPITULO III**  
**PARÁMETROS DEL**  
**COMPORTAMIENTO DEL**  
**TRÁFICO**

## **3 PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO**

### **3.1 GENERALIDADES**

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico. Se hace necesaria entonces la planeación integral del transporte: integración del transporte y los usos del suelo, la cual debe abordar la relación entre movilidad/accesibilidad y los modelos de crecimiento urbano. Por tanto se ve la necesidad de la realización de estudios, procedimientos de aplicación de las diferentes metodologías y desarrollos en este campo cuyo modelo de crecimiento urbano, se manifiesta en la congestión del tráfico vehicular.

**SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRANSITO** Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

**SOLUCIÓN INTEGRAL** Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

**SOLUCIÓN PARCIAL DE ALTO COSTO** Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

**SOLUCIÓN PARCIAL DE BAJO COSTO** Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito así como la disciplina y educación de parte del usuario.

### **3.2 VOLUMEN DE TRANSITO**

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de tránsito generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, llenando así una serie de satisfacciones y oportunidades ofrecidas por el medio ambiente circundante. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados 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 son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de calidad del servicio prestado a los usuarios.

#### **3.2.1 DEFINICION**

Se define como 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:

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

Dónde:

$Q$  = Vehículos que pasan por una unidad de tiempo (vehiculos / hora)

$N$  = número total de vehículos que pasan (vehiculos)

$T$  = periodo determinado (unidad de tiempo)

### 3.2.2 TIPOS DE VOLUMENES

#### 3.2.2.1 VOLUMENES 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 absolutos o totales:

**Transito anual (TA).**-Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso,  $T = 1$  año.

**Transito mensual (TM).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso,  $T = 1$  mes.

**Transito semanal (TS).**- Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso,  $T = 1$  semana.

**Transito diario(TD).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso,  $T = 1$  día.

**Transito horario (TH).**- Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso,  $T=1$  hora.

**Tasa de flojo o flujo (q).**- Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso,  $T < 1$  hora.

#### 3.2.2.1 VOLUMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIOS

Se define el volumen de transito 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 a un día, dividido entre el número de días de periodo. De acuerdo al número de días de este

periodo, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día:

1. **Tránsito promedio diario anual (TPDA)**  $TPDA = \frac{TA}{365}$
2. **Tránsito promedio diario mensual (TPDM).**  $TPDM = \frac{TM}{30}$
3. **Tránsito promedio diario semanal (TPDS)**  $TPDS = \frac{TS}{7}$

### 3.2.2.2 VOLUMENES DE TRÁNSITO HORARIOS

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:

**Volumen horario de máxima demanda (VHMD).**- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una 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 de proyecto (VHP).**- Es el volumen de tránsito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.

### 3.2.3 PROCEDIMIENTO DE AFOROS DE VOLUMENES

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía nos permiten obtener datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto al tiempo y espacio, las características de los aforos dependen del tipo de análisis solicitado en una vía. Los aforos de volumen sirven para efectuar:

- Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento)
- Estudios prioritarios de construcción
- Estudios prioritarios de señalización
- Estudios de accidentes en la zona

### **3.2.3.1 MÉTODOS DE AFORO**

#### **Método manual**

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

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

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

#### **Método mecánico**

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

- Detectores neumáticos: consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.
- Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.
- Fotoeléctrico: consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.
- Radar: lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.
- Fotografías: se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos.

### **3.2.4 USO DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO**

Desde un punto de vista general, se utilizan los datos de volúmenes de tránsito para el estudio en el siguiente campo:

## **Ingeniería de tránsito**

Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades, caracterización de flujos vehiculares, zonificación de velocidades, necesidad de dispositivos para el control de tránsito y estudio de estacionamientos

### **3.2.5 COMPOSICION DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO**

La variación de los volúmenes de tránsito por carriles presenta las siguientes características:

- En vías urbanas de 3 o más carriles de operación en un sentido, la mayor velocidad y capacidad se desarrolla en el carril del medio, las paradas de autobuses y los giros a derecha e izquierda hacen que la circulación en los carriles laterales sea más lento.
- En carreteras, el carril cercano a la faja separadora central es utilizado por vehículos más rápidos y para rebases, presenta mayores volúmenes de tráfico en el carril inmediato al acotamiento.
- En autopistas, se presentan mayores volúmenes en el carril cercano a la faja separadora central.

#### **3.2.5.1 VARIACION DEL VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA**

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varias días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquier de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma.

Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo,  $q_{\text{máx}}$ , que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{\text{máx}})}$$

Dónde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{\text{máx}})}$$

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{\text{máx}})}$$

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. Valores bastantes menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

### **3.2.6 VOLUMENES DE TRANSITO FUTURO**

#### **PRONÓSTICO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO FUTURO**

El tránsito futuro es el volumen de tráfico que tendrá la vía cuando esté completamente en servicio. Está compuesto por el tránsito actual y el incremento del tránsito al año de proyecto.



## **INDICES DE CRECIMIENTO**

Se puede pronosticar también el tránsito futuro mediante índices de crecimiento aplicados a métodos aritméticos y geométricos. El método aritmético se utiliza para poblaciones pequeñas con volúmenes bajos de tráfico, su expresión es la siguiente:

$$TF = TA(l + ni) \quad (3.27)$$

Dónde:

n = número de años

i = tasa o rata de crecimiento

El método geométrico se utiliza para poblaciones con volúmenes de tráfico alto, su expresión es la siguiente:

$$TF = TA(l + i)^n \quad (3.28)$$

### **3.3 VELOCIDAD**

#### **3.3.1 DEFINICIONES**

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto. Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$V = \frac{d}{t} \quad (3.1)$$

Dónde:

$v$  = velocidad constante (km/h)

$d$  = distancia recorrida (km)

$t$  = tiempo de recorrido (h)

### **3.3.2 TIPOS DE VELOCIDADES**

#### **3.3.3 VELOCIDAD DE PUNTO**

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,

#### **3.3.4 ESTUDIO DE VELOCIDADES DE PUNTO**

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una vía, sirven para determinar las características de la velocidad en dicho tramo bajo las condiciones atmosféricas y de tráfico al momento de realizar dicho estudio. Las velocidades agrupadas en un tiempo y espacio dados, presentan un coeficiente de dispersión alto, por lo que pueden representarse mediante una distribución normal de velocidades que es lo que mejor se acomoda al tipo de datos. 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.

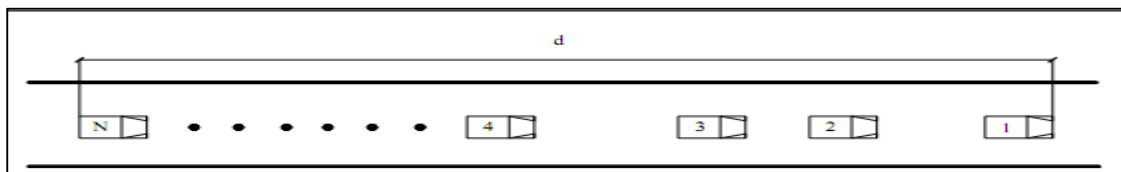
Dada la incertidumbre que se tiene para caracterizar la población total de velocidades a partir de variables basadas en una muestra, y debido a que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad sino más bien se acomodan a una distribución de velocidades dentro de un intervalo de comparación, se debe utilizar la estadística descriptiva y la inferencia estadística en el análisis de los datos de velocidad de punto.

### 3.3.5 AFORO DE VELOCIDADES

Para el estudio de velocidades de punto se recurre a mediciones en puntos determinados, donde se medirá la velocidad mediante las mediciones de un tramo específico y el tiempo en el que los vehículos circulan en dicho tramo, donde se puede determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en el tramo, por medio de una gran cantidad de muestras.

Las mediciones se las debe elaborar en las horas pico ya determinadas en el estudio de tráfico.

Figura 2. Aforo de velocidades



## 3.4 CAPACIDAD VEHICULAR

### 3.4.1 PRINCIPIOS Y CONCEPTOS GENERALES

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un periodo determinado bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Refleja la habilidad de la vía para acomodar una corriente de movimiento de vehículos. El Nivel de Servicio es una medida de la calidad de

fluidez. La Capacidad y Nivel de Servicio estimados son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones en la Ingeniería de Tráfico y Planes de Transportación.

### **3.4.2 CRITERIOS DE ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO**

Los factores externos que afectan el nivel de servicio, como los físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo, como por ejemplo de la hora de máxima demanda. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en el lapso. Para tomaresto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un periodo de máximo dentro de la hora de máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos, y como se analiza en este capítulo, sobre el volumen, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Dónde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$q_{max}$  = Flujo máximo durante 15 minutos

Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad como el principal factor usado para identificar el nivel de servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen, además de la velocidad media de recorrido, dos nuevos factores: la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

En cualquiera de los casos un factor primordial para valorar el grado de utilización de la capacidad de un sistema vial y, por consiguiente, su nivel de servicio, es la relación entre el flujo y la capacidad ( $q/q_{max}$ ,  $v/c$ ), ya sea entre el flujo de demanda y la capacidad, o bien la

relación entre el flujo de servicio y la capacidad, según el problema específico. En situaciones donde se conoce la demanda y la capacidad y se desea determinar el nivel de servicio,  $q = v$  representa el flujo de demanda. En el caso cuando se conoce la capacidad y se especifica un determinado nivel de servicio,  $q = v$  representa el flujo de servicio posible con dicho nivel.

En condiciones ideales, el flujo de servicio siempre será una fracción de la capacidad.

La determinación de estos factores y los procedimientos de análisis están contenidos en los manuales de HCM. Se resalta que el Highway Capacity Manual de 1985 editado por el transportation Research Board de los Estados Unidos, constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre la capacidad de carreteras y calles, y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad en Estados Unidos, se ha utilizado en otros países con resultados muy positivos, y en donde los procedimientos los han permitido, se ha incorporado información de estudios locales, adaptando el Manual a las condiciones propias de cada país.

La capacidad de una infraestructura vial es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo, o las condiciones del tránsito. Por esta razón, los análisis de capacidad se realizan aislando las diversas partes del sistema vial, como en tramo recto; un tramo con curvas; un tramo con pendientes; el acceso a una intersección; un tramo de entrecruzamiento; una rampa de enlace; etc.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

- El flujo y la capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la carretera o calle.
- El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo de la carretera o calle. Dicho tramo, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su capacidad. Las variaciones en capacidad provienen de cambios en anchura, por pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc. Las variaciones de flujo se originan por cierta cantidad de vehículos que entran y salen del tramo en ciertos puntos a lo

largo de él. El nivel de servicio del tramo debe tomar en cuenta, por lo tanto, el efecto general de estas limitaciones.

- Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio con variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Por lo que corresponde a la capacidad, se requieren el tipo de infraestructura vial, sus características geométricas, la velocidad media de recorrido, la composición del tránsito y las variaciones del flujo. Por lo que toca al nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren incluyen la densidad, la velocidad media de recorrido, las demoras y la relación flujo a capacidad.
- Por razones prácticas se han fijado valores de densidades, velocidades medias de recorrido, demoras y relaciones de flujo a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, carreteras de carriles múltiples, carreteras de dos carriles, calles, intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforo o de prioridad.
- El criterio utilizado para una identificación práctica de los niveles de servicio de las diversas infraestructuras viales, establece que se deben considerar las medidas de eficiencia mostrada en la tabla siguiente.

Cuadro 1. Medidas de Eficiencia

<b>Tipo de infraestructura vial</b>	<b>Medidas de eficiencia</b>
<b>Autopistas</b> <b>Segmentos básicos de autopistas</b> <b>Entrecruzamientos</b> <b>Rampas de enlace</b>	Densidad (Vehículo Ligero / km / carril) Velocidad media de recorrido (km / h) Tasas de flujo (vehículo Ligero / h)
<b>M Carreteras</b> <b>Multicarriles</b> <b>De dos carriles</b>	Densidad (Vehículo Ligero/ km / carril) Demora porcentual (%) y velocidad media de recorrido
<b>Intersecciones con semáforos</b>	Demora media individual por paradas (seg / veh.)
<b>Intersecciones sin semáforos</b>	Capacidad remanente (Vehículo Ligero/ h)
<b>Arterias</b>	Velocidad media de recorrido (km / h)
<b>Transporte colectivo</b>	Factor de carga (personas / asiento)
<b>Peatones</b>	Espacio (m <sup>2</sup> / peatón)

### 3.4.3 TIPOS DE VIAS DE CAPACIDAD

Para el análisis de este parámetro de tráfico se ha establecido por las entidades investigadoras una sub-división a partir del tipo de vía teniendo los siguientes tipos:

**VIAS ININTERRUMPIDAS.-** Es cuando no hay elementos externos que detengan el flujo de vehículos.

**VIAS INTERRUMPIDAS.-** Las vías interrumpidas son aquellas que por la presencia de flujos transversales al flujo principal son interrumpidos en forma periódica en este caso están todas las vías urbanas. Porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadrangular con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que se permite un flujo transversal al flujo principal.

**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD.-** Para determinar la capacidad de vías interrumpidas la ecuación que nos permite es:

$$C_{Real} = C_{Prac} * \text{Factores de reduccion}$$

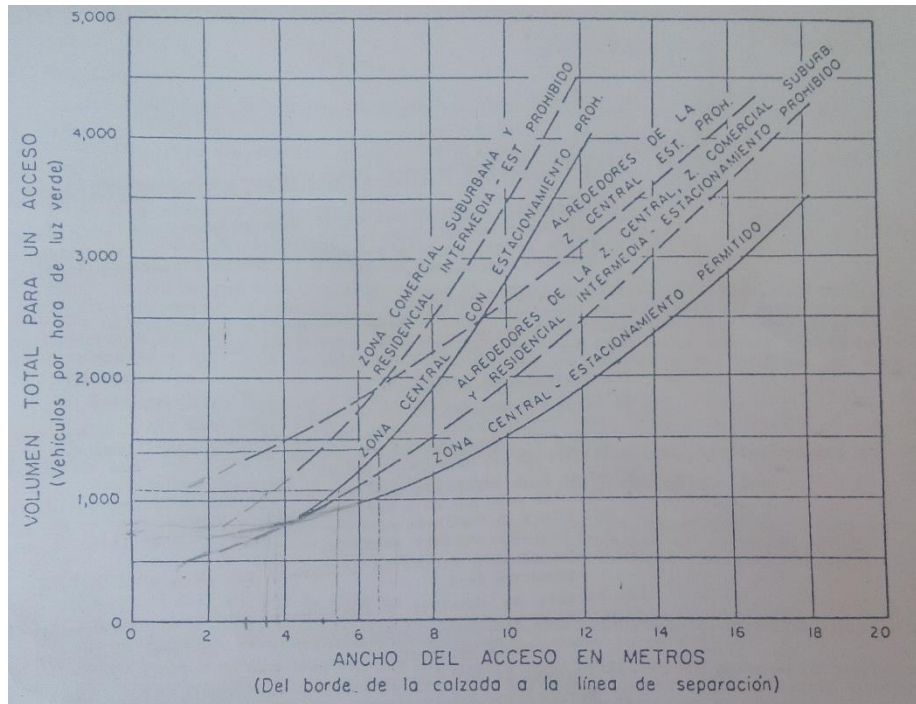
$$C_{Prac} = C_{Ideal} * 0.9$$

La capacidad ideal es aquella capacidad básica que pueda tener una vía urbana que depende básicamente del ancho del acceso, de la presencia de estacionamiento lateral y la posición de la vía respecto al entorno urbano, es decir si están en la zona central, zona intermedia, o zona extremo de la ciudad.

Por medio de la HCM se utiliza gráficos para determinar la capacidad ideal, en el cual se utiliza como dato para su utilización el ancho del acceso para las vías interrumpidas, tanto para un acceso y para dos accesos, es decir de un sentido de circulación y de doble sentido de circulación.

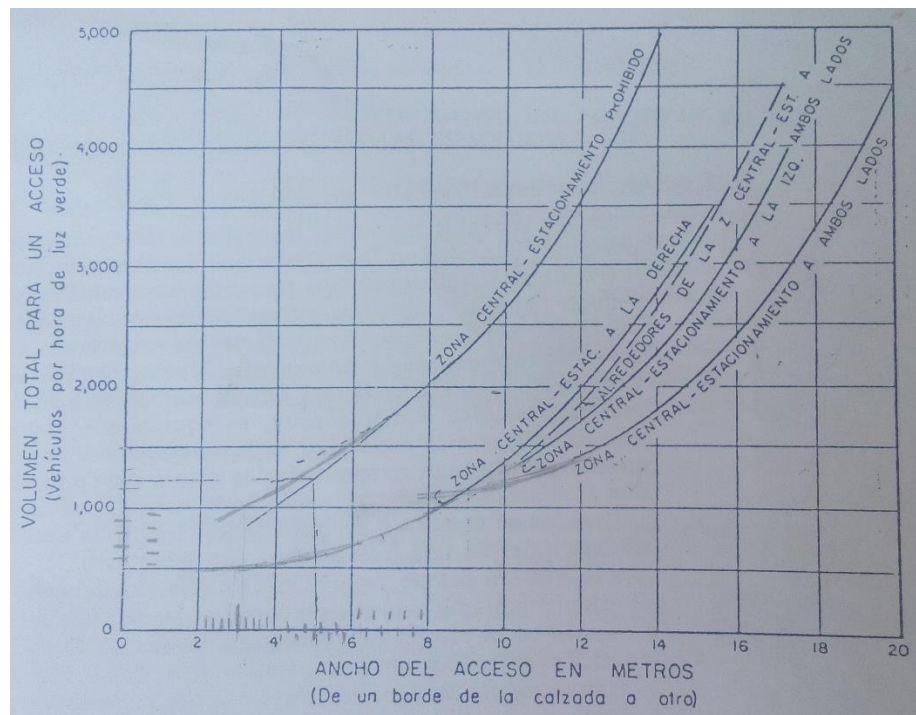
Estos gráficos son utilizados para determinar la capacidad en calles.

Figura 3. Capacidad Ideal Para Accesos de dos Sentidos



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Figura 4. Capacidad Ideal Para Accesos de un Solo Sentido



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat



#### **3.4.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD**

En la capacidad existen varios factores que influyen y reducen la capacidad de las calles, de entre ellas la mayoría de las normas han hecho énfasis de las tres más importantes que son:

Vehículos Pesados

Movimientos de giros (izquierda y derecha)

Estacionamientos

En el nivel de servicio se distinguen factores internos y externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

#### **3.4.5 CONDICIONES QUE DEFINEN LOS NIVELES DE SERVICIO**

La densidad es el parámetro usado para definir los niveles de servicio en secciones básicas de autopista, ya que la misma se incrementa al igual que el flujo hasta la capacidad. Los rangos de densidad, velocidad y flujo para cada nivel de servicio.

#### **3.4.6 TIPOS DE NIVELES DE SERVICIO**

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de ser percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles, que se ilustran en las fotografías, para sistemas de circulación continua son:

**Nivel de servicio A.-** Describe operaciones de libre fluidez, velocidades de libre fluidez prevalecen. Los vehículos son casi completamente libres de maniobrar dentro el tráfico aun en la máxima densidad del NS A, el promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 530 pies (161.5 m) ó 26 longitudes de vehículo lo cual permite al motorista un alto nivel de confort físico y psicológico. Los efectos de incidentes o puntos de colapso son fácilmente absorbidos en este nivel.

Figura 5. Nivel de Servicio A



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

**Nivel de servicio B.-** Representa una libre fluidez razonable, y la velocidad a flujo libre es mantenida. El más bajo promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 330 pies (100.6 m.) ó 17 longitudes de vehículo. La habilidad para maniobrar dentro del flujo de tráfico está ligeramente restringida, y el nivel general de confort físico y psicológico proveído a los conductores es aún alto. Los efectos de incidentes menores y puntos de colapso aún son fácilmente absorbidos.

Figura 6. Nivel de Servicio B



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

**Nivel de servicio C.-** Provee un flujo con velocidades iguales o cercanas a la velocidad de flujo libre de autopista. La libertad de maniobrar dentro del flujo de tráfico es notablemente más restringido en el NS C y los cambios de vía requieren más cuidado y vigilancia por parte del conductor. El promedio mínimo de espacio entre vehículos está en el rango de 220 pies (67 m.) u 11 longitudes de vehículo. Incidentes menores aún pueden ser absorbidos, pero la deterioración local del servicio será sustancial. Se puede esperar la formación de filas detrás de cualquier bloqueo significativo.

Figura 7. Nivel de Servicio C



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

**Nivel de servicio D.-** Es el nivel en el cual la velocidad empieza a declinar ligeramente con el incremento del flujo. La densidad empieza a incrementarse algo más rápidamente con el incremento del flujo.

Figura 8. Nivel de Servicio D



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

La libertad de maniobrar dentro el flujo de tráfico es notablemente más limitado, y el conductor experimenta un reducido nivel de confort físico y psicológico. Puede esperarse que cualquier incidente pueda crear filas debido a que el flujo de tráfico tiene un pequeño espacio para absorber turbulencias. El porcentaje mínimo de espaciamiento de vehículos es de aproximadamente 165 pies (50.3 m.) u ocho longitudes de vehículo.

**Nivel de servicio E.-** Describe las operaciones en capacidad, las operaciones en este nivel, virtualmente no se tienen espacios usables en el flujo de tráfico. Los vehículos están espaciados aproximadamente seis longitudes de vehículo, dejando un pequeño espacio para maniobrar dentro del flujo de tráfico a velocidades que aún están sobre las 49 mi/h (78.9 km/h). Cualquier interrupción en el flujo de tráfico, tal como los vehículos entrando de una rampa o un vehículo cambiando de carril puede establecer una onda de interrupción que se propaga a través del flujo del tráfico corriente arriba. En cuanto a la capacidad, el flujo de tráfico no tiene la habilidad para disipar ni siquiera la menor interrupción, y puede esperarse que cualquier incidente produzca un serio colapso con una extensa fila ó enfilamiento vehicular. La maniobrabilidad dentro el flujo de tráfico es extremadamente limitado y el nivel de confort físico y psíquico para el conductor es pobre.

Figura 9. Nivel de Servicio E



**Fuente:** Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

**Nivel de servicio F.-** Describe colapsos en fluidez vehicular. Tales condiciones generalmente existen dentro las formaciones de fila detrás de puntos de colapso. Tales colapsos ocurren por las siguientes razones:

- Incidentes de tráfico causan una reducción temporal de la capacidad en un corto segmento, así que el número de vehículos llegando a este punto es más grande que el número de vehículos que salen de él.
- En situaciones previstas, cualquier ubicación donde el proyectado flujo en la hora-pico (u otra) excede la capacidad estimada de la ubicación genera un problema.

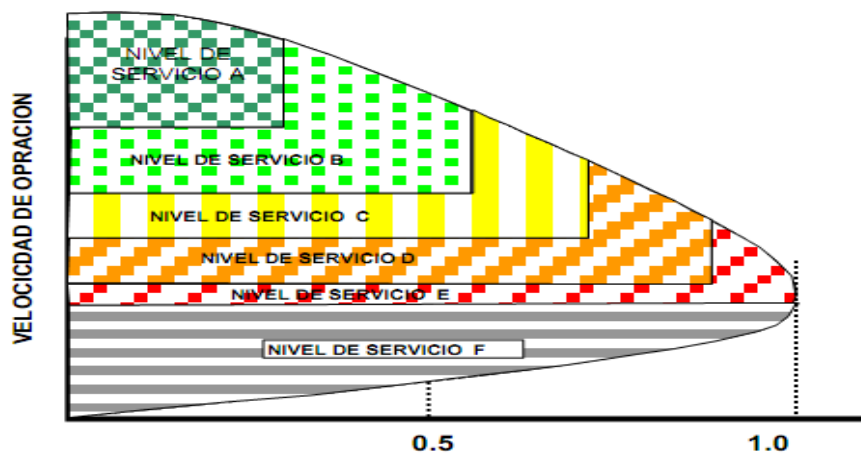
Figura 10. Nivel de Servicio E



Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

### 3.4.7 RELACION ENTRE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Figura 11. Concepto General De La Relación De Los Niveles De Servicio Con La Velocidad De Operación Y La Relación Volumen Capacidad



Una sección básica de autopista se caracteriza por dos medidas de rendimiento:

1. Velocidad en términos de velocidad media de los vehículos.
2. Relación volumen/capacidad (v/c).

Estas tres medidas están interrelacionadas. Cuando dos de estas se conocen, la tercera se resuelve de inmediato.

La relación entre V/C es lo que se puede decir el índice de serviciabilidad de tráfico y esto está relacionado al nivel de servicio actuante del tráfico, como se puede observar en la tabla a continuación.

Cuadro 2. Índice de Serviabilidad

NIVEL DE SERVICIO		FACTOR V/C
A	$\leq$	0
B	$\leq$	0,1
C	$\leq$	0,3
D	$\leq$	0,7
E	$\leq$	1
F	$>$	1

**CAPITULO IV**

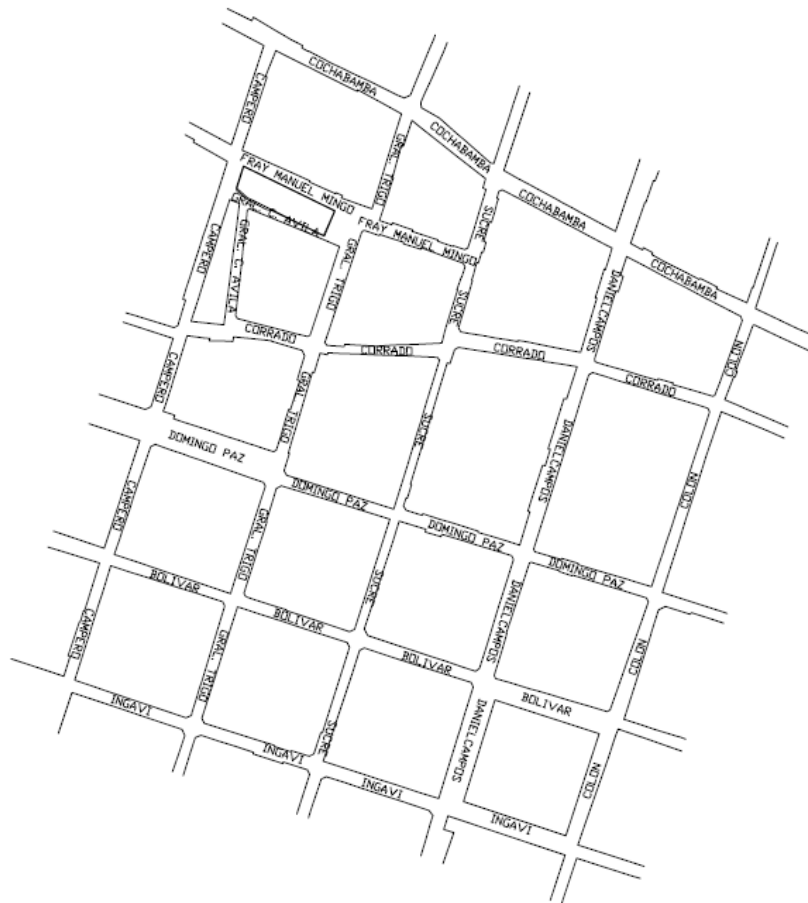
**APLICACIÓN PRÁCTICA**

## 4 APLICACIÓN PRÁCTICA

### 4.1 IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se determina la zona de estudio de acuerdo al área de mayor influencia de las líneas sindicalizadas de transporte público (micros), La zona se encuentra ubicada entre las calles Cochabamba al norte, calle Ingavi por el sur, Calle Campero por el oeste y calle Colon por el este, se determino esta área para el estudio basandonos de acuerdo al trazo de las rutas de micros por el centro de la ciudad que tienen mayor confluencia en esta parte de la ciudad, como se puede apreciar en el plano número 1, que se encuentra en anexos.

Figura 12. Zona de Estudio



### 4.2 DETERMINACIÓN DE LAS HORAS PICO

Para la determinación de las horas pico se realiza el aforamiento a lo largo de un día desde las 07:00 a 22:00 horas en 10 puntos de la zona de estudio, los cuales se detallan en la planilla que se muestra a continuación.



Cuadro 3. Aforos Para la Determinación de las Horas Pico

N°	HORA	UBICACIÓN DE CALLES AFORADAS									
		ENTRE LAS PARALELAS: SUCRE - DANIEL CAMPOS					ENTRE LAS PARALELAS: DOMINGO PAZ - BOLIVAR				
		COCHABAMBA	CORRADO	DOMINGO PAZ	BOLIVAR	INGAVI	CAMPERO	GENERAL TRIGO	SUCRE	DANIEL CAMPOS	COLON
		[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]	[Veh/h]
1	07:00 a 08:00	540	464	408	480	380	380	256	400	358	370
2	08:00 a 09:00	529	448	398	461	371	362	246	386	347	355
3	09:00 a 10:00	506	443	393	468	367	364	237	392	342	342
4	10:00 a 11:00	396	337	329	384	283	276	169	299	272	286
5	11:00 a 12:00	526	42	396	464	374	377	251	391	350	361
6	12:00 a 13:00	545	468	411	481	381	385	257	404	359	371
7	13:00 a 14:00	502	408	366	441	349	354	241	374	330	341
8	14:00 a 15:00	367	307	301	347	276	270	191	320	252	263
9	15:00 a 16:00	404	352	325	377	304	300	215	289	287	283
10	16:00 a 17:00	457	392	359	424	332	332	227	339	305	329
11	17:00 a 18:00	515	438	383	461	358	360	246	380	339	350
12	18:00 a 19:00	549	471	413	484	384	387	260	407	361	373
13	19:00 a 20:00	526	455	404	475	363	374	251	394	345	358
14	20:00 a 21:00	398	366	356	336	306	314	205	326	279	318
15	21:00 a 22:00	301	288	243	303	273	260	132	237	256	264

Fuente: Elaboración propia, octubre de 2016

De acuerdo a los datos de aforaciones realizadas se tienen las siguientes graficas que muestran el comportamiento del flujo del tráfico a lo largo del día, en los que se puede apreciar que las horas pico se establecen en; 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00 de acuerdo a estos resultados se realizan las aforaciones correspondientes en cada una de las 28 intersecciones de las cuales comprende la zona de estudio.

Figura 13. Fotografía de Aforaciones



Figura 14. Histograma de Horas Pico Calle Cochabamba

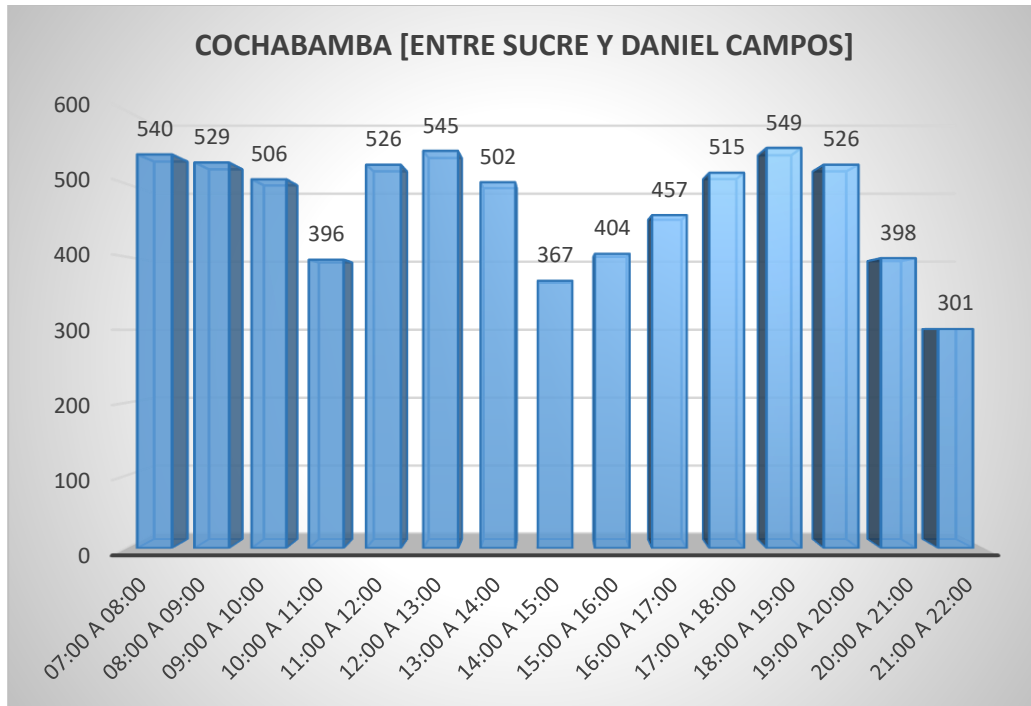


Figura 15. Histograma de Horas Pico Calle Corrado

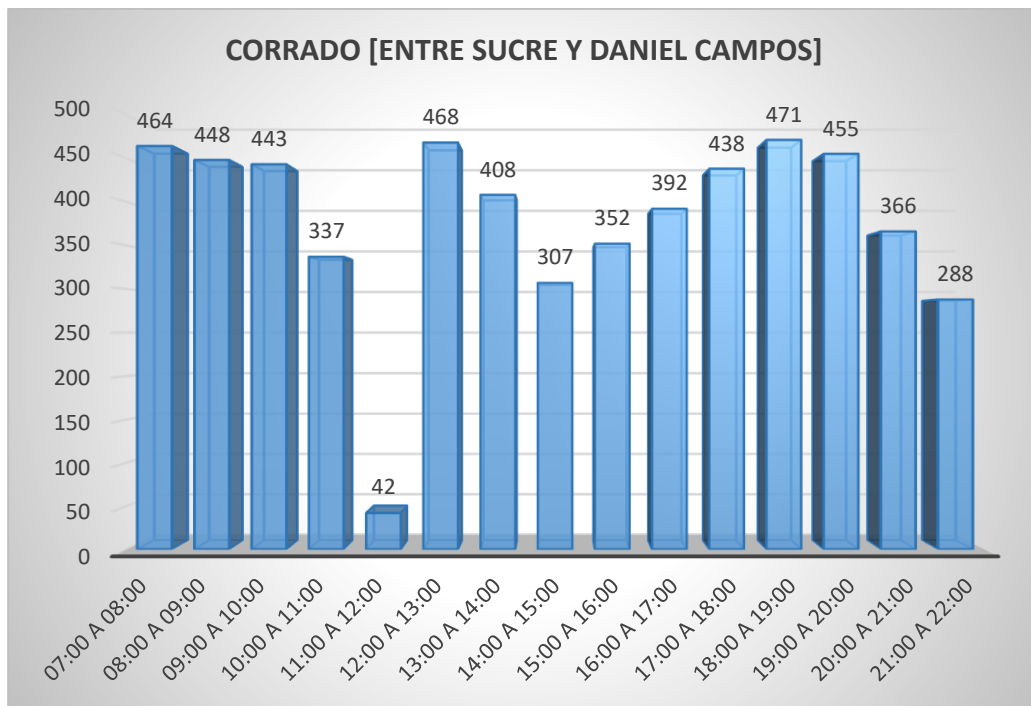


Figura 16. Histograma de Horas Pico Calle Domingo Paz

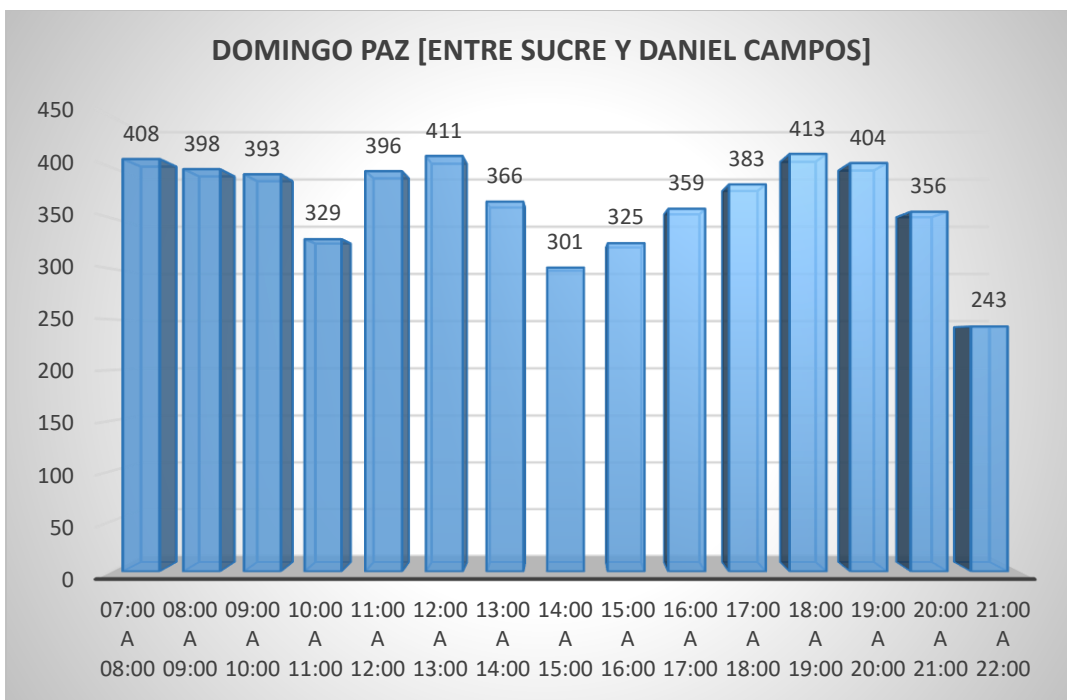


Figura 17. Histograma de Horas Pico Calle Bolívar

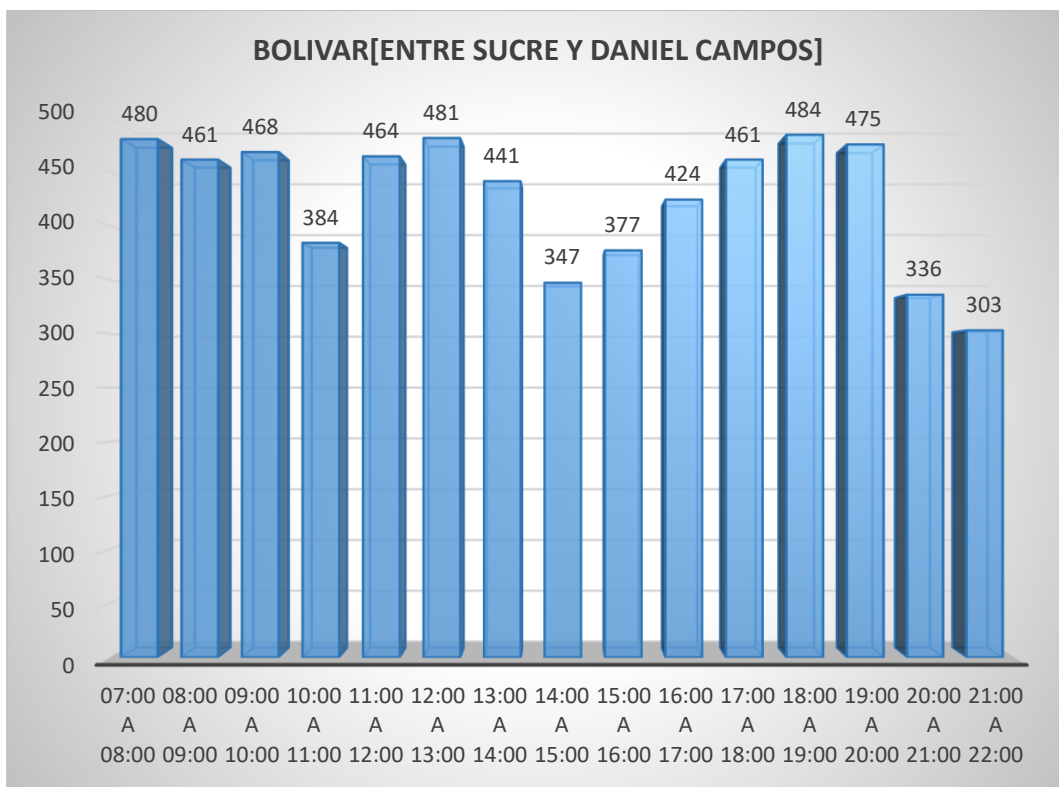


Figura 18. Histograma de Horas Pico Calle Ingavi

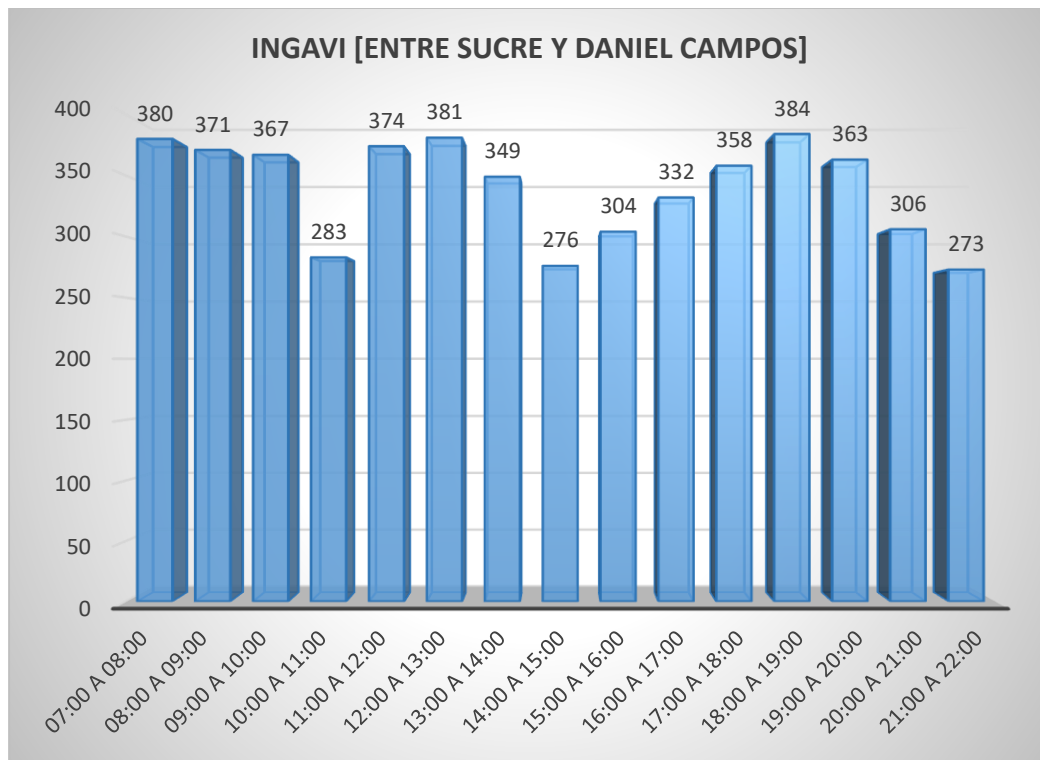


Figura 19. Histograma de Horas Pico Calle Campero

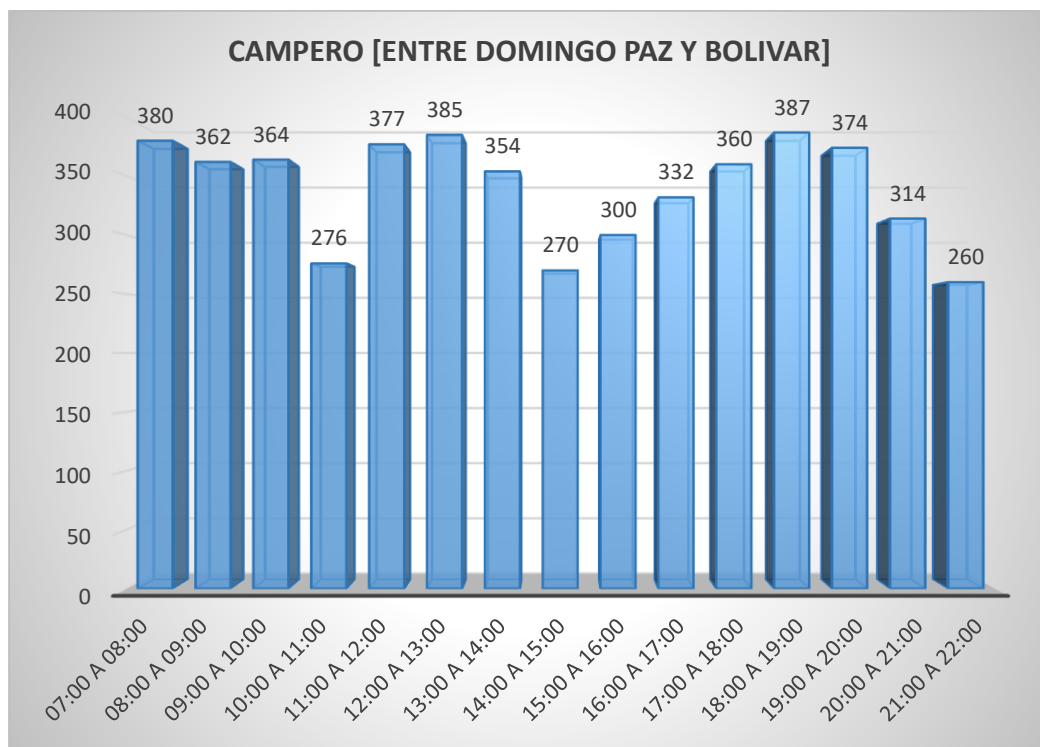


Figura 20. Histograma de Horas Pico Calle General Trigo

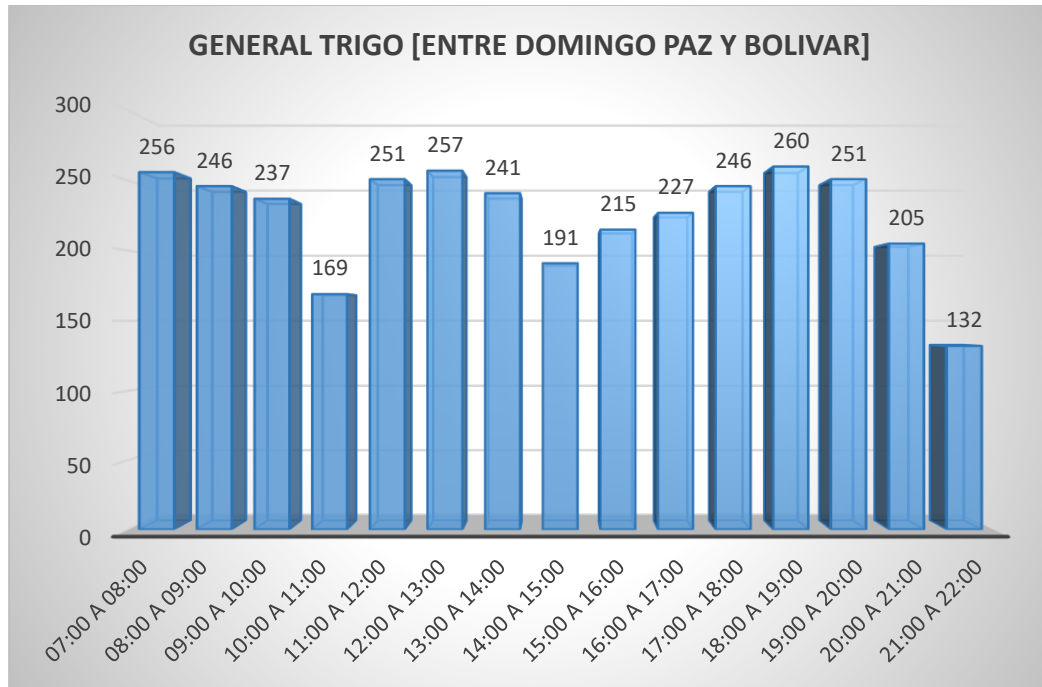


Figura 21. Histograma de Horas Pico Calle Sucre

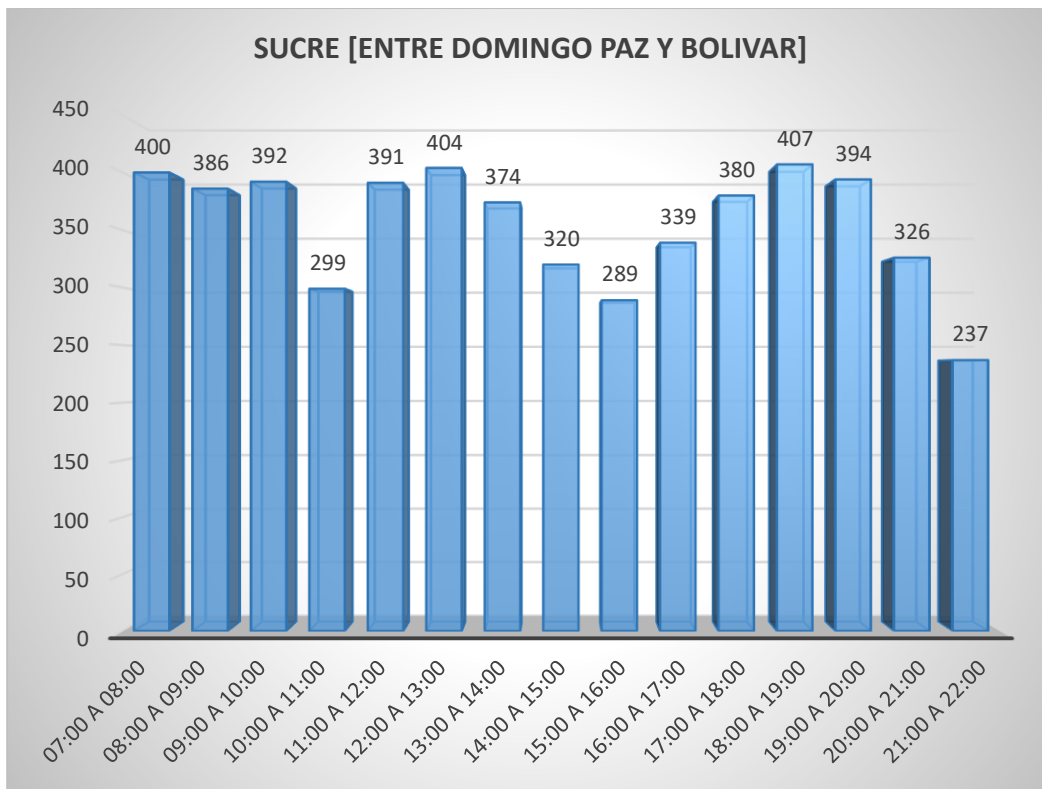


Figura 22. Histograma de Horas Pico Calle Daniel Campos

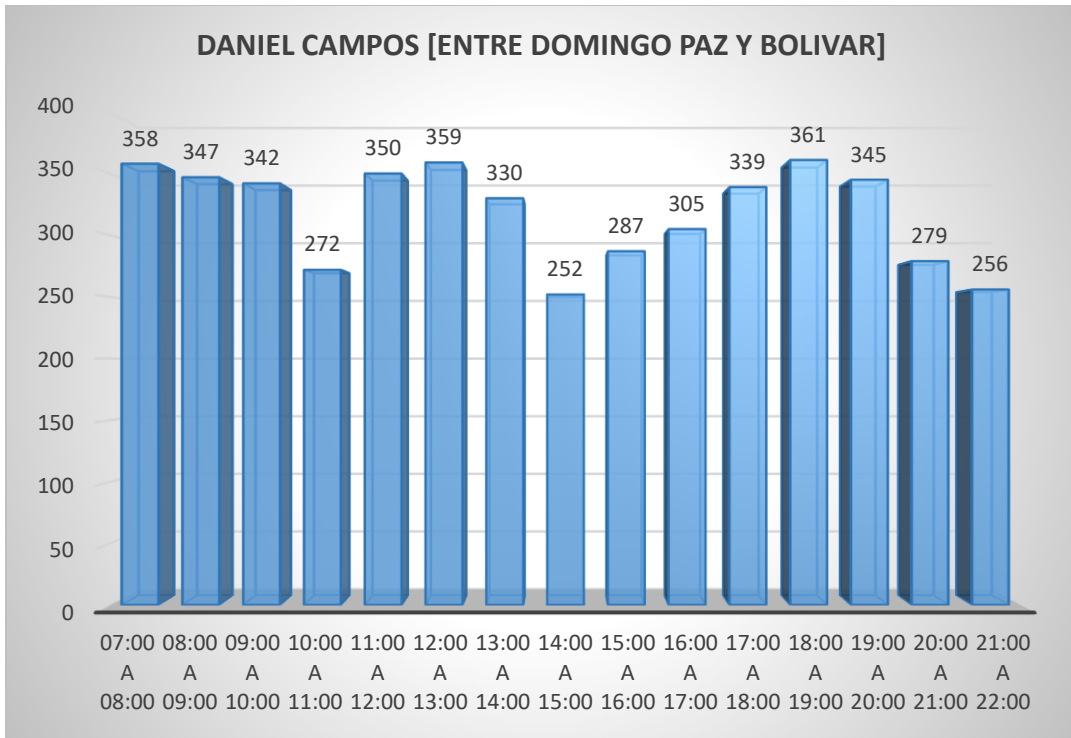


Figura 23. Histograma de Horas Pico Calle Colon

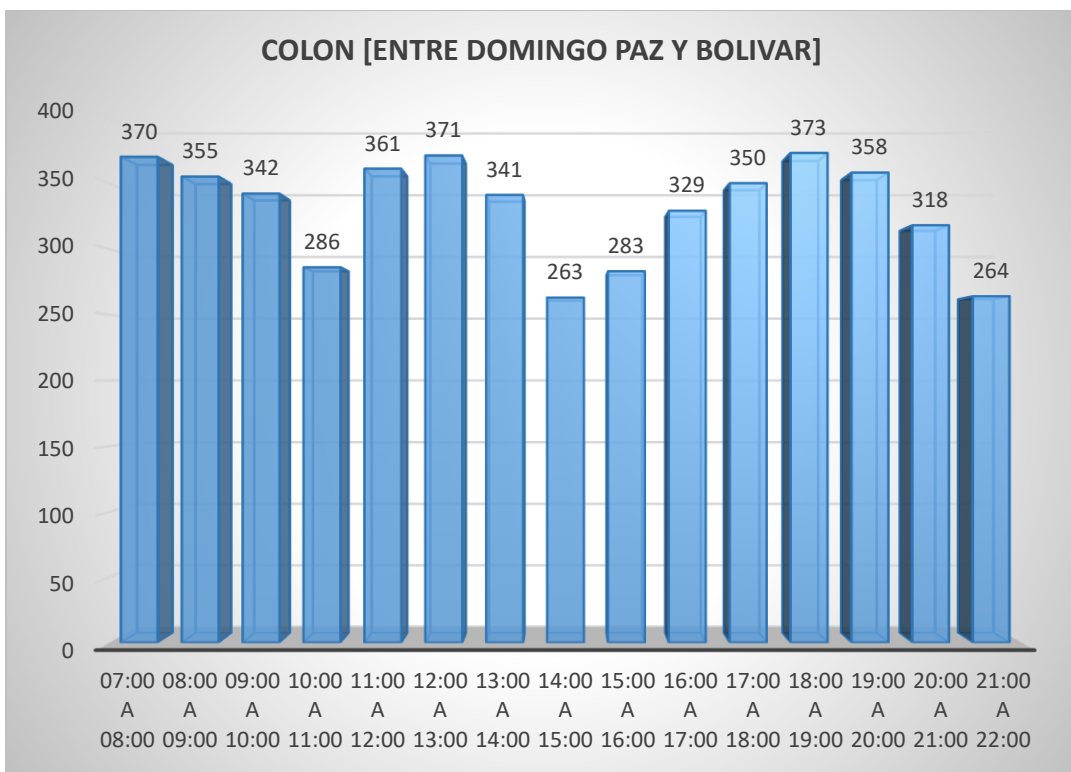




Figura 24. Aforación Calle Bolívar – Colon





### 4.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS INTERSECCIONES

Cuadro 4. Clasificación de las Intersección de Acuerdo a la Visibilidad

RANGO DE CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Muy buena	La visibilidad que tienen los vehículos que llegan y salen de la intersección es óptima. El ancho de las aceras en los accesos al ingreso y salida son mayores a 2 metros. Cuenta con un ochave de longitud mayor a 3 metros, que forma un ángulo de 45° con respecto a cada lado de la acera
Buena	Las dimensiones de la intersección permiten tener una buena visibilidad que ayuda al vehículo a realizar una buena maniobra al llegar o salir de la misma. Los anchos de las aceras se encuentran entre 2 y 1.5 metros. Y la longitud de los ochaves entre 3 y 2 metros, el ángulo que forman con respecto a la acera es aproximadamente de 45°
Regular	La visibilidad se ve afectada por la dimensión de los accesos ya sea en la llegada o salida de la intersección. El ancho de las aceras puede venir entre 1.5 a 0.8 metros y la longitud de los ochaves puede ser entre 2 a 1 metro formando ángulos cercanos a 45° con respecto a las aceras de las esquinas
Mala	La visibilidad de llegada a la intersección es mucho menor que la de salida, la intersección puede o no contar con las aceras u ochaves, si tiene aceras sus dimensiones varían de 0.8 a 0.25 metros y para ochaves de 1 a 0.25 metros.
Muy mala	La visibilidad es pésima, esta se ve dificultada por la no presencia de aceras y ochaves, tanto a la llegada como a la salida de la intersección. Las intersecciones que cuentan con aceras tienen dimensiones menores a 0.25 metros, de igual forma la dimensión de los ochaves es menor a 0.25 metros

Cuadro 5. Clasificación de las Intersección de Acuerdo a la Calidad de la señalización horizontal y vertical

Rango de clasificación	Descripción
Muy buena	Cuenta con todas las señales de tránsito, además de que la calidad de la señalización horizontal es excelente al igual que la ubicación de las señales verticales.
Buena	Cuenta con la señalización necesaria. La calidad de la señalización horizontal es aceptable, pudiéndose distinguir el pintado con claridad. La ubicación de las señales verticales son fácilmente visibles para conductores como para peatones.
Regular	Cuenta con la señalización necesaria. La calidad de la señalización horizontal es un poco deficiente, pudiéndose distinguir el pintado con cierta dificultad. Las señales verticales se ubican en lugares que permiten visualizarlas sin problema de distancias cortas.
Mala	Hay ausencia de algún tipo de señal. La calidad de la señalización horizontal es muy deficiente, notándose mínimamente el pintado. La señalización vertical existente se encuentra en lugares que dificultan su visualización.
Muy mala	No cuenta con ningún tipo de señalización ya sea horizontal o vertical.

Para la determinación de las capacidades y niveles de servicio se hace el empleo de ábacos y cuadros, para la capacidad ideal se emplea dos ábacos (Figura 3. Capacidad Ideal Para Accesos de Dos Sentido y Figura 4. Capacidad Ideal Para Accesos de Un Sentido) que se encuentran en la página 32 del presente documento. Se cuenta con los siguientes recuadros para la clasificación de los niveles de servicio en intersecciones que no cuentan con semáforo como así también para las que si cuentan con semáforo.

Cuadro 6. Nivel de Servicio

<b>NIVELES DE SEVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MÁXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCONES AISLADAS INDEPENDIENTES</b>		
<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO</b>	<b>FACTOR DE CARGA</b>
A	FUJUO LIBRE	0,0
B	FLUJO ESTABLE	$\leq 0,10$
C	FLUJO ESTABLE	$\leq 0,30$
D	PRÓXIMO A FLUJO INESTABLE	$\leq 0,70$
E	FLUJO INESTABLE	$\leq 1,0$
F	FLUJO FORZADO	-b

Cuadro 7. Nivel de Servicio en Intersecciones Semaforizadas

<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO</b>	<b>TIEMPO DE DEMORA (Seg./veh)</b>
A	La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo	$d < 5$
B	Algunos vehículos comienzan a detenerse	$5,1 < d < 15$
C	La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse	$15,1 < d < 25$
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relación v/c altas	$25,1 < d < 40$
E	Límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas	$40,1 < d < 60$
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestión y operación saturada	$d > 60$

Figura 25. Mediciones de fases de semáforo Calle Ingavi – Daniel Campos

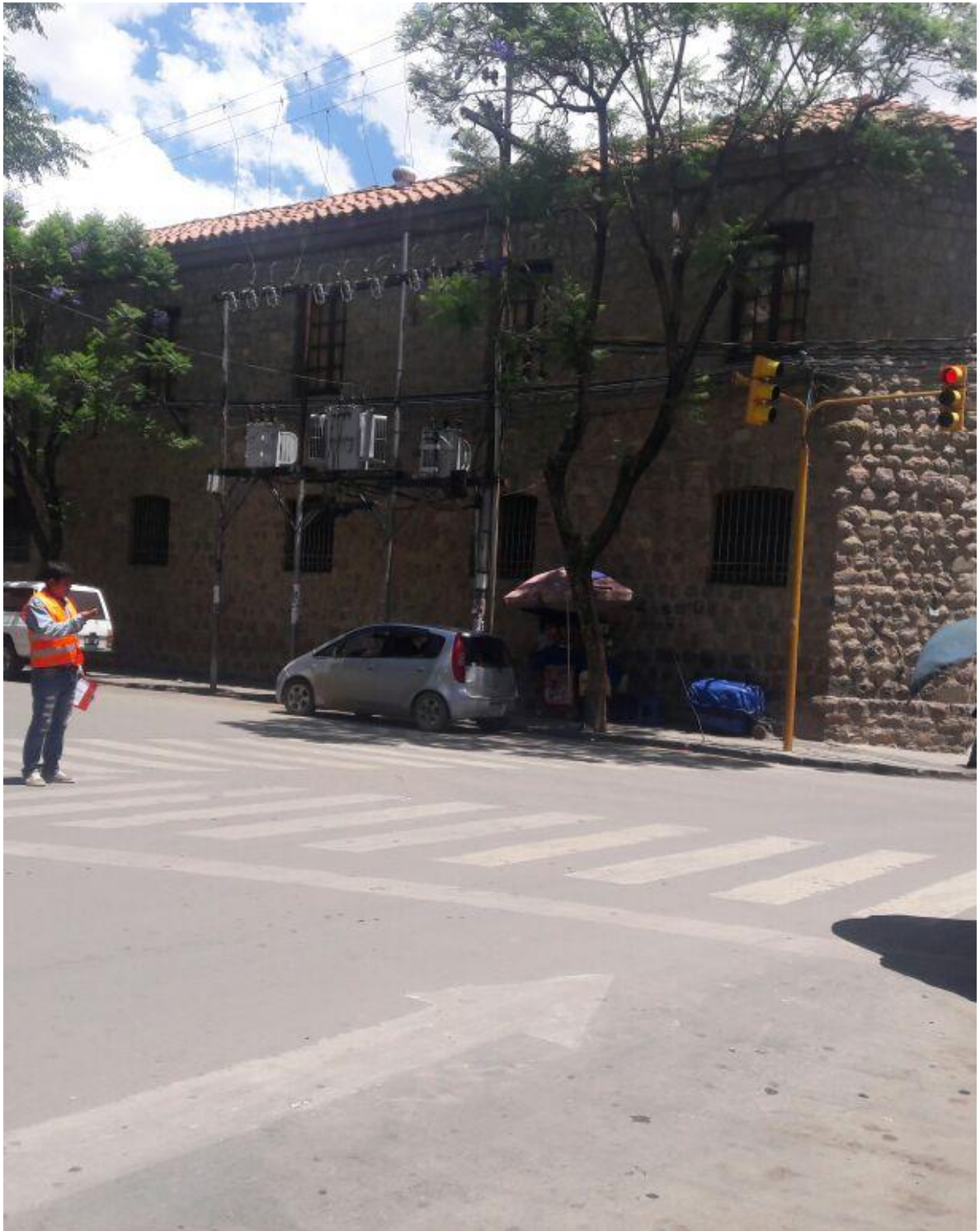


Figura 26. Mediciones de fases de semáforo Calle Sucre e Ingavi





Las aforaciones realizadas a todas las intersecciones que forman parte de la zona de estudio se las tabula de acuerdo al cuadro 8. Datos Tabulados de las aforaciones, que representa los datos aforados en la intersección Cochabamba – General Trigo en la hora pico comprendida entre las 07:00 a 08:00 horas de la mañana (todos los datos tabulados durante los 7 días se encuentran en anexo).

El cuadro 9. Tiempos de Semáforo Intersección Cochabamba – Campero, muestran los datos tabulados de las mediciones de los tiempos de fase de los semáforos de las intersecciones que cuentan con este dispositivo de control de tráfico, en los que se estima de acuerdo a los resultados de las mediciones el tiempo de fase y a su vez también el tiempo de ciclo para cada uno de los accesos. Las planillas con los datos tabulados más las estimaciones del tiempo de fase de los semáforos y tiempo de ciclo se encuentran en anexo.

Se realiza los cálculos del promedio de los aforos realizados en los 3 horarios pico (07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00) durante el largo de siete días, se estiman los porcentajes de volúmenes por sentido en cada acceso que conforma una a una las intersecciones, como así también los volúmenes totales de cada uno de los accesos. El cuadro 10. Totales en la Intersección Cochabamba – Campero representa la planilla de cálculo, todo el resto de las planillas de cálculo se muestran en anex.

Partiendo de los resultados obtenidos de los totales de cada intersección (Ejemplo; Cuadro 10. Totales en la Intersección Cochabamba – Campero) hacemos el cálculo del nivel de servicio de cada una de las intersecciones sin la presencia de algún dispositivo de ayuda a la circulación del tráfico (semáforo), para ello nos apoyamos en los ábacos: Figura 3. Capacidad Ideal Para Accesos de Dos Sentido y Figura 4. Capacidad Ideal Para Accesos de Un Sentido, que se encuentran en la página 32 de este documento; para la obtención de la capacidad ideal por acceso que compone la intersección, El ábaco 1, Figura 3. Capacidad Ideal Para Accesos de Dos Sentido, nos proporciona las capacidades medias de intersecciones con semáforos no accionados por el tránsito, registrados para accesos en calles de calzada única de circulación en ambos sentidos con las siguientes condiciones: 10 % de ómnibus y camiones y 20 % de movimientos de giro. El ábaco 2, Figura 4. Capacidad Ideal Para Accesos de Un Sentido, nos proporciona las capacidades medias de intersecciones con semáforos no accionados por el tránsito, registrados

para accesos en calles de circulación de un sentido con las siguientes condiciones: 10 % de ómnibus y camiones y 20 % de movimientos de giro.

Las formulas empleadas para el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio son las siguientes.

- ❖ Capacidad práctica

$$C_{pract} = C_{ideal} * f_{red} * f_p * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD}$$

- ❖ Capacidad real

$$C_{Real} = C_{pract} * f_{red}$$

Dónde:  $f_{red} = 0.9$

- ❖ Factor de vehículos pesados

$$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$$

- ❖ Factor de giro a la izquierda

$$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$$

- ❖ Factor de giro a las derecha

$$f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$$

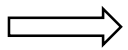
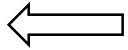

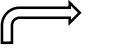
- ❖ Los factores debido a las paradas antes y después de una intersección se toman igual a 0.9 y 0.95 respectivamente, según la bibliografía consultada.

- ❖ Nivel de servicio

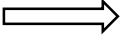

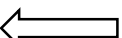


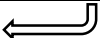
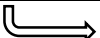
$$NS = \frac{V}{C_{Real}}$$

Dónde: V: Volumen total del acceso

Cuadro 8. Datos Tabulados Calle Cochabamba - Campero

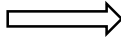
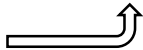
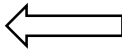
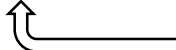



<b>INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO</b>													
HORA AFORO: 7:00 A 8:00 (MAÑANA)	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)			ACCESO 2 (A2)			ACCESO 3 (A3)					
		RECTO			RECTO			GIRO IZQUIERDO			GIRO DERECHO		
													
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	
LUNES	PÚBLICOS	147	43	0	165	39	0	31	78	0	86	0	0
	PARTICULARES	121	1	0	182	0	0	24	1	0	70	1	0
VIERNES	PÚBLICOS	144	43	0	198	38	0	27	77	0	84	0	0
	PARTICULARES	125	0	0	176	1	0	28	0	0	72	2	0
SABADO	PÚBLICOS	141	41	0	195	37	0	29	79	0	82	0	0
	PARTICULARES	128	2	0	185	2	0	27	1	0	69	1	0
LUNES	PÚBLICOS	147	40	0	202	39	0	31	75	0	89	0	0
	PARTICULARES	121	1	0	186	1	0	24	0	0	63	0	0
VIERNES	PÚBLICOS	148	41	0	200	39	0	30	79	0	87	0	0
	PARTICULARES	123	1	0	181	1	0	28	1	0	70	1	0
SABADO	PÚBLICOS	144	42	0	201	36	0	26	79	0	85	0	0
	PARTICULARES	125	1	0	188	1	0	26	1	0	77	0	0
LUNES	PÚBLICOS	146	43	0	199	37	0	27	75	0	91	0	0
	PARTICULARES	119	0	0	184	0	0	28	1	0	71	2	0
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	145,29	41,86	0,00	194,29	37,86	0,00	28,71	77,43	0,00	86,29	0,00	0,00
	PARTICULARES	123,14	0,86	0,00	183,14	0,86	0,00	26,43	0,71	0,00	70,29	1,00	0,00
VOLUMEN TOTAL SENTIDO		311,14			416,14			133,29			157,57		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	168,92	41,48	0,00	229,63	37,64	0,00	115,00		77,43		0,00	
	PARTICULARES	123,19	0,98	0,00	184,52	0,98	0,00	96,71		1,71		0,00	
VOLUMEN TOTAL ACCESO		335			453			291					

Cuadro 9. Datos Tabulados Cochabamba – General Trigo

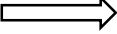

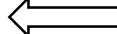
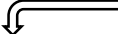



INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - GENERAL TRIGO																			
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)											
		RECTO			GIRO DERECHO			RECTO			GIRO IZQUIERDO								
																			
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS							
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	226,00	23,14	0,00	16,81	0,29	0,00	171,19	29,67	0,00	5,95	7,14	0,00						
	PARTICULARES	189,71	2,67	0,00	10,43	0,48	0,00	150,38	0,81	0,00	2,43	1,28	0,00						
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	48,13	4,93	0,00	3,58	0,06	0,00	46,41	8,04	0,00	1,61	1,94	0,00						
	PARTICULARES	40,41	0,57	0,00	2,22	0,10	0,00	40,77	0,22	0,00	0,66	0,35	0,00						
VOL. TOTAL POR SENTIDO		441,52			28,00			352,04			16,81								
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		94,04			5,96			95,44			4,56								
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS			LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	242,81			23,43			0,00			177,14			36,81			0,00		
	PARTICULARES	200,14			3,14			0,00			152,81			2,09			0,00		
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	51,71			4,99			0,00			48,03			9,98			0,00		
	PARTICULARES	42,63			0,67			0,00			41,43			0,57			0,00		
<b>VOLUMEN TOTAL ACCESO</b>		469,52						368,85											
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 3 (A3)																	
		RECTO			GIRO DERECHO			GIRO IZQUIERDO											
																			
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS										
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	89,24	0,19	0,00	34,51	0,00	0,00	20,90	13,90	0,00									
	PARTICULARES	60,33	0,52	0,00	29,81	0,66	0,00	22,72	0,90	0,00									
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	32,60	0,07	0,00	12,61	0,00	0,00	7,64	5,08	0,00									
	PARTICULARES	22,04	0,19	0,00	10,89	0,24	0,00	8,30	0,33	0,00									
VOL. TOTAL POR SENTIDO		150,28			64,98			58,43											
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		54,91			23,74			21,35											
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS											
	PÚBLICOS	144,65			14,09			0,00											
	PARTICULARES	112,86			2,09			0,00											
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	52,85			5,15			0,00											
	PARTICULARES	41,23			0,76			0,00											
<b>VOLUMEN TOTAL ACCESO</b>		273,69																	



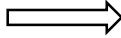
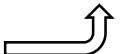
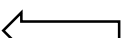
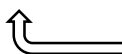



Cuadro 10. Datos Tabulados Cochabamba – Sucre

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - SUCRE													
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)					
		RECTO			GIRO DERECHO			RECTO			GIRO IZQUIERDO		
													
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	
VOLUMEN SENTIDO	PÚBLICOS	196,43	32,05	0,00	43,48	0,00	0,00	157,71	20,24	0,00	19,57	0,05	0,00
	PARTICULARES	188,81	0,57	0,05	40,57	0,52	0,00	148,00	0,43	0,00	18,14	0,52	0,00
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	39,09	6,38	0,00	8,65	0,00	0,00	43,25	5,55	0,00	5,37	0,01	0,00
	PARTICULARES	37,58	0,11	0,01	8,07	0,10	0,00	40,59	0,12	0,00	4,98	0,14	0,00
VOL. TOTAL POR SENTIDO		417,91			84,57			326,38			38,28		
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		83,17			16,83			89,50			10,50		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS		LIVIANOS		MEDIANOS		PESADOS	
	PÚBLICOS	239,91		32,05		0,00		177,28		20,29		0,00	
	PARTICULARES	229,38		1,09		0,05		166,14		0,95		0,00	
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	47,75		6,38		0,00		48,62		5,56		0,00	
	PARTICULARES	45,65		0,22		0,01		45,56		0,26		0,00	
<b>VOLUMEN TOTAL ACCESO</b>		502,47						364,67					
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 3 (A3)											
		RECTO			GIRO IZQUIERDO			GIRO DERECHO					
													
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	105,71	11,10	0,00	15,33	20,14	0,00	11,19	0,00	0,00			
	PARTICULARES	97,28	0,48	0,00	13,38	0,62	0,00	9,52	0,71	0,00			
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	37,03	3,89	0,00	5,37	7,06	0,00	3,92	0,00	0,00			
	PARTICULARES	34,08	0,17	0,00	4,69	0,22	0,00	3,34	0,25	0,00			
VOL. TOTAL POR SENTIDO		214,57			49,48			21,42					
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		75,16			17,33			7,50					
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS					
	PÚBLICOS	132,23			31,24			0,00					
	PARTICULARES	120,19			1,81			0,00					
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	46,32			10,94			0,00					
	PARTICULARES	42,10			0,63			0,00					
<b>VOLUMEN TOTAL ACCESO</b>		285,47											

Cuadro 11. Datos Tabulados Cochabamba – Daniel Campos

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS																
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)								
		RECTO			GIRO DERECHO			RECTO			GIRO IZQUIERDO					
																
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	174,81	21,38	0,00	32,38	7,76	0,00	131,90	20,10	0,00	10,05	0,00	0,00			
	PARTICULARES	169,57	0,62	0,00	30,19	0,48	0,00	130,48	0,67	0,00	9,62	0,67	0,00			
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	39,99	4,89	0,00	7,41	1,78	0,00	43,46	6,62	0,00	3,31	0,00	0,00			
	PARTICULARES	38,79	0,14	0,00	6,90	0,11	0,00	42,99	0,22	0,00	3,17	0,22	0,00			
VOL. TOTAL POR SENTIDO		366,38			70,81			283,14			20,34					
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		83,80			16,20			93,30			6,70					
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	207,19			29,14			141,95			20,10			0,00		
	PARTICULARES	199,76			1,09			140,10			1,33			0,00		
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	47,39			6,67			46,78			6,62			0,00		
	PARTICULARES	45,69			0,25			46,16			0,44			0,00		
VOLUMEN TOTAL ACCESO		437,18						303,48								
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 3 (A3)														
		RECTO			GIRO DERECHO			GIRO IZQUIERDO								
																
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS							
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	85,05	15,43	0,00	44,76	0,24	0,00	25,29	0,00	0,00						
	PARTICULARES	78,29	0,62	0,00	37,67	0,48	0,00	22,90	0,90	0,00						
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	27,29	4,95	0,00	14,36	0,08	0,00	8,11	0,00	0,00						
	PARTICULARES	25,12	0,20	0,00	12,09	0,15	0,00	7,35	0,29	0,00						
VOL. TOTAL POR SENTIDO		179,38			83,14			49,09								
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		57,57			26,68			15,75								
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS								
	PÚBLICOS	155,09			15,67			0,00								
	PARTICULARES	138,86			2,00			0,00								
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	49,77			5,03			0,00								
	PARTICULARES	44,56			0,64			0,00								
VOLUMEN TOTAL ACCESO		311,62														

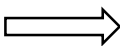
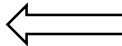


Cuadro 12. Datos Tabulados Cochabamba – Colon

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - COLON																
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)						ACCESO 2 (A2)								
		RECTO			GIRO DERECHO			RECTO			GIRO IZQUIERDO					
																
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS				
VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	173,48	20,62	0,00	30,86	0,00	0,00	126,81	0,00	0,00	55,33	0,00	0,00			
	PARTICULARES	164,05	1,67	0,00	26,19	0,66	0,00	114,33	0,86	0,00	46,62	0,81	0,00			
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	41,55	4,94	0,00	7,39	0,00	0,00	36,78	0,00	0,00	16,05	0,00	0,00			
	PARTICULARES	39,29	0,40	0,00	6,27	0,16	0,00	33,16	0,25	0,00	13,52	0,23	0,00			
VOL. TOTAL POR SENTIDO		359,81			57,71			242,00			102,76					
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		86,18			13,82			70,19			29,81					
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS		
	PÚBLICOS	204,33			20,62			182,14			0,00			0,00		
	PARTICULARES	190,24			2,33			160,95			1,67			0,00		
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	48,94			4,94			52,83			0,00			0,00		
	PARTICULARES	45,56			0,56			46,68			0,48			0,00		
VOLUMEN TOTAL ACCESO		417,52						344,76								
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 3 (A3)														
		RECTO			GIRO IZQUIERDO			GIRO DERECHO								
																
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS							
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	98,19	38,15	0,00	19,38	21,95	0,00	11,05	0,00	0,00						
	PARTICULARES	87,67	0,57	0,00	16,05	0,71	0,00	9,33	0,71	0,00						
% VOL. SENTIDO	PÚBLICOS	32,32	12,56	0,00	6,38	7,23	0,00	3,64	0,00	0,00						
	PARTICULARES	28,86	0,19	0,00	5,28	0,23	0,00	3,07	0,23	0,00						
VOL. TOTAL POR SENTIDO		224,57			58,10			21,09								
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		73,93			19,13			6,94								
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS			MEDIANOS			PESADOS								
	PÚBLICOS	128,62			60,10			0,00								
	PARTICULARES	113,05			1,99			0,00								
% VOL. ACCESO	PÚBLICOS	42,34			19,79			0,00								
	PARTICULARES	37,22			0,66			0,00								
VOLUMEN TOTAL ACCESO		303,76														

Cuadro 13. Tiempos de Semáforo Intersección Cochabamba – Campero

<b>INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO</b>									
<b>ACCESO</b>	<b>FASE DEL SEMÁFORO</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>	<b>Tiempo 4</b>	<b>Tiempo 5</b>	<b>MEDIA</b>	<b>TIEMPO ADOPTADO</b>	<b>TIEMPO DE CICLO</b>
		<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>	<b>(seg)</b>
<b>A1</b>	ROJA	23,70	22,40	23,61	23,70	23,67	23,42	23,00	40,00
	AMARILLA	3,00	2,98	2,98	3,14	2,93	3,01	3,00	
	VERDE	14,00	14,04	14,03	13,99	13,96	14,01	14,00	
<b>A2</b>	ROJA	23,70	22,40	23,61	23,70	23,67	23,42	23,00	40,00
	AMARILLA	3,00	2,98	2,98	3,14	2,93	3,01	3,00	
	VERDE	14,00	14,04	14,03	13,99	13,96	14,01	14,00	
<b>A3</b>	ROJA	13,54	13,52	13,62	13,63	13,64	13,59	14,00	40,00
	AMARILLA	2,90	2,94	2,97	2,67	3,10	2,92	3,00	
	VERDE	22,52	22,61	23,26	22,42	22,36	22,63	23,00	

Cuadro 14. Totales en la Intersección Cochabamba - Campero

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO													
total	SENTIDO DE CIRCULACIÓN VEHICULAR	ACCESO 1 (A1)			ACCESO 2 (A2)			ACCESO 3 (A3)					
		RECTO			RECTO			GIRO IZQUIERDO			GIRO DERECHO		
													
TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	
VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	147,79	41,72	0,00	200,10	50,81	0,00	30,52	77,24	0,00	86,29	0,00	0,00
	PARTICULARES	124,48	0,76	0,00	185,48	4,29	0,00	29,24	0,71	0,00	72,57	0,81	0,00
% VOLUMEN POR SENTIDO	PÚBLICOS	46,96	13,25	0,00	45,41	11,53	0,00	10,26	25,97	0,00	29,02	0,00	0,00
	PARTICULARES	39,55	0,24	0,00	42,09	0,97	0,00	9,83	0,24	0,00	24,40	0,27	0,00
VOL. TOTAL POR SENTIDO		314,74			440,67			137,71			159,67		
% VOL. TOTAL POR SENTIDO		100,00			100,00			46,31			53,69		
VOLUMEN POR ACCESO	TIPO DE VEHICULO	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS			
	PÚBLICOS	147,79	41,72	0,00	200,10	50,81	0,00	116,81	77,24	0,00			
	PARTICULARES	124,48	0,76	0,00	185,48	4,29	0,00	101,81	1,52	0,00			
% VOLUMEN POR ACCESO	PÚBLICOS	46,92	13,24	0,00	45,37	11,52	0,00	39,28	25,97	0,00			
	PARTICULARES	39,52	0,24	0,00	42,06	0,97	0,00	34,24	0,51	0,00			
VOLUMEN TOTAL ACCESO		315,00			441,00			297,38					

Cuadro 15. Calculo de la Capacidad y Nivel de Servicio

<b>INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO</b>			
<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD</b>			
DATOS	ACCESO A1	ACCESO A2	ACCESO A3
% GIRO IZQUIERDA (GI)	0,00	0,00	46,31
% GIRO DERECHA (GD)	0,00	0,00	53,69
% RECTO	100,00	100,00	0,00
% VEHICULOS PESADOS (VP)	0,00	0,00	0,00
% VEHICULOS MEDIANOS (VM)	13,49	12,50	26,48
% VEHICULOS LIVIANOS	86,51	87,50	73,51
% VEHICULOS PUBLICOS	60,21	56,94	65,25
% VEHICULOS PARTICULARES	39,79	43,06	34,29
VOLUMEN EN EL ACCESO (Veh/h)	315,00	441,00	297,00
ANCHO DE CARRIL (m)	3,55	3,53	5,30
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN	0	0	0
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN	0	0	0
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO	NO	NO	NO
ZONA	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL
NÚMERO DE SENTIDOS	1	1	1
NÚMERO DE CARRILES EN EL ACCESO	2	2	2

<b>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN</b>									
CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES. INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTO GIRO IZQUIERDO	FACTOR GIRO DERECHA	FACTOR DE VEH. PESADOS
605,00	A1	735	662	661,50	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1090	981	981,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1350	1215	604,79	1,000	1,000	0,637	0,782	1,000

<b>CÁLCULO DE NIVEL DE SERVICIO</b>		
<b>NIVELES DE SEVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MÁXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES</b>		
NIVEL DE SERVICIO	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE TRANSITO	FACTOR DE CARGA
A	FUJO LIBRE	0,0
B	FLUJO ESTABLE	≤ 0,10
C	FLUJO ESTABLE	≤ 0,30
D	PRÓXIMO A FLUJO INESTABLE	≤ 0,70
E	FLUJO INESTABLE	≤ 1,0
F	FLUJO FORZADO	'-b'

ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN
A1	315,00	662,00	0,476	D	<b>D</b>
A2	441,00	981,00	0,450	D	
A3	297,00	605,00	0,491	D	

Cuadro 16. Calculo de la Capacidad y Nivel de Servicio

Nro.	INTERSECCIÓN	ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)	CAPACIDAD (Veh/h)	NIVEL DE SERVICIO	CON SEMAFORO	
						CAPACIDAD	NS
1	COCHABAMBA - CAMPERO	1	315	662	D	232	F
		2	441	656	D	343	F
		3	297	605	D	348	C
2	COCHABAMBA - GENERAL TRIGO	1	470	656	E	328	F
		2	369	662	D	331	F
		3	274	929	D	413	B
3	COCHABAMBA - SUCRE	1	503	700	E	350	F
		2	365	770	D	385	E
		3	286	1050	D	467	B
4	COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS	1	437	761	E	381	F
		2	304	779	E	390	B
		3	312	1166	E	518	B
5	COCHABAMBA - COLON	1	418	780	D	390	F
		2	345	630	D	315	F
		3	304	1104	D	491	B
6	FRAY M. MINGO - CAMPERO	1	134	411	D	0	0
		2	286	471	D	0	0
7	FRAY M. MINGO - GENERAL TRIGO	1	125	261	D	0	0
		2	36	47	E	0	0
		3	195	471	D	0	0
8	FRAY M. MINGO - SUCRE	1	383	463	E	0	0
9	CORRADO - CAMPERO	1	406	596	D	298	F
		2	152	433	D	192	C
10	CORRADO - GENERAL TRIGO	1	530	408	F	541	D
		2	355	592	D	263	F
11	CORRADO - SUCRE	1	443	665	D	333	F
		2	306	380	E	447	B
12	CORRADO - DANIEL CAMPOS	1	504	529	E	0	0
		2	270	433	D	0	0
13	CORRADO - COLON	1	476	612	E	0	0
		2	335	386	E	0	0
14	DOMINGO PAZ - CAMPERO	1	331	630	D	315	F
		2	121	471	D	209	B
15	DOMINGO PAZ - GENERAL TRIGO	1	371	572	D	245	F
		2	252	280	E	280	D
16	DOMINGO PAZ - SUCRE	1	382	427	E	485	B
		2	376	408	E	541	B
17	DOMINGO PAZ - DANIEL CAMPOS	1	445	427	F	484	C
		2	332	339	E	449	B
18	DOMINGO PAZ - COLON	1	441	434	F	492	C
		2	345	436	E	218	F
19	BOLIVAR - CAMPERO	1	346	398	E	442	B
		2	294	394	E	202	F
20	BOLIVAR - GENERAL TRIGO	1	448	359	F	397	F
		2	238	854	C	437	B
21	BOLIVAR - SUCRE	1	457	427	F	473	D
		2	370	697	D	357	E
22	BOLIVAR - DANIEL CAMPOS	1	489	837	D	350	F
		2	335	415	E	212	F
23	BOLIVAR - COLON	1	370	458	E	508	B
		2	461	762	D	390	F
24	INGAVI - CAMPERO	1	338	355	E	365	D
		2	319	438	E	243	F
25	INGAVI - GENERAL TRIGO	1	295	444	D	186	F
		2	422	500	E	256	F
26	INGAVI - SUCRE	1	356	782	D	327	F
		2	349	865	D	443	B
27	INGAVI - DANIEL CAMPOS	1	335	859	D	360	D
		2	359	757	D	387	D
28	INGAVI - COLON	1	397	762	D	319	F
		2	359	462	E	236	F

#### **4.4 INCIDENCIA DE LOS MICROS EN EL TRÁFICO VEHICULAR**

Para la determinación de la influencia del transporte público en el tráfico urbano del centro de la ciudad, y específicamente referido a la zona de estudio planteada en esta investigación, en base a los cálculos realizados a partir de los datos levantados en campo se establece la necesidad de suprimir los volúmenes de vehículos públicos pertenecientes a las diferentes líneas de micros sindicalizados que prestan sus servicios a la población de Tarija. Es decir; Para encontrar la diferencia del comportamiento del transporte en la zona de estudio se realiza el cálculo del nivel de servicio de cada una de las intersecciones con todos los volúmenes de tráfico comprendidos en livianos, medianos, pesados y diferenciados como públicos y privados, siendo la categoría de públicos medianos los micros. Se recalcula nuevamente los niveles de servicio en cada una de las intersecciones, pero esta vez sin la presencia de los volúmenes del transporte público mediano (líneas de micros).

El resultado de los cálculos realizados para encontrar los niveles de servicio con la presencia y sin la presencia del transporte público mediano, muestran la incidencia del transporte público de micros sindicalizados.

De acuerdo a los cálculos correspondientes se determina que la incidencia de transporte público de las líneas sindicalizadas de micros es de 43.86 %. El resultado obtenido es bastante grande por lo que recomendamos un análisis más detallado del comportamiento de este sector del transporte público.



Cuadro 17. Niveles De Servicio Con Y Sin Micros

Nro.	INTERSECCIÓN	ACC.	CIRCULACION NORMAL				CIRCULACION SIN MICROS			
			S/SEMAFORO		C/SEMAFORO		S/SEMAFORO		C/SEMAFORO	
			V/C	NS	"t" DEM	NS	V/C	NS	"t" DEM	NS
1	COCHABAMBA - CAMPERO	1	0,476	D	278,250	F	0,411	D	131,914	F
		2	0,450	D	199,901	F	0,393	D	94,688	F
		3	0,491	D	18,008	C	0,317	D	5,297	B
2	COCHABAMBA - GENERAL TRIGO	1	0,716	E	346,037	F	0,680	D	267,279	F
		2	0,557	D	88,090	F	0,502	D	45,714	E
		3	0,295	C	8,752	B	0,269	C	7,531	B
3	COCHABAMBA - SUCRE	1	0,719	E	349,414	F	0,705	E	318,825	F
		2	0,474	D	30,328	E	0,447	D	21,882	C
		3	0,272	C	7,508	B	0,228	C	6,222	B
4	COCHABAMBA - DANIEL CAMPOS	1	0,574	D	102,438	F	0,534	D	64,621	F
		2	0,390	D	12,329	B	0,363	D	9,938	B
		3	0,268	C	7,189	B	0,258	C	6,927	B
5	COCHABAMBA - COLON	1	0,536	D	65,685	F	0,523	D	56,608	E
		2	0,548	D	80,110	F	0,487	D	37,231	D
		3	0,275	C	7,532	B	0,211	C	5,894	B
6	FRAY M. MINGO - CAMPERO	1	0,326	D	---	---	0,326	D	---	---
		2	0,607	D	---	---	0,607	D	---	---
7	FRAY M. MINGO - GENERAL TRIGO	1	0,479	D	---	---	0,479	D	---	---
		2	0,766	E	---	---	0,766	E	---	---
		3	0,414	D	---	---	0,369	D	---	---
8	F. M. M. - SUCRE	1	0,827	E	---	---	0,764	E	---	---
9	CORRADO - CAMPERO	1	0,681	D	272,320	F	0,662	D	235,096	F
		2	0,351	D	19,592	C	0,148	C	5,349	B
10	CORRADO - GENERAL TRIGO	1	0,490	D	32,002	D	0,412	D	12,547	B
		2	0,600	D	262,787	F	0,571	D	205,313	F
11	CORRADO - SUCRE	1	0,666	D	22,209	C	0,537	D	70,876	F
		2	0,304	E	7,195	B	0,303	C	8,964	B
12	CORRADO - DANIEL CAMPOS	1	0,521	D	---	---	0,465	D	---	---
		2	0,236	C	---	---	0,220	C	---	---
13	CORRADO - COLON	1	0,778	E	---	---	0,682	D	---	---
		2	0,868	E	---	---	0,614	D	---	---
14	DOM INGO PAZ - CAMPERO	1	0,525	D	62,094	F	0,348	D	9,875	B
		2	0,257	C	8,540	B	0,180	C	5,888	B
15	DOM INGO PAZ - GENERAL TRIGO	1	0,649	D	456,780	F	0,447	D	68,399	F
		2	0,450	D	27,972	D	0,320	D	8,922	B
16	DOM INGO PAZ - SUCRE	1	0,337	D	13,676	B	0,269	C	9,116	B
		2	0,348	D	8,790	B	0,348	D	8,790	B
17	DOM INGO PAZ - DANIEL CAMPOS	1	0,394	D	24,822	C	0,394	D	24,822	C
		2	0,370	D	10,756	B	0,370	D	10,756	B
18	DOM INGO PAZ - COLON	1	0,384	D	21,719	C	0,286	C	9,773	B
		2	0,791	E	563,972	F	0,633	D	196,547	F
19	BOLIVAR - CAMPERO	1	0,328	D	14,359	B	0,194	C	7,405	B
		2	0,746	E	394,165	F	0,676	D	249,089	F
20	BOLIVAR - GENERAL TRIGO	1	0,472	D	93,235	F	0,340	D	17,691	C
		2	0,279	C	6,502	B	0,248	C	5,876	B
21	BOLIVAR - SUCRE	1	0,404	D	33,317	D	0,310	D	12,454	B
		2	0,531	D	56,091	E	0,531	D	56,091	E
22	BOLIVAR - DANIEL CAMPOS	1	0,584	D	304,772	F	0,495	D	130,106	F
		2	0,807	E	558,796	F	0,763	E	434,440	F
23	BOLIVAR - COLON	1	0,305	D	11,550	B	0,237	C	8,390	B
		2	0,605	D	123,201	F	0,470	D	26,402	C
24	INGAVI - CAMPERO	1	0,360	D	28,776	D	0,348	D	24,688	C
		2	0,728	E	229,553	F	0,605	D	82,458	F
25	INGAVI - GENERAL TRIGO	1	0,664	D	574,791	F	0,610	D	393,944	F
		2	0,844	E	672,004	F	0,700	D	282,838	F
26	INGAVI - SUCRE	1	0,455	D	78,506	F	0,406	D	41,006	E
		2	0,403	D	12,897	B	0,403	D	12,897	B
27	INGAVI - DANIEL CAMPOS	1	0,390	D	31,039	D	0,295	C	12,074	B
		2	0,474	D	27,599	D	0,459	D	23,683	C
28	INGAVI - COLON	1	0,521	D	170,784	F	0,468	D	95,072	F
		2	0,777	E	467,892	F	0,659	D	213,524	F

Figura 27. Comparación De Nivel De Servicio Sin Semáforo

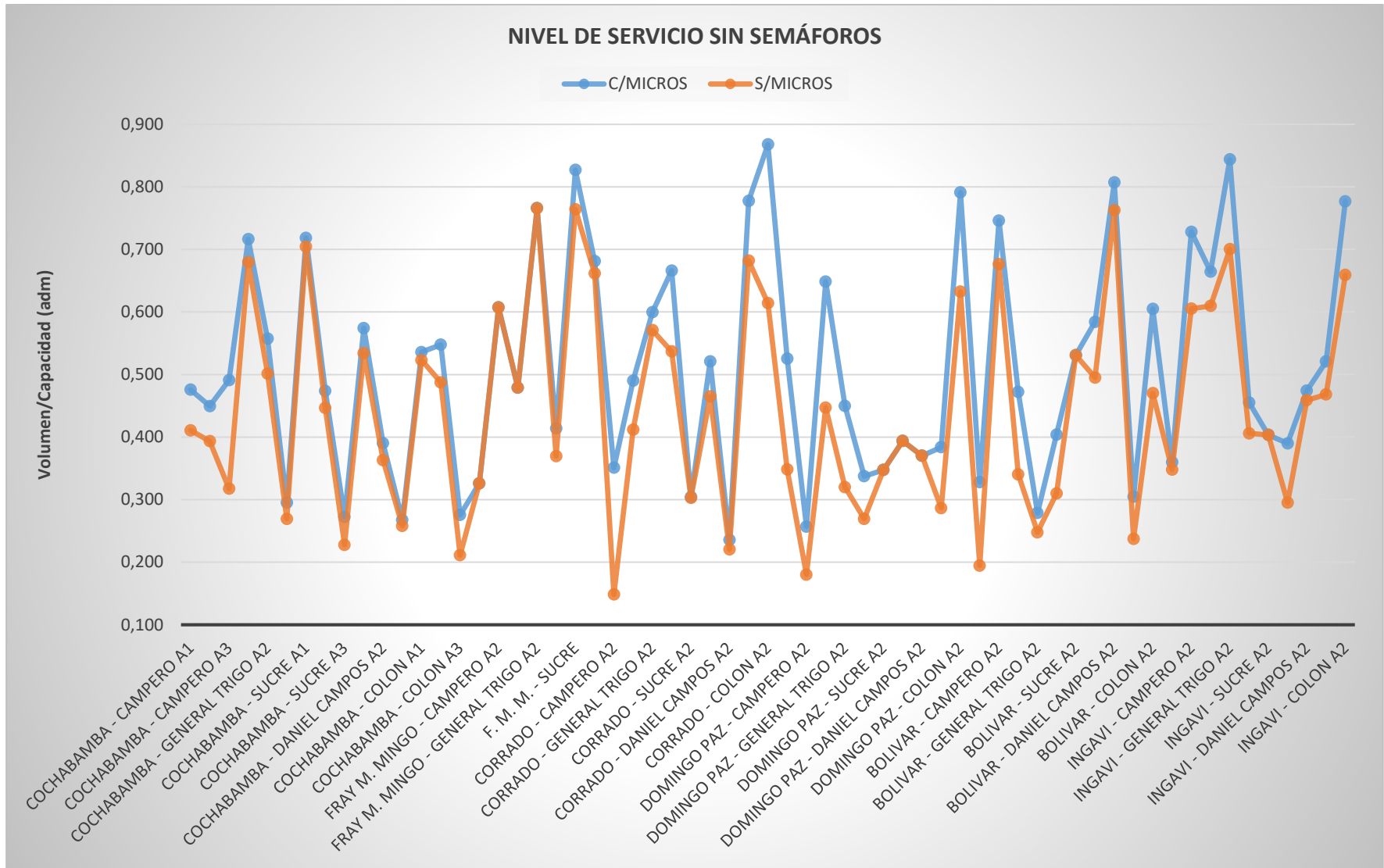
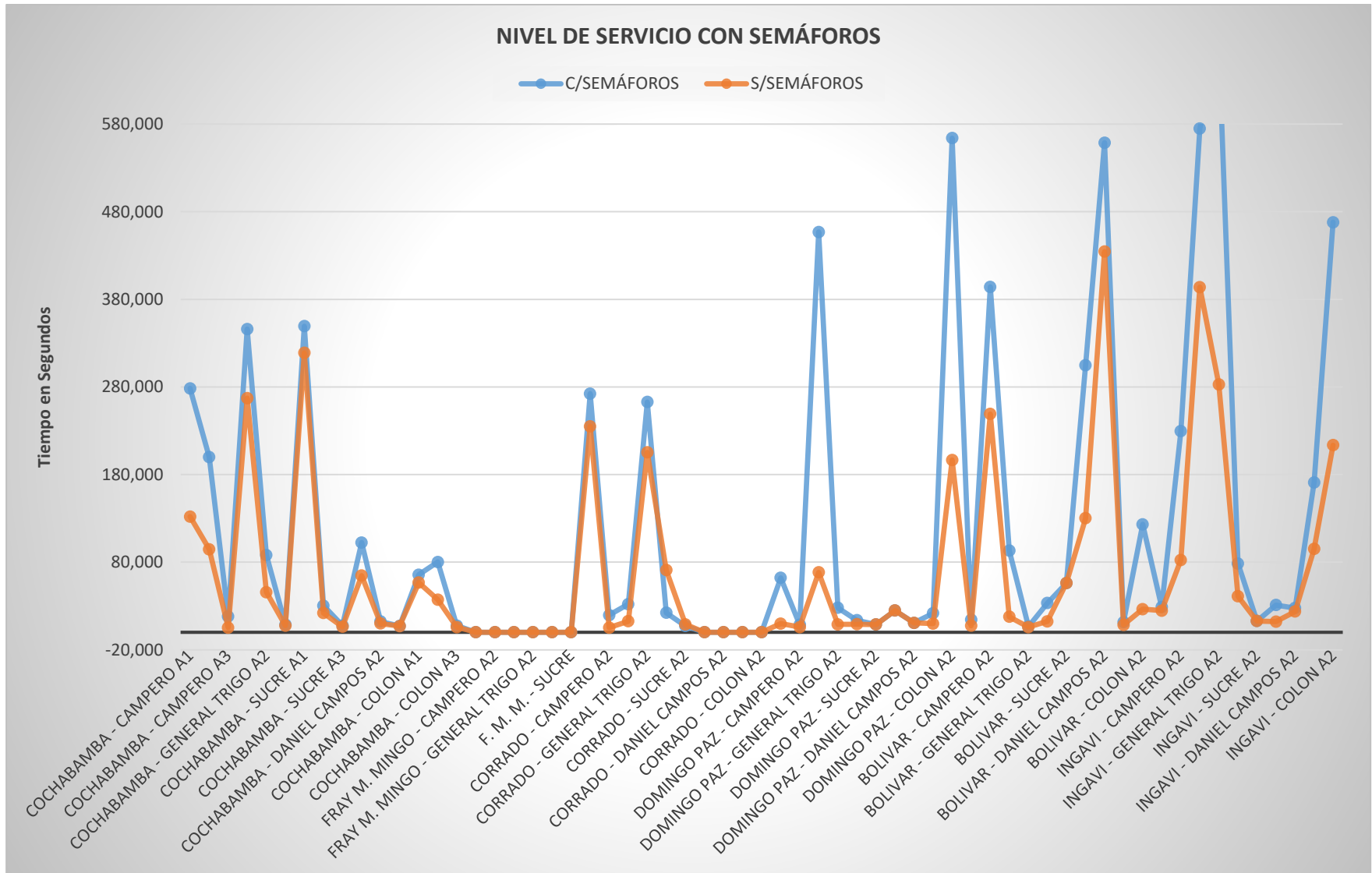


Figura 28. Comparación De Nivel De Servicio Con Semáforo



#### 4.5 VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACIÓN

A continuación se muestra una tabla resumen de las velocidades medias de circulación de cada una de las calles que conforman la zona de estudio. La velocidad media de la zona de estudio es igual a 14.290 Km/h.

Cuadro 18. Velocidad Media de Circulación

CALLE	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/h)	CALLE	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/h)	CALLE	UBICACIÓN	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA (Km/h)
COCHABAMBA	CAMPERO	18,066	BOLIVAR	GENERAL TRIGO	12,112	GENERAL TRIGO	DOMINGO PAZ	12,942
	GENERAL TRIGO	18,519		SUCRE	11349,65		BOLIVAR	12,308
	SUCRE	19,093		DANIEL CAMPOS	11,933		INGAVI	14,028
	DANIEL CAMPOS	19,485		COLON CAMPERO	11,153		COCHABAMBA	13,88
	COLON CAMPERO	22,307		GENERAL TRIGO	11,241		FRAY M. MINGO	16,748
FRAY MANUEL MINGO	GENERAL TRIGO	20,356	INGAVI	SUCRE	10,677	SUCRE	CORRADO	11,992
	SUCRE	18,566		DANIEL CAMPOS	11,144		BOLIVAR	12,361
	CAMPERO	14,449		COLON COCHABAMBA	16,334		INGAVI	17,151
CORRADO	GENERAL TRIGO	15,821	CAMPERO	FRAY M. MINGO	17,416	DANIEL CAMPOS	CORRADO	15,993
	SUCRE	16,541		CORRADO	13,233		DOMINGO PAZ	12,107
	DANIEL CAMPOS	15,852		DOMINGO PAZ	10,991		BOLIVAR	13,173
	COLON CAMPERO	12,115		BOLIVAR	12,265		INGAVI	17,562
	GENERAL TRIGO	11,388		INGAVI	15,697		COCHABAMBA	15,759
DOMINGO PAZ	SUCRE	11,565	GENERAL TRIGO	COCHABAMBA	10,536	COLON	CORRADO	11,341
	DANIEL CAMPOS	11,523		FRAY M. MINGO	11,382		DOMINGO PAZ	11,341
	COLON CAMPERO			CORRADO			BOLIVAR	12,614
	GENERAL TRIGO			DOMINGO PAZ			INGAVI	
VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN MEDIA TOTAL (Km/H):				14,290				

#### 4.6 ANÁLISIS DE ESTACIONAMIENTO

Se hizo un análisis de estacionamiento en la calle campero debido a que esta calle es una de las más transitadas por micros y en donde a pesar de los letreros de NO ESTACIONAR, la población hace caso omiso de este tipo de señalización e infringen estacionándose a pesar de que está prohibido. Por otra parte el organismo policial de tránsito no hace ningún tipo de control para hacer respetar este tipo de señalizaciones.

El análisis consiste en hacer un recalcu de los niveles de servicio, tiempos de demora, considerando a ésta calle con prohibición de estacionamiento, lo cual nos lleva a usar una curva diferente en el ábaco de capacidades ideales, mostrando la diferencia del comportamiento del tráfico sobre esta calle en cuestión.

Se realiza el análisis de estacionamiento a partir de las lecturas realizadas en la zona en estudio tanto de las longitudes de cada cuadra, como así también el conteo de los vehículos estacionados. Para el análisis de estacionamiento se emplean las siguientes ecuaciones:

- ❖ Número de casillas disponibles

$$N^{\circ} \text{ casillas}_{\text{disponibles}} = \frac{\text{Longitud}_{\text{cuadra}} - 2e}{\text{Longitud}_{\text{casilla}}}$$

Dónde: e: Espacio para el giro en las esquinas, 6m.

- ❖ Índice de ocupación

$$I_o = \frac{N^{\circ} \text{ vehiculos}_{\text{estacionados}}}{N^{\circ} \text{ espacios}_{\text{estacionar}}}$$

A continuación mostramos la planilla tipo que se utilizó para realizar el cálculo y estimaciones correspondientes para el análisis de estacionamiento, el resto de las planillas se encuentran en anexos.

Cuadro 19. Análisis de estacionamiento calle Fray Manuel Mingo

ESTACIONAMIENTO CALLE FRAY MANUEL MINGO							
CALLE	UBICACIÓN	TIPO DE ESTACIONAMIENTO	LONGITUD CUADRA (m)	LONG. CASILLA (m)	Nro. CASILLAS DISPONIBLES	Nro. CASILLAS OCUPADAS	INDICE DE OCUPACIÓN (Io)
FRAY MANUEL MINGO	CAMPERO	PERMITIDO	88,9	6	12	17	1,417
	GENERAL TRIGO						
	SUCRE	PERMITIDO	69,3	6	9	12	1,333
TOTAL					21	29	1,375

El índice de ocupación total es de 0.447, esto nos quiere decir que se encuentra en déficit provocando por ello que los conductores se estacionen en lugares prohibidos que esto a su vez ocasiona aumento en el congestionamiento vehicular.

#### **4.7 PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR**

##### **4.7.1 COORDINACIÓN DE SEMAFOROS**

Se plantea como medida la coordinación de semáforos, es decir, que aumentamos la fase verde un acceso y disminuimos ese mismo tiempo a la fase también verde pero del otro acceso o accesos. En este caso de ejemplo (cuadro 15. Coordinación de Semáforos Calle Cochabamba – General trigo) realizamos el aumento de un segundo en la fase verde del acceso A3 y disminuimos la misma cantidad a los accesos A1 y A2 respectivamente debido a que ambos pertenecen a una misma calzada y por tanto sus tiempo de fase son los mismo.

Para este caso en particular aplicando esta medida como solución vemos una mejora (disminución) en los tiempos de demora del acceso A3.

##### **4.7.2 RESTRICCIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE CAMPERO**

La calle campero, en la zona de estudio que comprende desde la calle Ingavi hasta la calle Cochabamba, es un trayecto muy conflictivo en las horas pico debido a que por esta calle más específicamente entre las calles Ingavi y Cochabamba pasan una gran cantidad de líneas sindicalizadas de micros, sumándole a las permisión de estacionamiento en esta parte de la zona de estudio provocan una alta congestión. Debido a ello se plantea como medida auxiliar de alivio la no permisión de estacionamiento en dicho lugar, ya que considerando lo anterior

mencionado, vemos que impidiendo el estacionamiento solucionaría de manera parcial el congestionamiento o al menos lo solucionaría de acuerdo a los resultados del cálculo como se muestra de manera de ejemplo el cuadro 16. Restricción de Estacionamiento Ingavi – Campero. El resto de los cálculos se los encuentra en anexos.

Cuadro 20. Coordinación de Semáforos Calle Cochabamba - Campero)

INTERSECCIÓN: COCHABAMBA - CAMPERO									
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN									
CAPAC. INTERS.	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES. INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	F. GIRO IZQUIER.	F. GIRO DERECH.	F. DE VEH. PESADOS
569	A1	1848	1663	1663,20	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1836	1652	1652,40	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A3	1270	1143	568,95	1,000	1,000	0,637	0,782	1,000
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO									
CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACIDAD REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE			INCID. SEMAF. EN CAPAC.	
643	1848	A1	14	40	647			35,00	
	1836	A2	14	40	643			35,00	
	1270	A3	23	40	730			57,50	
CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO									
ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (SeG.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg./veh)	DEMORA d2i (Seg./veh)	DEMORA TOTAL di (Seg./veh)	
A1	647	0,487	40	14	0,350	7,742	0,476	8,218	
A2	643	0,686	40	14	0,350	8,452	2,130	10,582	
A3	730	0,407	40	23	0,575	3,584	0,214	3,797	
NIVEL DE SERVICIO	CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL ACCESO					TIEMPO DE DEMORA (Seg./veh)			
A	La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo					d < 5			
B	Algunos vehículos comienzan a detenerse					5,1 < d < 15			
C	La progresión del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse					15,1 < d < 25			
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en fase roja, longitud de ciclo amplias, relación v/c altas					25,1 < d < 40			
E	Límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de v/c altas					40,1 < d < 60			
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y operación saturada					d > 60			
ACCESO	NIVEL DE SERVICIO			NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN					
A1	B			B					
A2	B								
A3	A								

Cuadro 21. Restricción de Estacionamiento Ingavi – Campero

APLICACIÓN DE LA RESTRICCIÓN DE ESTACIONAMIENTO EN LA CALLE CAMPERO									
INTERSECCIÓN: INGAVI - CAMPERO									
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD									
DATOS				ACCESO A1	ACCESO A2				
% GIRO IZQUIERDA (GI)				34,68	0,00				
% GIRO DERECHA (GD)				0,00	23,76				
% RECTO				65,32	76,24				
% VEHICULOS PESADOS (VP)				0,00	0,00				
% VEHICULOS MEDIANOS (VM)				6,64	14,78				
% VEHICULOS LIVIANOS				93,36	85,21				
% VEHICULOS PUBLICOS				66,05	59,48				
% VEHICULOS PARTICULARES				33,95	40,51				
VOLUMEN EN EL ACCESO (Veh/h)				338,00	319,00				
ANCHO DE CARRIL (m)				5,30	5,30				
PARADAS ANTES INTERSECCIÓN				0	0				
PARADAS DESPUES INTERSECCIÓN				0	0				
ESTACIONAMIENTO PERMITIDO				NO	NO				
ZONA				CENTRAL	CENTRAL				
NÚMERO DE SENTIDOS				1	1				
NÚMERO DE CARRILES EN EL ACCESO				2	2				
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN									
CAPAC. INTERS.	ACCESO	CAPACIDAD IDEAL	CAPACIDAD PRÁCTICA	CAPACIDAD REAL	FACTOR DE PARADAS ANTES INT.	FACTOR DE PARADAS DESP. INT.	FACTO GIRO IZQUIERDO	FACTOR GIRO DERECHA	F. DE VEH. PESADOS
1215,00	A1	1350	1215	1215,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	A2	1350	1215	1215,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO									
ACCESO	VOLUMEN	CAPACIDAD	NIVEL DE SERVICIO	NS	NS DE LA INTERSECCIÓN				
A1	338	1215	0,278	C	<b>C</b>				
A2	319	1215	0,263	C					
CÁLCULO DE LA CAPACIDAD EN INTERSECCIONES CON SEMÁFORO									
CAPACIDAD REAL DE LA INTERSECCIÓN	CAPACIDAD REAL	ACCESO	FASE VERDE g (Seg)	TIEMPO DE CICLO C (Seg)	CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN CORREGIDA POR HORA VERDE			INCID. DEL SEMAF. EN LA CAPACIDAD	
719	1848	A1	14	36	719			38,89	
	1836	A2	20	36	1020			55,56	
CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO									
ACCESO	CAPACIDAD REAL FASE VERDE (Ci) (Veh/h)	RELACIÓN VOLUMEN CAPACIDAD (Xi)	TIEMPO DE CICLO C (Seg.)	TIEMPO DE FASE VERDE g (SeG.)	TIEMPO DE CICLO / TIEMPO VERDE gi/C	DEMORA d1i (Seg./veh)	DEMORA d2i (Seg./veh)	DEMORA TOTAL di (Seg./veh)	
A1	719	0,470	36	14	0,389	6,252	0,375	6,627	
A2	1020	0,313	36	20	0,556	3,270	0,060	3,331	
CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO									
ACCESO	NIVEL DE SERVICIO			NIVEL DE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN					
A1	<b>B</b>			<b>B</b>					
A2	<b>A</b>								
Se observa una mejora en todos los parámetros, aumentando la capacidad contando o no con semáforo, mejorando así el nivel de servicio y reduciendo las demoras									



### **4.7.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

#### *Alternativa 1; Coordinación de semáforos*

Esta medida planteada como solución trata de optimizar y/o mejorar los tiempos de los semáforos, es decir, que mediante un incremento de tiempo en una fase (roja o verde) de un acceso o accesos, y la disminución de dicho incremento en la fase contraria escogida anteriormente en el acceso o accesos restantes, mejora el comportamiento del tráfico, ya que el ciclo del semáforo se mantiene constante inalterado el comportamiento del conjunto con los demás semáforos.

Esta medida tiene un costo muy bajo, ya que simplemente consta de hacer variar mediante tanteos los tiempos de fase del ciclo de un semáforo recalculando el nivel de servicio con los volúmenes de tráfico aforados en campo, hasta llegar al mejor comportamiento de dichos volúmenes, es decir; optimizar el nivel de servicio de la intersección. Por último volver a sincronizar los semáforos individualmente.

En cuanto a lo social los cambios a realizar mediante esta alternativa, solo incomodaría al tráfico tanto peatonal, como también al vehicular, de manera temporal durante la ejecución de la nueva sincronización de los semáforos.

Con esta alternativa no existe impacto ambiental de consideración.

#### *Alternativa 2; Restricción de estacionamiento en calles de alto tráfico de vehículos de transporte público*

Esta medida establece el hecho de no permitir el estacionamiento de vehículos en ningún lado de la calzada, a pesar de que en la actualidad existen letreros de “NO ESTACIONAR” en la mayoría de las calles del centro de la ciudad, no se hace respetar dichos letreros, ya que los conductores simplemente hacen caso omiso de dichos letreros, quedando obsoleta dicha medida de solución, la solución más viable dados los antecedentes sería la de disminuir el ancho de la calzada a 3.10 metros, así no hay manera de estacionarse y por ello interrumpir y/o perjudicar el tráfico vehicular. Para la mencionada solución se podría plantar postes de hierro circular cada 0.50 – 1.0 metros entre el uno y el otro, o se podría ampliar las aceras como ya se hizo en algunas de las calles céntricas.

En cuanto a costos se tendría que la solución más económica es la de los postes, ya que la cantidad de material como así también la mano de obra es mucho menor que la de ampliar las aceras. Por otro lado la solución de ampliación de las aceras no solo favorece al tráfico vehicular, sino también al tráfico peatonal, ya que contarían con mayor espacio para transitar sobre ellas. Por lo tanto la solución más factible es la de ampliación de aceras.

La sociedad quedara más satisfecha al incrementar las aceras ya que los peatones podrán transitar con más libertad y seguridad (ya que en algunos casos eran obligados a bajar de la acera y caminar por la calzada, exponiéndose físicamente y perjudicando el tráfico vehicular), en tanque el tráfico vehicular mejorará de manera significativa, ya que no serán perjudicados por conductores en proceso de estacionar o salir del estacionamiento. La única desventaja es que durante la ampliación de las aceras se verán obstruidas parcialmente las calzadas e intransitables las aceras.

Durante el proceso de construcción el impacto ambiental será mínimo ya que el único problema inevitable es el auditivo, producto de fuertes ruidos durante el proceso de ampliación.

**CAPITULO V**

**CONCLUSIONES Y**

**RECOMENDACIONES**

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

La formación de colas de espera se debe en gran parte a la mala coordinación de semáforos, estos no cuentan con un cerebro que les permita ser accionados individualmente, ya que la mayoría de los semáforos se accionan en una misma fase. La utilización de algún software o programa computacional más los valores obtenidos de este estudio servirían de gran manera, para mejorar la repartición de tiempos de ciclo de semáforo de una intersección a otra, así se puede conseguir de manera sencilla sin la necesidad de hacer pruebas en campo. Esta variación de tiempos de los semáforos puede lograr que se readecue y mejore la circulación del tráfico vehicular.

En las horas pico el problema de tráfico público es evidente a simple vista, se observa las colas de espera y demoras que generan la gran cantidad de vehículos que circulan dentro del área central. Una buena señal es la no circulación de transporte pesado. Además de que, en más de la mitad de la vía la velocidad de circulación media disminuye considerablemente con respecto al flujo libre.

Las intersecciones que no cuentan con semáforo, tampoco tienen señales o dispositivos de control que prioricen la maniobra de los vehículos cuyo acceso tiene mayor volumen de llegada, este es el caso de las intersecciones General Trigo – Fray Manuel Mingo y Corrado Colon

Podría tenerse en cuenta, la posibilidad de la reversibilidad de la calle Cochabamba en las horas punta de mayor circulación, el sentido podría ser de Este a Oeste, de lunes a viernes, tomando en cuenta calles de evacuación fuera de la zona de estudio. La aplicación de algún programa podría ser de gran ayuda para evaluar la eficiencia de esta alternativa.

El transporte público (taxis, micros, taxi trufi) tiene gran incidencia dentro de la zona de estudio, representa casi el 60% de la circulación vehicular. La mayoría de los conductores de micros no respetan las paradas establecidas ya sea por su propia imprudencia o la de algún pasajero, no existe un control estricto con respecto a esta situación. Los taxistas también

generan congestión debido a que circulan por las vías a velocidades bajas en busca de pasajeros.

Aproximadamente en un 80% de las calles e intersecciones del centro de la ciudad, los conductores no cuentan con una buena visibilidad esto repercute en la reducción de su visibilidad al ingreso de la intersección como también de salida, de igual manera los peatones al no contar con un espacio suficiente en la acera hace uso de la calzada perjudicando el tráfico y contribuyendo al aumento del congestionamiento.

El estacionamiento deberá ser prohibido en un campo de acción mayor (no solamente en la Domingo Paz y Bolívar), de igual forma deberá extenderse en cobro de estacionamiento a todas las calles perimetrales y adyacentes a la zona de estudio teniendo el mismo el valor de 1 Bs y 5 Bs dentro de la zona de estudio, para que de esta manera inducir al usuario para que tome otro tipo de mecanismo para llegar a su objetivo.

Es evidente que el incumplimiento de la señalización y las normas de tránsito, ya sea por conductores o peatones ocasionan congestión vehicular y posibles accidentes a los usuarios que transitan por la zona.

Se puede optar por volver semipeatonales a algunas de las calles del centro de la ciudad se obtiene mejores resultados si a este planteamiento se le acompaña con medidas de carácter restrictivo, además que mejora la transpirabilidad evitando las demoras que ocasionan los estacionamientos de dichas calles.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Debería incrementarse el control de tránsito y los elementos de ayuda a mejorar la circulación (cebras) esto pueden solventarse del aumento de peaje por estacionamiento.

Podría plantearse como medida la restricción vial, restringir la circulación en una cierta cantidad de vehículos en la zona de estudio. Las restricciones más comunes son las que se llevan el control de la placa del vehículo, como también una roseta de permiso de circulación, esta medida debería aplicarse tanto a vehículos particulares, como públicos aunque se puede hacer a un tipo de consideraciones a aquellos que transporten mayor cantidad de pasajeros.

Las instituciones podría descentralizarse ubicando oficinas, sucursales en varios puestos de la ciudad para evitar la obligación de trasladarse Asia el centro de la ciudad, como también abrir sus puertas en horas diferente a las pico, como ser una o dos noches a las semana; además de que se podría hacer un mejor uso de la tecnología para realizar la mayor parte de las actividades por internet. Esto debería ser inculcado a la población mediante spots televisivos y otros.

Se deberá hacer mayor énfasis en la edición vial que tienen los conductores y peatones, hacer que los mismos cumplan las normas establecidas. Llevar a cabo una formación permanente desde la niñez enseñando a combatir la falta de respeto por parte de los usuarios así la norma de tránsito, evita las conducción indisciplinada, etc.

Escalonar los horarios de inicio de actividades traería algún alivio al tráfico público, los colegios y escuelas podría iniciar sus actividades a primera hora de la mañana, las oficinas públicas una hora después y los negocios particulares dos horas más tarde; todo esto alargaría el periodo pico de la mañana.

Es de gran importancia un mejor manejo de la institución de tráfico y transporte para realizar controles, mediciones, aforos sistemáticos y estadísticos de los factores de tráfico, como ser: Volúmenes de tráfico, Velocidad, Tiempos de fase de los semáforos, etc.

Se podría destinar el carril derecho para la circulación de vehículos de transporte público (micros) con paradas fuera del área de estudio. Sería más beneficioso reducir la cantidad de taxis que de micros, ya que estos llevan menos pasajeros.

Se debe ser más rígidos con la ordenanza del trazo urbano del centro de la ciudad, corrigiendo el ancho de las aceras, además de los puntos comerciales mal ubicados.

Se recomienda un mantenimiento más continuo para con la señalización horizontal, los pintados de las mismas deberán hacerse por lo menos unas tres veces al año.

