

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

El volumen vehicular forma parte de la ingeniería de tráfico mediante la cual se quiere lograr una circulación vehicular de forma ordenada y segura para el bien común del conductor.

En la ciudad de Tarija zona Fátima, se puede observar el conflicto vehicular que existe en esta zona; dicho conflicto se debe a la concentración de los diferentes lugares públicos y privados que se encuentran en la zona, como por ejemplo el mercado Bolívar, distintos bancos instalados en la avenida La Paz, instituciones educativas, carnicerías, entre otros, trayendo como consecuencia un desorden vehicular.

Tomando en cuenta estos aspectos negativos como el desorden y acumulación vehicular en horas pico, lo que se quiere hacer en el presente trabajo es un estudio de tráfico para mejorar la circulación del tráfico en diferentes puntos que así lo necesiten.

Para llevar adelante este estudio de tráfico se procederá a realizar un inventario de las intersecciones existentes de la zona para poder identificar los puntos con mayor congestión y los menos transitados para lo cual se procederá a la realización de aforos en los horarios pico respectivamente definidos, con la finalidad de obtener datos necesarios para procesarlos y encontrar resultados en los cuales nos basaremos para dar soluciones al problema ya mencionado.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

De manera continua existe un incremento en el número de vehículos en circulación y las necesidades de transporte, así como una creciente complejidad estructural de la red vehicular urbana, de modo que las ciudades muestran serios problemas de congestión de tráfico en sus principales vías de circulación, provocando embotellamientos, contaminación del aire, ruido, incremento en accidentes viales, etc.

Los costos por esperar en un atasco automovilístico o en una cola formada en un semáforo, no solo incluyen pérdida de tiempo, sino que también implican aumento de consumo del combustible, contaminación, problemas de salud, estrés y malestar, entre

otros; además, la congestión vehicular retarda el movimiento de mercancías y de servicios, de tal modo que aumenta el precio de los productos y reduce la competitividad de los negocios; y éstas son consideraciones que exigen el establecimiento de algún mecanismo que sea capaz de gestionar el tráfico urbano, llevándonos al empleo de vías de flujo rápido en las intersecciones.

De esta forma, el presente estudio busca determinar el grado de mejoramiento de la circulación vehicular en una zona congestionada. Para ello, se puede evaluar el comportamiento del volumen vehicular relacionado con la congestión; en este caso se desea medir y evaluar el nivel de volumen vehicular de las vías. Para aplicación de la metodología que se pretende desarrollar, se tomó una zona altamente congestionada de la ciudad de Tarija.

### **1.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Situación problemática**

Es fundamental, en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Aún más, es importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.

Debido al crecimiento poblacional y la cantidad de automóviles por habitante descontrolado, la ciudad de Tarija se encuentra presentando los primeros síntomas del gran problema de tráfico vehicular en cuestión de congestionamiento vehicular en intersecciones de zonas focalizadas, principalmente en las horas pico por los turnos de la mañana, tarde y noche. Sin embargo el lapso de tiempo de estas horas picos se incrementará cada vez más debido a la acumulación excesiva de automóviles dentro de un carril sobre las avenidas principales de la zona Fátima. Aspectos como la falta de planificación de tráfico, situación económica, intereses políticos e incluso superposición de funciones son los aspectos que han contribuido a la crisis del transporte urbano, provocando desorden, las pérdidas de tiempo al trasladarse de un lugar a otro, la congestión y la contaminación de la ciudad. Esta transgresión causa un incremento de

los accidentes automovilísticos, ya que muchos conductores manejan de manera irresponsable.

### **1.3.2 Problema**

¿De qué manera un estudio de tráfico puede ayudar a regular el tránsito, reordenamiento vehicular en el propósito de mejorar la circulación de tráfico en los horarios pico de la ciudad de Tarija zona Fátima?

## **1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

### **1.4.1 Hipótesis**

Si se realiza un estudio de tráfico adecuado para la zona, relacionado con el volumen se planificará mejorar la redistribución de estos parámetros, para buscar que el tráfico vehicular mejore en rapidez y seguridad.

### **1.4.2 Identificación de variables**

Tenemos establecido en nuestro estudio dos variables independiente y dependiente.

Variable independiente (X)

Volumen de tráfico.

Variable dependiente (Y)

Planificación de mejorar la redistribución

Propuestas para mejorar la circulación.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Realizar el estudio de tráfico en la zona Fátima de la ciudad de Tarija, para proporcionar alternativas de solución al problema de la circulación vehicular.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Conocer los reglamentos y normas del Departamento de Tráfico y Transporte de la ciudad de Tarija.
- Elaborar un inventario de la zona de estudio, para la identificación los puntos que se necesitarán para el estudio de tráfico vehicular.

- Realizar aforos correspondientes a las horas establecidas teniendo en cuenta el método utilizado para dicho estudio: volumen, velocidad y estacionamientos (como elementos principales).
- Elaborar un inventario de la zona de estudio, para la identificación de puntos que requieran señalización.
- Elaborar un análisis de los resultados obtenidos para mejorar la circulación vehicular.

## **1.6 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **1.6.1 Componentes**

#### **1.6.1.1 Unidades de estudio**

Se considera como unidad de estudio al estudio de tráfico vehicular en la ciudad de Tarija zona Fátima.

#### **1.6.1.2 Población y muestra**

La población será la zona Fátima de la ciudad de Tarija, los vehículos que circulen por la zona de estudio serán tomados en cuenta para la obtención de datos ya que con estos se trabajará para llegar a un análisis y poder determinar la mejor solución.

#### **1.6.1.3 Tamaño de muestra**

Se consideró para este trabajo una población por el total de intersecciones de la zona Fátima tomando como muestra las intersecciones que requieran analizar.

El tamaño de muestra viene definido por los siguientes datos:

Datos:

Nivel de confianza 95%

$\sigma^2=0.15$  (investigaciones que requieran entre un promedio de 6 meses de tiempo)

$Z= 1.96$

e (error): 5% (0,05)

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 0.15^2}{0.05^2}$$

$$n = 30 \text{ intersecciones}$$

## **1.6.2 Métodos y técnicas empleadas**

### **1.6.2.1 Definición de método y técnica**

El método que se realizará será basado en la norma AASTHO que consiste en aforar volúmenes, en dos días hábiles y un día inhábil durante un mes en el horario pico.

### **1.6.2.2 Procedimientos de aplicación**

Con el área definida de trabajo y los puntos en los que se recolectarán los datos, se definirá las horas pico mediante un aforo para hacer un registro de volúmenes en dichas horas, también se hará un registro de los tipos de vehículos que circulan, como así también el sentido de circulación que toman los vehículos en las intersecciones.

Para el parámetro de velocidad se efectuó similar modalidad para la toma de datos en fracciones de hora correspondiente a volúmenes, con el objeto de determinar las velocidades de punto en secciones ya definidas con anterioridad.

Para el parámetro de estacionamientos, se realizaron aforos correspondientes a las horas de actividad comercial y laboral anotando la cantidad de vehículos estacionados por manzanos lo cual determina la demanda de estacionamientos.

### **1.6.2.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de datos**

En el tratamiento de los datos obtenidos y su interpretación se debe emplear la estadística, que con esta herramienta se estudiará los datos recolectados para someterlos a un procesamiento, que son necesarios para realizar un cálculo.

### **1.6.2.4 Alcance del proyecto**

El presente proyecto de investigación tiene un alcance definido en una delimitada área en la zona de Fátima de la ciudad de Tarija que consta de treinta intersecciones que se encuentran presentando mayor y menor congestionamiento, donde se realizará aforos para estimar las características del tráfico, volumen, velocidades, capacidad y estacionamientos.

Para los parámetros de volúmenes se realizará la toma de datos (aforos), para la denominada toma de datos en fracciones de hora, bajo la siguiente metodología.

Se efectuarán aforos tres horas al día por fracciones de 15min a 1hr. en los puntos establecidos.

Se realizarán tres veces al día, mañana, medio día y por la tarde generalmente en las horas pico.

También se realizaron aforos tres días a la semana, dos hábiles y uno día no hábil, con el fin de que estos sean representativos de todos los días de la semana.

El estudio de tráfico se lo efectuará solo en los puntos de aforos establecidos de la zona Fátima.

Para el parámetro de velocidad se efectuó similar modalidad en la forma de toma de datos en fracciones de hora correspondiente a volúmenes, con el objeto de determinar las velocidades de punto en secciones ya definidas con anterioridad.

Para el parámetro de estacionamientos, se realizaron aforos correspondientes a las horas de actividad comercial y laboral anotando la cantidad de vehículos estacionados por manzanos lo cual nos determina la demanda de estacionamientos.

En cuanto se refiere a la colocación de los semáforos se identificará si existen puntos en los cuales es necesaria la semaforización

Se busca estudiar el problema de tráfico para poder determinar las soluciones necesarias para la regulación de tráfico vehicular dando mayor seguridad al usuario.

El estudio no se aplica al comportamiento de barrios aledaños ni cruces con avenidas principales, limitándose al área de estudio de la ciudad en los puntos de intersecciones establecidas anteriormente.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 INGENIERÍA DE TRÁFICO

Aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola/1994)

#### 2.2 ELEMENTOS DE TRÁFICO

Elemento peatón

Elemento conductor

Elemento vehículo

Elemento vía

##### 2.2.1 Elemento peatón

El peatón o transeunte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras.

Factor importante que complica los problemas de circulación.

Vulnerable.

Aprecia mejor las condiciones del tránsito por la lentitud de su circulación.

Los niños corren más riesgos por su inmadurez, poca experiencia, exceso de energía).

Ancianos corren más riesgos (Deficiencias físicas, reacciones lentas, testarudez).

(Víctor Gabriel Valencia Alaix/2007)

##### 2.2.2 Elemento Conductor

Es aquella persona que maneja un vehículo o motorizado que circula por una vía, el cual tiene un papel muy importante y que quizá se considere el elemento más importante en el presente estudio ya que este sujeto tiene que tener la capacidad, habilidad, responsabilidad para una conducción apropiada. (Juan Gabriel Tapia Arandia/2006)

## **Características del conductor**

Las características del conductor van relacionadas con diferentes factores que de una u otra forma influyen en el comportamiento del conductor. Estos pueden ser:

Factores internos

Factores externos

### **Factores internos**

Son aquellos que provienen del conductor mismo como los aspectos físicos, psicológicos y de salud como:

La vista

El oído

Reacciones física y psicológica

### **La vista**

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

Los músculos pueden variar la distancia focal mediante ciertos movimientos del ojo. Esto permite a la persona enfocar a distancia variable.

De la facultad de enfocar vamos a citar unas cuantas cifras que nos interesan a ese aspecto.

Para el movimiento de la cabeza del usuario se han hecho algunos experimentos para determinar cuánto tiempo tarda en ver un objeto, hacer un ligero movimiento y observar otro en dirección diferente. Reaccionar significa que el mensaje es enviado del ojo al cerebro y este ordena el movimiento a los músculos, para accionar. Para cambiar de ángulo se necesitan de 0,1 a 0,3 segundos. Finalmente, el tiempo necesario para enfocar

es de 0,17 a 3 segundos, si se sale de un medio oscuro a uno de luz natural, en cuyo caso el órgano visual humano tarda más tiempo en adaptarse.

En el caso de la salida de un túnel, en promedio tarda como 3 segundos, dependiendo de cada individuo.

Veamos cuánto tarda un conductor que llega a una esquina en saber únicamente si el paso está libre. Para voltear hacia la derecha necesita de 0,1 a 3 segundos; enfocar le lleva aproximadamente 0,3 segundos; voltear a la izquierda de 0,1 a 3 segundos, finalmente, enfocar otra vez. La suma total del tiempo necesario para voltear a la derecha, enfocar, voltear a la izquierda y enfocar, es de un segundo y cuarto, tomando valores máximos. Son valores obtenidos a través de experiencias directas, es decir, en forma empírica.

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

Por el deslumbramiento de luces altas emitidas por faros de vehículos que circulan en dirección contraria durante la noche. Este enceguecimiento momentáneo se puede evitar con una adecuada educación vial.

El deslumbramiento originado por los rayos solares cuando el ángulo de estos es tal que dan una reflexión directa sobre los ojos.

Por bolsones de niebla densa cercanos al vehículo que se presentan en algunos tramos de carreteras.

### **El oído**

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

## **Reacciones física y psicológica**

Se determina dos tipos de reacciones que puede presentar el conductor las cuales son: la reacción física o condicionada y la reacción psicológica.

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

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

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

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

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

- La fatiga
- Las enfermedades
- El estado emocional del individuo
- El consumo de alcohol y drogas

El clima  
Las condiciones del tiempo  
El cambio del día a la noche y viceversa

### **Factores externos**

Estos factores son aquellos que influyen en la reacción del conductor y no dependen de dicho conductor, sino del entorno de su recorrido, por ejemplo:

La distancia de visibilidad de la vía  
Ancho de carril  
Presencia de cruces  
Señalización  
Fenómenos atmosféricos

### **Proceso de la percepción – reacción**

El proceso con el cual un conductor, un ciclista o un peatón evalúa y reacciona a un estímulo, puede dividirse en cuatro subprocesos:

**Percepción:** El conductor ve un dispositivo de control, una señal de peligro u objeto en el camino.

**Identificación:** El conductor identifica el objeto o dispositivo de control y así entiende el estímulo.

**Emoción:** El conductor decide qué acción tomar en respuesta al estímulo, por ejemplo: para el cambio al pedal del freno, pasar, virar, o al cambiar de carril.

**Reacción:** El conductor ejecuta la acción decidida durante el subproceso de las emociones.

El tiempo transcurre durante cada uno de estos subprocesos. El tiempo que transcurre desde el inicio de la percepción hasta el final de la reacción es el tiempo total requerido para la percepción, la identificación, las emociones y la solución, algunas veces llamado tiempo PIEV o comúnmente, tiempo de percepción-reacción.

El tiempo de percepción – reacción es un factor importante en la determinación de la distancia de frenado, además de la distancia mínima de visión requerida en una carretera

y la longitud de la raya amarilla en una intersección señalada. El tiempo de percepción – reacción varía entre individuos, y de hecho varía para la misma persona dependiendo de la ocasión. Estos cambios en el tiempo de percepción – reacción depende de cuan complicada es la situación, la condición ambiental, la edad, el cansancio, influencia de drogas y/o alcohol y si el estímulo es previsto o inesperado. (Juan Gabriel Tapia Arandia/2006)

### **2.2.3 Elemento vehículo**

El vehículo es un medio de transporte que se lo utiliza para poder trasladarse de un lugar a otro.

#### **2.2.3.1 Características del vehículo**

Las características para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el peso y el tamaño de los vehículos; las características cinemáticas comprenden el movimiento del vehículo, consideran las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo.

Por tanto, el diseño de una carretera incluye la selección de un vehículo de diseño, cuyas características cubran las relacionadas con la mayor parte de los vehículos que se espera usen la carretera. Estas características son aprovechadas para determinar criterios en el diseño geométrico, en el diseño de intersecciones y los requerimientos de distancia visual.

#### **2.2.3.2 Clasificación por tipo de vehículo**

La administradora boliviana de carreteras (ABC) clasifica los vehículos de la siguiente manera:

Vehículos livianos: Automóviles, camionetas hasta 1500 kg.

Locomoción colectiva: Buses rurales e interurbanos.

Camiones: Unidad simple para transporte de carga.

Camión con semirremolque o remolque: Unidad compuesta para transporte de carga.

Con esta clasificación vamos a nombrar y especificar los tipos de vehículos, los cuales se dividen en: vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados.

Vehículos livianos:

Bicicletas  
 Motocicletas  
 Taxis  
 Vagonetas  
 Camionetas pequeñas  
 Jeep

Vehículos medianos:

Camionetas de 4 o 6 cabinas  
 Micros

Vehículos pesados:

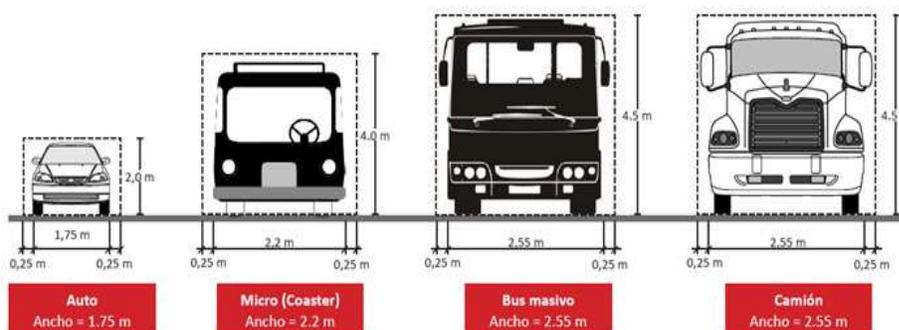
Camiones con remolque  
 Camiones sin remolque

**Tabla 2.1 Características de vehículos según el servicio nacional de caminos**

Características Del vehículo	Ancho total (m)	Largo total (m)	Radio mínimo de Rueda Externa Delantera (m)	Radio mínimo de Rueda Externa Trasera (m)	Detalles
Automóviles	2.10	5.80	7.30	4.70	Vehículos livianos como automóviles, camionetas, vagonetas, minibuses, etc.
Autobuses y camiones	2.60	9.10	12.80	8.70	Vehículos comerciales de 2 ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales normalmente de 2 ejes y 6 ruedas
Autobuses interurbanos	2.60	12.20	12.80	7.10	Automóviles y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de larga distancia y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las CO y pueden contar con 6 ejes.
Camión Semi-remolque	2.60	16.80	13.70	6.00	Vehículo comercial articulado compuesto normalmente de una unidad tractora y un semirremolque o remolque de 2 ejes o más.

**Fuente:** Servicio nacional de caminos (S.N.C.)

**Figura 2.1 Dimensiones de vehículos parados**



**Fuente:** Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas

#### 2.2.4 Elemento vía

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo. La denominación de vía incluye a las carreteras caminos y las calles de la ciudad. (Juan Gabriel Tapia Arandia/2006)

##### 2.2.4.1 Partes integrales de una vía

En primer lugar, tenemos la superficie de rodamiento. Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de los vehículos. En las calles de la ciudad el carril es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. En las carreteras de primera categoría esta superficie será pavimentada. A ambos lados de la superficie de rodamiento están los acotamientos, que son las fajas laterales destinadas a alojar vehículos que se estacionan, por emergencia, a lo largo de la carretera. Paralelo a la carretera tenemos el drenaje longitudinal, también llamado cuneta.

También pueden existir contra – cunetas, en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Sigue el drenaje transversal, que está formado por las alcantarillas y estructuras mayores (puentes), que permitirán que el agua cruce de un lado a otro de la carretera, sin invadir su superficie.

La rasante, como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

La subrasante es aquella superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento. Con relación al pavimento, se denomina así a la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permiten un tránsito rápido, eficiente y sin polvo. (Juan Gabriel Tapia Arandia/2006)

#### **2.2.4.2 Congestionamiento de vías**

El congestionamiento de una vía se lo puede definir de la siguiente manera:

Movimiento deficiente de vehículos.

Saturación vehicular.

Pérdida de tiempo y velocidad.

El congestionamiento de una carretera o de una calle es dado comparando este camino con otro que funciona en condiciones ideales y en unidades de velocidad y tiempo de retardo.

Para conocer el grado de congestionamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de cruce.

Decimos que el tiempo total de recorrido es el tiempo que nos lleva desde el momento de iniciar la marcha hasta detener el vehículo. El tiempo de retardo será aquel tiempo invertido durante el recorrido y en el cual el vehículo no está en movimiento.

Este caso se presentaría en los semáforos; al detenerse otro vehículo enfrente del nuestro; al pasar un peatón, etc. Además, hay otros casos en que tendríamos que hacer alto, por ejemplo, al llegar a una avenida que tiene derecho de paso; por detenernos a esperar que bajen o suban los pasajeros de un autobús, etc.

### **2.3 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO**

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

e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte. (Juan Gabriel Tapia Arandía/2006)

### **2.3.1 Volumen de tránsito**

Se define volumen de tránsito, como el número y tipo vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada durante un periodo de tiempo determinado. (Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndola/1994)

#### **2.3.1.1 Volúmenes de tránsito absolutos o totales**

Son volúmenes de tránsito que están clasificados de acuerdo al lapso de tiempo determinado para su cálculo, este lapso puede ser un año, un mes, una semana, un día o una hora.

Tránsito anual (TA).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos. (T = 1 año).

Tránsito mensual (TM).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 30 días consecutivos. (T = 1 mes).

Tránsito semanal (TS).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos. (T = 1 semana).

Tránsito diario (TD).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas. (T = 1 día).

Tránsito horario (TH).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos. (T = 1 hora).

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y personas sobre puntos o secciones especificados. Dichos volúmenes de tráfico son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonable de la calidad de servicio prestado a los usuarios.

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. Así se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario, volumen de tráfico horario.

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. Así se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario, volumen de tráfico diario.

En el estudio de carreteras, una de las unidades de medidas de volúmenes de tráfico más frecuentemente utilizada es el promedio diario de los volúmenes registrados durante un cierto periodo.

### **2.3.1.2 Volúmenes de tránsito promedio diarios (TPD)**

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

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

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

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

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

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

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

### **2.3.1.3 Volúmenes de Tránsito Horarios (VH)**

Su unidad de medida son los vehículos por hora, se clasifican de acuerdo a la hora seleccionada como se detalla a continuación:

**Volumen horario máximo anual (VHMA)**

Es el máximo volumen horario que pasa por un punto o sección transversal de una vía durante un año; es decir, 1 de 8760 horas en la que se registra el mayor volumen de tráfico.

**Volumen horario de máxima demanda (VHMD)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día.

**Volumen horario de proyecto**

El volumen horario de proyecto o volumen horario de diseño, es un volumen proyectado que sirve para determinar las características geométricas de la vía. No se considera el máximo volumen horario como volumen de proyecto ya que se alcanzaría un costo elevado de inversión. La experiencia en otros países ha demostrado que tampoco resulta económico diseñar una vía para un volumen horario mayor al volumen horario trigésimo anual, por lo tanto, se considera al volumen horario trigésimo anual como el de diseño.

**2.3.1.4 Distribución y composición del volumen de tránsito**

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.

Se presenta variaciones de volumen respecto a la distribución direccional en calles que comunican el centro de una ciudad con la periferia, el flujo de tránsito es máximo hacia el centro en las mañanas y hacia la periferia en las tardes y noches.

En lo que respecta a la composición del tránsito, en un análisis de volúmenes se hace importante conocer la cantidad de automóviles, autobuses, camiones, etc., los mismos que se expresan en forma de porcentaje respecto al volumen total.

### **2.3.1.5 Estudio de volúmenes de tránsito**

Los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículo y/o personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan en relación con el tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios.

#### **Aforos de volumen**

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía 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.

Existen diferentes tipos de métodos:

- Método manual

- Método mecánico

- Método de origen y destino

#### **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.

### **Encuestas de origen y destino**

Se utilizan para recopilar datos sobre números y tipos de viajes incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros, desde varias zonas de origen hacia zonas de destino. Se utiliza este tipo de encuestas para propósitos de planeación de mejoras o aperturas de vías. Se puede realizar este trabajo de distintas maneras:

Encuestas a conductores de vehículos: se consulta a los conductores el origen y destino de su trayectoria.

Tarjetas postales a los conductores en movimiento: se entrega tarjetas a los conductores para que estos llenen los datos requeridos en la misma y la envíen a una casilla en particular.

Placas de vehículos: se registra los números de placas entre dos a más puntos del área de estudio.

Encuestas domiciliarias.

### 2.3.2 Velocidad

La velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que tarda en recorrerlo. La velocidad en carreteras generalmente se considera uniforme desde el punto de vista académico, si bien esto no es evidente en la realidad. Esa velocidad uniforme por definición es el cociente de la distancia recorrida entre el tiempo que se tarda en recorrer esa distancia, o sea:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

La velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin que origine un equilibrio entre el usuario, vehículo y la vía de tal manera que se garantice seguridad.

Existen diferentes tipos de velocidades:

Velocidad en un punto

Velocidad de recorrido total

Velocidad de crucero

Velocidad directriz

#### **Velocidad en un punto**

Es la velocidad de un vehículo a su paso por un determinado punto de una carretera o de una calle. Como dicha velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto, también se lo denomina velocidad instantánea.

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

#### **Ubicación del estudio**

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

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

En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.

En puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “PARE”.

En todas las arterias principales.

En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos. Cuando un punto se está estudiando, es importante que los datos estén obtenidos imparcialmente. Para esto se requiere que los conductores sean inconscientes de que se está conduciendo tal estudio.

### **Tiempo y duración del estudio para el estudio de la velocidad**

La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante horas pico. Sin embargo, cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas.

### **Velocidad de recorrido total**

La velocidad de recorrido es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, tiempo que fluye en la relación y demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuando menor es la velocidad de recorrido total, mayor el congestionamiento de tráfico.

El tiempo que se tarda en recorrer la distancia de recorrido total tiene dos componentes que son:

El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho.

El tiempo de demoras cuando el vehículo no está en movimiento.

Este tiempo de demoras puede tener como causas, detención de vehículos, cruce de peatones, semáforos, etc.

$$VRT = \frac{dr}{tc + td}$$

Donde:

VRT = Velocidad de Recorrido Total (km/h).

tc = Tiempo de circulación (horas).

td = Tiempo de demoras (horas).

dr = Distancia de recorrido (km).

### **Velocidad de crucero**

También conocida como velocidad en marcha, es el recorrido total entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener esta velocidad de crucero es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por la causa de demora que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de crucero es menor que la velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá indicarnos cuánta es la incidencia y en magnitud el de las demoras en la velocidad del vehículo.

$$Vc = \frac{dr}{tc + td}$$

Donde:

Vc = Velocidad de crucero.

dr = Distancia de recorrido (km).

tc= Tiempo de circulación (horas).

td = Tiempo de demoras (horas).

### **Velocidad directriz**

Llamada también velocidad de diseño o de proyecto, es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, todos los elementos geométricos de diseño como alineación horizontal, vertical y transversal, anchos de carriles, etcétera, dependen de esta velocidad.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los futuros volúmenes de tránsito que se va mover sobre la misma, de las características topográficas de la zona, la disponibilidad de recursos económicos.

### **2.3.3 Densidad**

Es la capacidad de vehículos que circulan en una vía por unidad de longitud que normalmente se toma en un kilómetro, este parámetro es resultante de los anteriores es decir de la velocidad y volúmenes de tráfico cuya relación será:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{volumen}}{\text{velocidad}}$$

En estos últimos años la densidad se la determina o se la mide con la ayuda de algunos instrumentos de video que nos permite enfocar longitudes donde se puede contabilizar el número de vehículos que se encuentran en el tramo determinado.

## **2.4 SEÑALIZACIÓN**

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. A través de la señalización se indica a conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la vía, evitando riesgos y demoras innecesarias.

### **Objetivos de la señalización**

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

Mejorar la seguridad del usuario.

Dar mayor comodidad al usuario.

Reducir el número de accidentes.

### **Autoridad legal**

La ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) en la actualidad es la entidad gubernamental encargada de la red vial de Bolivia, tiene la responsabilidad de establecer el control del tráfico en dicha red.

El sistema de señalización adoptado, está basado en el manual interamericano de dispositivos para el control del tráfico en calles y carreteras.

## **Señales**

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos. En vías de dos sentidos, las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención.

En vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por dichos carriles. Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en:

Señalización vertical

Señalización horizontal

### **2.4.1 Señalización vertical**

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas a los lados o adyacentes a un camino que, mediante símbolos, letras, reglamentan las prohibiciones o restricciones respecto al uso de las vías, previenen a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, así como proporcionan información necesaria para guiar a los usuarios.

Toda señal vertical debe transmitir un mensaje nítido inequívoco al usuario de la vía, lo que se logra a través de símbolos o leyendas, donde estas últimas comprenden palabras o números.

### **Colocación**

La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran importancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la relación oportuna del usuario de la vía.

Toda señalización deberá instalarse dentro del cono visual del usuario, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de conductores.

No obstante, a lo anterior, los postes y otros elementos estructurales de las señales verticales, pueden representar un peligro para los usuarios en caso de ser impactadas; por dicha razón deben instalarse alejadas de la calzada y construirse de tal forma que opongan menor resistencia en caso de accidentes.

Se debe analizar las siguientes condiciones para una correcta instalación de una señal vertical:

Distancia entre señal y la situación que generó su instalación (instalación longitudinal).

Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).

Altura de la ubicación de la placa de la señal.

Orientación de la placa de la señal.

Distancia mínima entre señales.

### **Ubicación longitudinal**

La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una segura y eficiente operación.

Las distancias longitudinales correspondientes a la instalación de las señales, serán definidas caso a caso cuando se aborde la función de cada una, esto debido a que cuenta con diferentes criterios de ubicación de acuerdo a su utilidad.

En lo que se refiere a la separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir paralelo al eje de la vía, la tabla que se muestra a continuación entrega distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

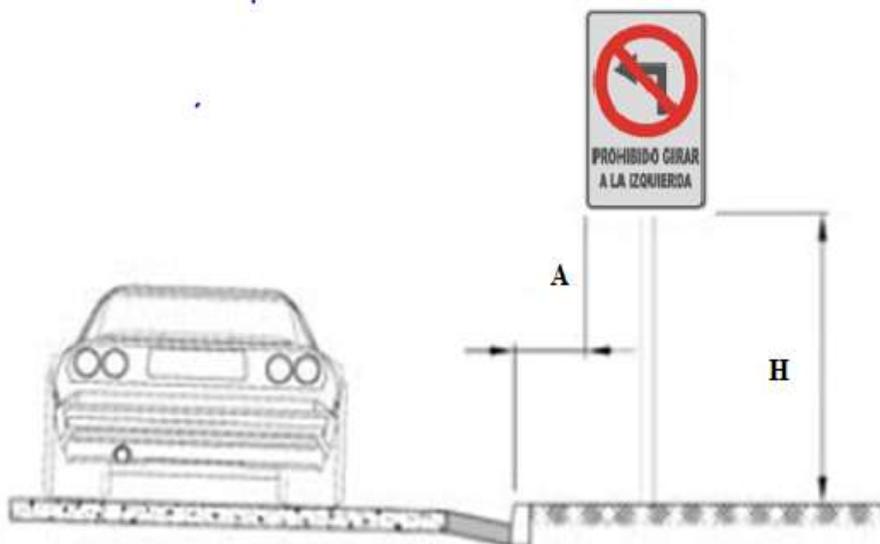
**Tabla 2.2 Distancia mínima de separación entre señales**

Orden en que el conductor verá las señales	Velocidad (Km/h)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentarias → Advertencia	50	50	30	20
Advertencia → Reglamentarias	50	50	30	20
Reglamentarias o Advertencia → Informativa	90	80	60	40
Informativa → Reglamentarias o Advertencia	60	50	40	30
Informativa → Informativa	110	90	70	50

**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Cuando la instalación de una señal vertical coincida con el emplazamiento de otra señal vertical, las distancias indicadas anteriormente podrán ser modificadas en un  $\pm 20\%$  como máximo.

**Figura 2.2 Ubicación transversal de señales verticales**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Tabla 2.3 Ubicación transversal de señales verticales distancia y altura**

Tipo de vía	A(m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2,0	1,5	2,2
Caminos	1,5	1,5	2,2
Vías Urbanas	0,6	2,0	2,2

**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Donde A corresponde a la distancia medida desde el borde exterior de la calzada, hasta el canto interior de la señal vertical; H es la distancia entre la rasante a nivel del borde exterior de la calzada y el canto o tangente al punto inferior de la señal.

### **Clasificación**

Las señales verticales se clasifican en:

- Señales preventivas
- Señales reglamentarias
- Señales informativas

#### **2.4.1.1 Señales preventivas**

Son señales de advertencia de peligro, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP.

No son de carácter obligatorio, pero es preciso dejarse guiar por su información para que no incurran en riesgos o comportamientos que atenten nuestra seguridad.

Tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocadas verticalmente, son de color amarillo de fondo, con una línea negra perimetral y figura, símbolo leyenda son de color negro. Estas señales están colocadas antes del lugar donde existe peligro para dar tiempo al conductor a su reacción.

Para este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberá cumplir con un nivel de retrorreflexión mínimo.

Las señales preventivas en las cuales se consideran otros colores además del amarillo y negro son:

SP-34 Semáforo (rojo, amarillo, negro y verde).

SP-35 Prevención de pare (amarillo, negro y lanco).

SP-36 Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco).

### Ubicación

Estas señales deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para recibir, identificas, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiera.

**Figura 2.3 Señales preventivas**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### 2.4.1.2 Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas de tránsito y acarrea las sanciones previstas en la ley. Estas señales se identifican con el código SR.

En general, su forma es circular y solo se aceptará inscribir la señal en un rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Se exceptúan de esta condición geométrica las señales:

SR-01 pare, cuya forma es octogonal.

SR-02 ceda el paso cuya forma es triángulo equilátero con vértice hacia abajo.

SR-38 sentido único de circulación, es de forma rectangular.

SR-39 sentido de circulación doble, es de forma rectangular.

Los colores utilizados en estas señales son; fondo blanco, orlas y franjas diagonales de color rojo, símbolos y números en color negro.

Las excepciones a esta regla son:

SR-01 pare, cuyo color es rojo, orlas letras en blanco.

SR-38 sentido único de circulación, fondo negro, flecha y orlas blancas.

SR-39 sentido de circulación doble, fondo negro, flecha y orlas blanca.

SR-40 a la SR-43, paso obligado y ciclo vía, serán de fondo azul y símbolo blanco.

### Ubicación

Estas señales deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se quiera establecer la medida.

Por otro lado, se deberá ubicar una señal adicional al lado izquierdo de la vía, en toda condición cuando se trate de señales de tipo “no adelantar (SR-26), y en el caso de velocidad máxima (SR-30).

Estas señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana u horas en las cuales existe la prohibición.

**Figura 2.4 Señales reglamentarias**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **Criterios de uso**

Las señales reglamentarias de prioridad, son aquellas que regulan el derecho preferente de paso y corresponden a: pare (SR-01) y ceda el paso (SR-02).

En toda intersección que no cuente con semáforos, no importando el flujo vehicular, se deberá regular la circulación vehicular mediante la colocación de al menos una señal de prioridad, colocada de acuerdo a las condiciones de visibilidad en el cruce o empalme.

Se utiliza la señal ceda el paso (SR-02), cuando la visibilidad en el cruce o empalme, permita al conductor del vehículo que transita por la calle de menor prioridad distinguir fácilmente cualquier vehículo que circule por la vía principal, disponiendo del tiempo y la distancia necesaria para ceder el paso antes de entrar al cruce o empalme, caso contrario se debe colocar una señal de pare (SR-01).

### **2.4.1.3 Señales informativas**

Este tipo de señales verticales no transmiten órdenes ni previenen sobre irregularidades o riesgo en la vía pública y carecen de consecuencias jurídicas.

Las señales informativas o de información, están destinadas a identificar, orientar y hacer referencia a lugares, servicios o cualquier otra información útil para el viajero.

En particular son utilizadas para informar sobre:

- Enlaces o empalmes con otras vías.

- Direcciones hacia destinos, calles o rutas.

- Inicio de la salida de otras vías.

- Distancia a la que se encuentran los destinos.

- Nombres y rutas de las calles.

- Servicios.

- Lugares de atractivos turístico existentes en inmediaciones de la vía.

- Nombres de ciudades, ríos, puentes, parques, etc.

Las señales de información por lo general son de forma rectangular o cuadrada.

En las señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco; el color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y para las vías convencionales serán de color verde, con la excepción de las señales nombre y numeración de calles; las cuáles serán de color negro, y las señales de atractivo turístico, serán de color café.

### **Ubicación**

La ubicación longitudinal de las señales informativas queda determinada por su función, según la especificación de cada señal. Para su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de los diferentes factores tales como la geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, etcétera.

## Clasificación

Señales que guían a los usuarios a su destino:

- De pre señalización (IP)
- De dirección (ID)
- De confirmación (IC)
- De identificación vial (IV)
- De localización (IL)

Señales con otra información de interés:

- De servicio (IS)
- De atractivo turístico (IT)
- Señales ambientales (IA)
- Otras señales para autopistas y autovías (IAA)
- Otras (IO)
- Informativas de control (ICO)
- Tamaño especial (IT(E)- IS(E))

**Figura 2.5 Señales informativas**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

En las señales informativas el mensaje se entrega a través de un sistema, cuya complejidad depende del tipo de vía que se señala y, en particular, su velocidad de operación, de la magnitud de flujo vehicular, del número de vehículos que salen, entran o cruzan la vía, del nivel de peligrosidad de la intersección, de los movimientos peatonales que existen en la zona.

## **2.4.2 Señalización horizontal**

Este tipo de señalización corresponde a demarcaciones que se encuentran sobre el pavimento, como ser líneas, símbolos, letras, en las que se incluyen tachas retro-reflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito.

La señalización horizontal presenta mayor ventaja frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que este distraiga su atención de la pista por la que circula. El lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de una la seguridad vial. No obstante, como desventaja, su visibilidad se ve afectada por las variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo y otros. Por esta razón, en maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, siempre se deben reforzar con la señalización vertical correspondiente.

Todas las vías pavimentadas deberán contar con señalización horizontal, la cual deberá cumplir una función prioritaria en vías interurbanas y de apoyo a la señalización vertical.

### **2.4.2.1 Según la altura**

Planas

Elevadas

#### **Planas**

Son señales son aquellas que presentan una altura de 6 mm de alto.

#### **Elevadas**

Son señales un poco más elevadas que las anteriores en un rango de 6 mm a 21 mm, utilizadas para completar a las primeras. Una demarcación elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por los focos de los vehículos, son visibles aun en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente la demarcación plana pierde eficacia.

#### **2.4.2.2 Según su forma**

Líneas longitudinales

Líneas trasversales

Símbolos y leyendas

Otras demarcaciones

#### **Líneas longitudinales**

Se emplean para delimitar pistas y calzadas, para indicar zonas con o sin prohibición de adelantar, zonas con prohibición de estacionar y para delimitar pistas de uso exclusivo como por ejemplo de bicicletas o buses.

Este tipo de línea, se utiliza para delinear sub ejes longitudinales principales de la calzada de una vía. Se tiene:

Líneas de eje

Líneas de carril

Líneas de borde de calzada

Líneas de prohibición de estacionamiento

Líneas de transición (reducción y ampliación de pistas)

#### **Líneas trasversales**

Se emplean fundamentalmente en cruces, para delimitar líneas de detención a los vehículos motorizados, y para demarcar sendas destinadas al tránsito de paso de peatones o ciclistas, teniéndose los siguientes sub grupos:

Líneas de detención

Línea de detención cruce de prioridad estática ceda el paso

Línea de detención cruce de prioridad estática pare

Línea de detención cruce de prioridad variable sanforizado

## **Símbolos y leyendas**

Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regula la circulación y advierte sobre peligros.

### **2.4.2.3 Líneas longitudinales**

#### **Características básicas de las líneas longitudinales**

La línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor debe atravesarla ni circular sobre ella.

La línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que puede ser traspasable por el conductor.

#### **Líneas de eje**

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Estas líneas se ubican generalmente al centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual.

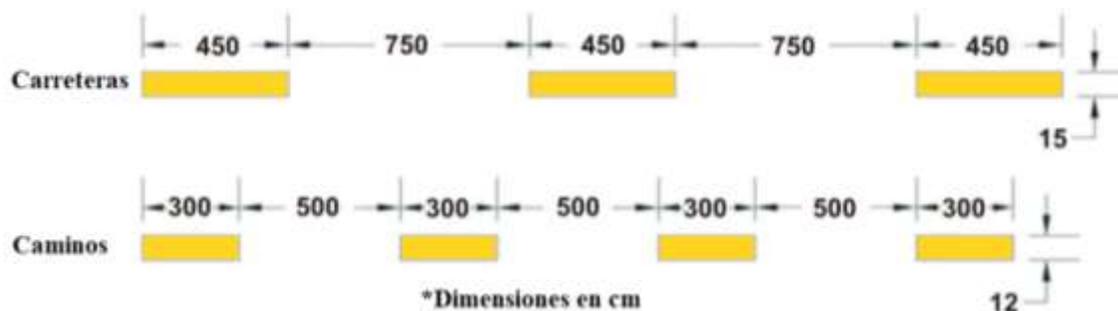
Dada la importancia de esta línea en la seguridad de tránsito, estas deberían encontrarse siempre presentes en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m. en calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central.

Estas líneas de eje podrán ser: discontinuas, continuas dobles o mixtas.

#### **Línea amarilla discontinua**

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto donde se permite la maniobra de adelantamiento.

**Figura 2.6 Diseño de líneas discontinuas**

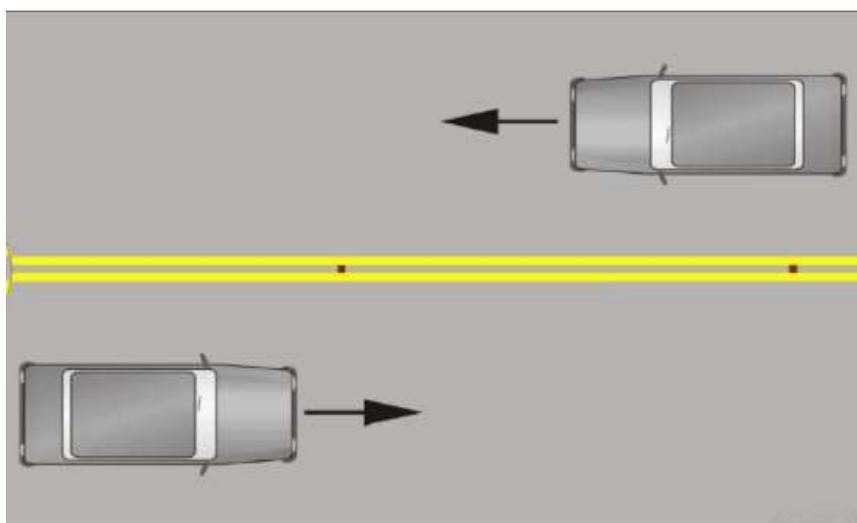


**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Línea doble amarilla continua

Se las utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

**Figura 2.7 Ejemplo de líneas continuas dobles**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Líneas de carril

La función de las líneas de pista es ordenar el tránsito y posibilitar un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, y pueden ser de dos tipos:

Continuas

Segmentadas.

### **Línea blanca discontinua**

Utilizadas para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo donde sí es permitida la maniobra de adelantamiento.

### **Línea blanca continua**

Como se ha indicado anteriormente, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesar ni circular sobre ella; las líneas continuas se utilizan para:

Demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, también controlados por señales estáticas ceda el paso o pare, de igual forma controlado por señales dinámicas “semáforo” en una línea de 20 metros medidos desde la línea de detención.

**Figura 2.8 Dimensiones de demarcación continua**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

#### **2.4.2.4 Líneas transversales**

Estas pueden ser de dos tipos:

Líneas de detección

Líneas de cruce

## Líneas de detención

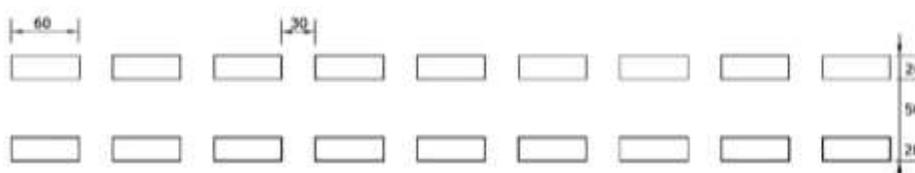
Estas líneas indican el lugar, ante el cual los vehículos que se aproximan a un cruce o paso para peatones, deben detenerse.

## Señal ceda el paso

Corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea **segmentada** doble, que complementa la señal vertical ceda el paso (SR-2).

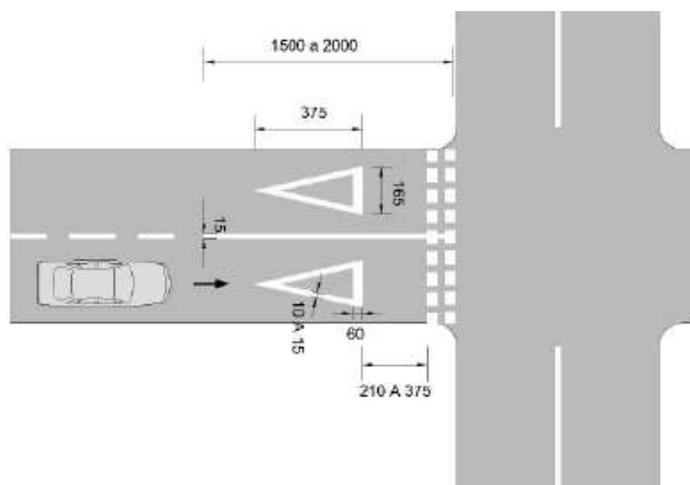
Indican al conductor que deben detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

**Figura 2.9 Líneas de detención ceda el paso (dimensiones en centímetros)**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Figura 2.10 Demarcación en cruce ceda el paso**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Cruce controlado por señal pare

Indica al conductor que enfrenta una señal pare, dónde el vehículo debe detenerse, debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanuda la marcha con seguridad.

Estas líneas siempre deben complementarse con la señal vertical pare (SR-01), y presentar las características que se muestran en la siguiente figura:

**Figura 2.11 Señalización horizontal en cruce reglado con la señal pare**



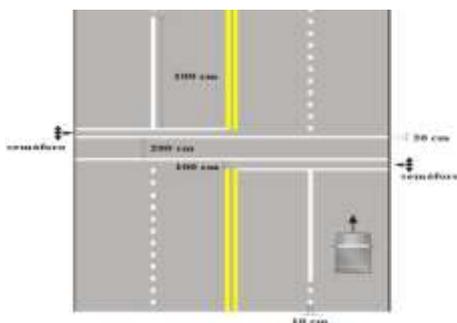
**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Cruce regulado por semáforo

El cruce peatonal regulado por semáforo está compuesto por una línea de detención continua y un paso peatonal.

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la luz roja de un semáforo, se la deberá ubicar a un metro de la línea de borde de la senda peatonal.

**Figura 2.12 Demarcación de cruce peatonal regulado por semáforo**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## **Símbolos y leyendas**

Se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como ceda el paso y pare, leyendas como lento, entre otras.

Estas se clasifican en:

Flechas

Leyendas

Otros símbolos

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, se puede usar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc.

## **Flechas**

Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos.

Según las maniobras asociadas a ellas se tienen los siguientes tipos de flechas:

Flecha recta

Flecha de viraje

Flecha recta y de viraje

Flecha recta y de salida

Flecha de advertencia inicio línea de eje central continua

Flecha de incorporación a pistas de tránsito exclusivo

Flecha de incorporación a pistas de tránsito lento

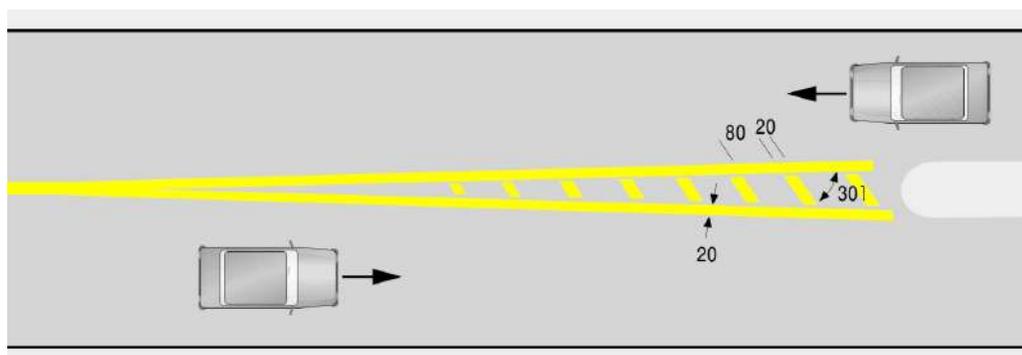
## **Otras demarcaciones**

### **Achurados**

La función de los achurados es prevenir a los conductores la proximidad de las islas y bandejas, así como canalizar el flujo vehicular.

Se distinguen dos tipos de achurados como se muestran en la figura.

**Figura 2.13 Demarcación tipo achurado**



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### **Resaltos**

Son reductores de velocidad llamados resaltos. Estos dispositivos se emplean en accesos a intersecciones que presentan una alta tasa de accidentes, donde es necesario proteger el flujo peatonal y en vías en donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos: la ubicación de estos se empleará para resolver los siguientes problemas:

En cruces o vías de acceso no regulados, donde se requiera reducir a velocidad.

En tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.

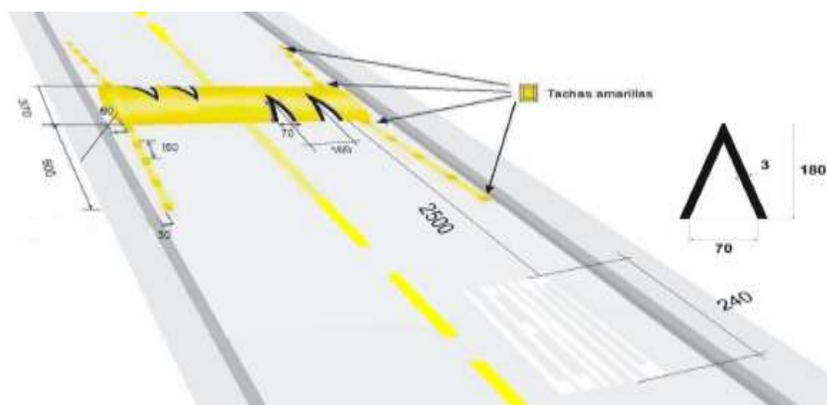
Cruces regulados por señal de prioridad, para que los conductores respeten la velocidad.

Zonas de escuelas y plazas de juegos infantiles.

Para la instalación de resaltos se requerirá, disponer los antecedentes estadísticos que registren accidentes, o en su defecto que las encuestas de los usuarios de la vía denuncien el exceso de velocidad.

Previo al resalto, siempre deberá demarcarse en el pavimento la leyenda lento.

Figura 2.14 Resalto



**Fuente:** Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

## 2.5 SEMAFORIZACIÓN

### 2.5.1 Semáforos

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados como son el rojo, amarillo y verde.

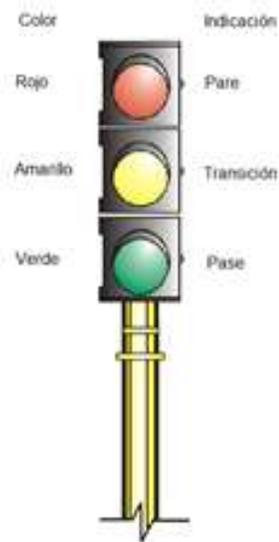
Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

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

#### Función de los colores

- Rojo (luz superior)
- Amarillo (luz central)
- Verde (luz inferior)

**Figura 2.15 Función de los colores de los semáforos**



**Fuente:** Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

El color rojo significa que el tránsito que se encuentran frente a un semáforo con luz roja deberá detenerse y esperar que la luz cambie a color verde antes de proseguir su marcha.

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

La luz amarilla indica a los conductores y peatones que la luz roja está a punto de encenderse y por lo tanto que el conductor deberá detenerse. Al encenderse la luz amarilla, el conductor deberá detener su vehículo en forma suave evitando frenar bruscamente y si esto no fuera posible podrá seguir su marcha siempre y cuando la luz roja no se hubiera encendido todavía.

El color verde indica que los vehículos que observan esta luz pueden continuar su marcha sin detenerse.

### **Componentes de los semáforos**

Este elemento tiene como componentes:

- Cabeza
- Soportes
- Cara

Lente

Visera

La cabeza es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

Los soportes son las armaduras que se utilizan para sujetar la cabeza de los semáforos de forma que se les permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.

La cara son las distintas luces de las cuales están formados los semáforos.

El lente es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada. Este elemento desaparece con los nuevos semáforos leds.

Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada uno de los módulos luminosos para evitar que a determinadas horas de los rayos del sol incidan sobre estos.

### **Ventajas y desventajas**

Si la instalación y la operación de los semáforos es adecuada estos brindaran las siguientes ventajas:

Reducir y prevenir accidentes en la intersección y su cercanía inmediata.

Reducir las demoras que sufren peatones y vehículos al cruzar la intersección, incluyendo evitar el bloqueo de cruces por largas colas.

Logra una ordena circulación del tránsito.

Cuando el proyecto o la operación de semáforos es deficiente, pueden traer consigo las siguientes desventajas:

Se incurrirá en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.

Producen demoras injustificadas de tiempo a cierto número de usuarios en algunas horas del día en especial cuando se tratan de volúmenes pequeños de tráfico y no se precisa de semáforos.

Aumento de la frecuencia o la gravedad de ciertos accidentes cuando el mantenimiento es deficiente, en especial cuando existen focos fundidos.

## **Clasificación**

Los semáforos según su función operacional se clasifican en:

Semáforos para circulación vehicular

Semáforos para peatones

Semáforos especiales

### **2.5.2 Semáforos para circulación vehicular**

Estos semáforos pueden ser: semáforos tiempo fijo, semáforos accionados por el tránsito y semáforos interconectados entre sí.

#### **Semáforos de tiempo fijo o predeterminado**

Un semáforo de tiempo fijo o predeterminado es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo determinado o a una serie de programaciones establecidas.

Los semáforos de control de tiempo fijo o predeterminado se adaptan mejor a las intersecciones donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes.

Semáforos accionados por el tránsito

Un semáforo accionado por el tránsito es un sistema cuyo funcionamiento varía de acuerdo con las demandas del tránsito que registren los detectores de vehículos o peatones, los cuales suministran la información a un control local.

Se usarán en las intersecciones donde los volúmenes de tránsito fluctúan considerablemente en forma irregular y donde las interrupciones de la circulación deben ser mínimas en la dirección principal.

#### **Ubicación**

Este tipo de semáforos pueden ser ubicados:

Al lado de la vía de tránsito:

Postes entre 2,5 y 4,5 metros de alto.

Brazos cortos adheridos a los postes a 2,4 y 4,5 metros de alto.

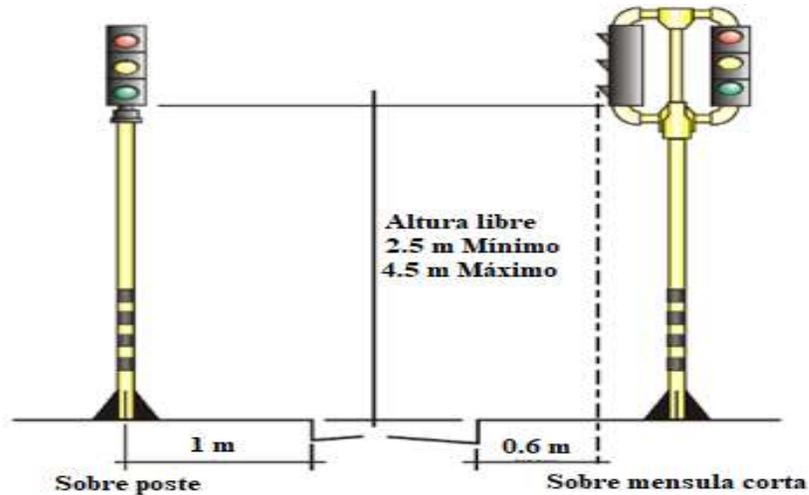
Por encima y dentro de la vía de tránsito:

Postes o pedestales en islas.

Bazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.

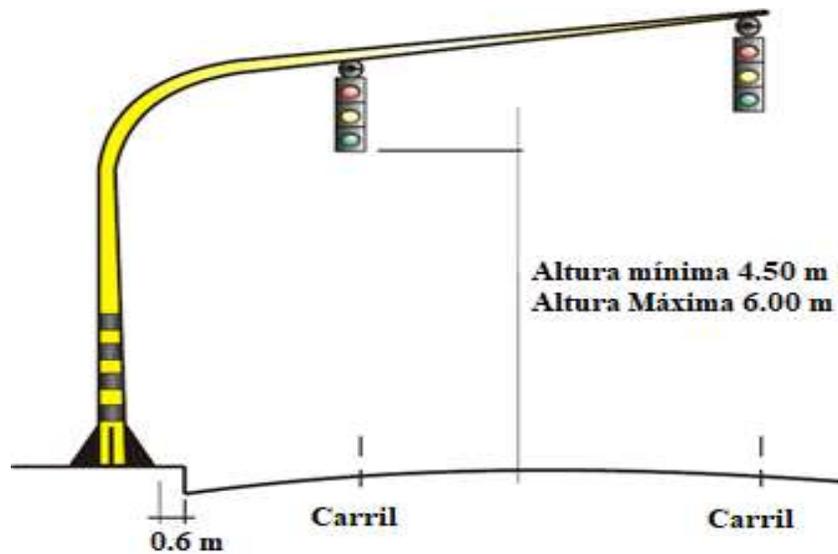
Suspendidos mediante cables.

**Figura 2.16 Semáforos montados en postes**



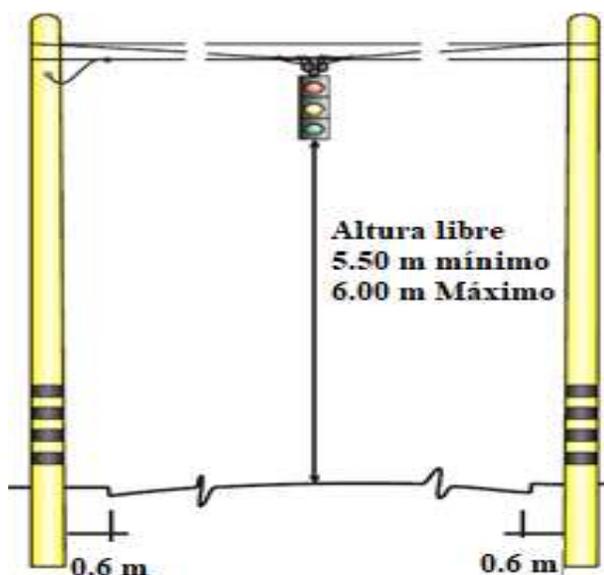
**Fuente:** Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

**Figura 2.17 Semáforos montados en ménsula larga**



**Fuente:** Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

Figura 2.18 Semáforos suspendidos por cables



Fuente: Ingeniería de tráfico “Ronald Johnson”

### 2.5.3 Condiciones para la instalación de semáforos

#### Volúmenes vehiculares requeridos

Este requisito se basa los flujos vehiculares que usan la intersección y supone que es posible identificar una arteria principal y una secundaria. Los flujos se miden en vehículos por hora.

Tabla 2.4 Condición 1 Volumen vehicular requeridos

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

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

### Demoras en el tránsito

Si el tránsito de la arteria secundaria no alcanza los valores de la anterior tabla, pero los volúmenes de la arteria principal son elevados, es dable esperar que el tránsito de la vía secundaria sufra retardos excesivos o cruce con condiciones de seguridad no apropiadas.

Esta condición recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores de la siguiente tabla, durante 8 horas consecutivas de un día promedio.

**Tabla 2.5 Condición 2 Demoras en el tránsito**

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

**Fuente:** libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7<sup>o</sup> Edición)

Se debe instalar semáforos cuando se exceden los valores correspondientes a la tabla anterior.

Cuando la velocidad de 85% de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 km/h o cuando la intersección se encuentre en poblaciones menores de 10000 habitantes, la condición de valores mínimos corresponde al 70% de los consignados en la tabla anterior.

### Sistema coordinado de semáforos

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

La condición de movimiento coordinado exige que:

En un sistema coordinado lineal de calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando, entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.

Si en una calle de doble sentido, los semáforos instalados de acuerdo las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado de control de pelotón y velocidad, deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un eficiente funcionamiento del sistema.

### **Prevención de accidentes**

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

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

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

Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados mediante semaforización.

Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.

Que los valores de demanda de las tres primeras condiciones sean superiores en un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

### **Combinación de condiciones**

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

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

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

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

## **2.6 ESTACIONAMIENTOS**

### **2.6.1 Consideraciones generales**

El problema del estacionamiento de vehículos es muy importante en todos los centros urbanos. Gran parte del congestionamiento es causado por el estacionamiento inadecuado de vehículos.

Con el aumento del parque vehicular el problema del estacionamiento y de los congestionamientos es cada vez mayor.

Todo plan de vialidad urbana debe considerar la construcción de estacionamientos, considerando que de las 24 horas del día un vehículo particular estará estacionado aproximadamente de 21 a 23 horas.

El problema del estacionamiento se presenta sobre todo en las proximidades de: estaciones de ferrocarril, campos deportivos, hospitales, terminales, en las cercanías de oficinas públicas y administrativas, etc.

### **2.6.2 Estudios de estacionamiento**

Cualquier vehículo que viaja en una carretera quiere contemporáneamente parquearse por un tiempo relativamente corto o un tiempo mucho más largo, dependiendo de la razón para el estacionamiento. La disposición de las instalaciones de estacionamientos es por lo tanto un elemento esencial del modo de transporte de la carretera. La necesidad

de espacios de parqueo es generalmente muy grande en las áreas donde el uso suelo incluyen las áreas de negocios, residenciales, o actividades comerciales.

La utilización creciente del automóvil como servicio personal alimentador del sistema de tránsito (“parquear y seguir”) también ha aumentado la demanda para los espacios del estacionamiento. En áreas de alta densidad, donde los espacios son muy costosos, el espacio proporcionado para los automóviles tiene que ser dividido generalmente entre los espacios asignados para su movimiento y los espacios asignados para el estacionamiento.

El abastecimiento del espacio adecuado de estacionamiento para resolver la demanda para parquear en el centro de la ciudad puede hacer necesaria la disposición de espacios de estacionamiento a lo largo de las aceras, que reducen la capacidad de las calles y puede afectar el nivel del servicio de ésta. Este problema enfrenta generalmente el ingeniero del tráfico de la ciudad. La solución no es simple, puesto que la asignación del espacio disponible dependerá de las metas de la comunidad, a que el ingeniero del tráfico debe tomar en consideración al intentar solucionar el problema. Los estudios de estacionamiento por lo tanto se utilizan para determinar la demanda, la fuente de instalaciones del estacionamiento en un área, la proyección de la demanda, y opiniones de los varios grupos de interés en cual es la mejor solución posible para el problema. Antes de que discutamos los detalles de los estudios de estacionamiento, es necesario discutir los diversos tipos de instalaciones de estacionamiento.

### **2.6.3 Definición de los términos de estacionamiento**

Se define como estacionamiento a los espacios que van a ser ocupados por vehículos en tiempos definidos; son también un factor que está relacionado con el resto de los factores de la ingeniería de tráfico.

Debido a que las ciudades año tras año van aumentando el parque automotor y el hábito del conductor es llegar al destino más próximo para que las distancias que tenga que caminar el usuario sean cortas, obligando a que exista mayor demanda de espacios para detenciones, de tiempos cortos, largos y permanentes.

Las detenciones cortas generalmente son realizadas por el transporte público en el ascenso y descenso de pasajeros, tiene la particularidad de que el vehículo está con el motor y el tiempo de ocupación es más largo pero no permanente.

Los estacionamientos en cambio ocupan un tiempo permanente que puede estar limitado, y que generalmente ocasiona una reducción de la capacidad de la calle.

A diferencia de los anteriores los estacionamientos permanentes o parqueos permiten la utilización de los espacios por tiempos más largos, tiempos establecidos en forma horaria y en forma diaria. Estos estacionamientos son superficiales o áreas que han sido destinadas exclusivamente para la ocupación de vehículos en tiempos largos. En la actualidad la tendencia del aumento del parque automotor y la reducción de espacios en los centros urbanos obliga a buscar lugares de parqueo ya sea en superficie horizontal o para optimizar aún más en edificios de parqueos.

Antes de discutir los diversos métodos para conducir un estudio de estacionamiento, es necesario definir algunos términos usados comúnmente en estudios de estacionamientos, incluyendo hora – espacio, volumen del estacionamiento, la acumulación del estacionamiento, la carga del estacionamiento, la duración del estacionamiento y el volumen de ventas del estacionamiento.

Un **espacio – hora**, es una unidad del estacionamiento que define el uso de un solo espacio del estacionamiento por un período de 1 hora.

El **volumen del estacionamiento** es el número total de vehículos que parquean en un área de estudio durante un periodo de tiempo específico, generalmente un día.

La **acumulación del estacionamiento** es el número de vehículos parqueados en un área de estudio en cualquier hora especificada. Estos datos se pueden trazar como curva de la acumulación del estacionamiento contra el tiempo, que demuestra la variación de la acumulación del estacionamiento durante el día

La **carga del estacionamiento** es el área debajo de la curva de la acumulación entre dos momentos específicos. Se da generalmente como el número de las horas – espacio usadas durante el período de tiempo especificado.

La **duración del estacionamiento** es el periodo de tiempo que un vehículo se parquea en un estacionamiento. Cuando la duración del estacionamiento se da como promedio, da una indicación de un espacio del estacionamiento llega a estar con frecuencia disponible.

El **movimiento del estacionamiento** es el índice del uso de un espacio del estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen del estacionamiento para un período especificado por el número de los espacios del estacionamiento.

#### **2.6.4 Tipos de instalaciones de estacionamiento**

Las instalaciones de estacionamiento se pueden dividir en dos grupos principales: en la calle y fuera de la calle.

##### **2.6.4.1 Instalaciones de estacionamiento en la calle**

El tipo más simple de estacionamiento es en la calle, desvirtuando el propósito de ésta, que es la circulación.

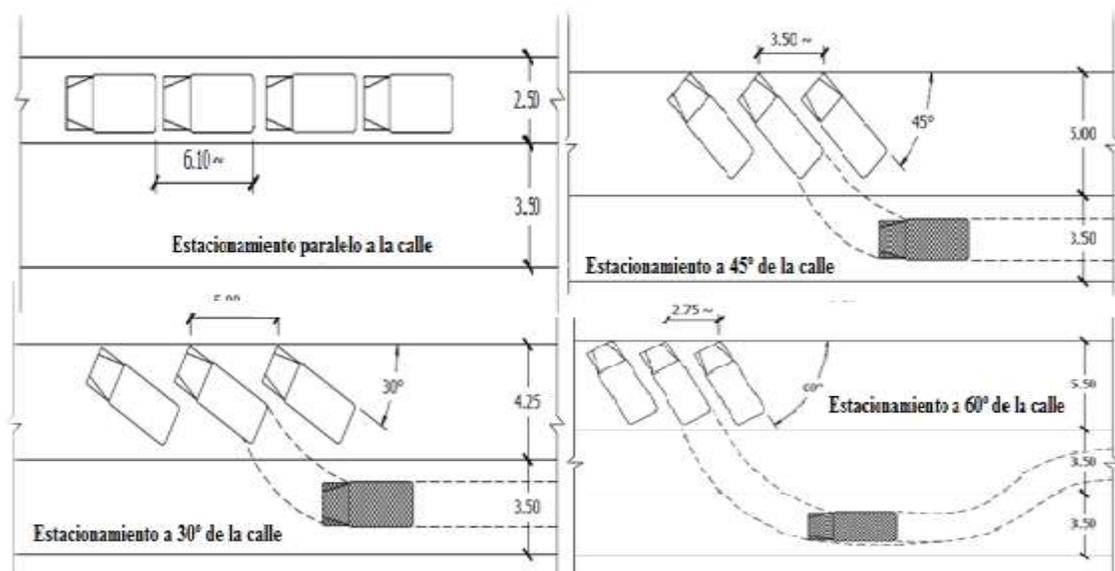
En la siguiente figura se muestran varios tipos de estacionamientos en la calle, desde la ubicación paralela o formando ángulo con ella (todas las medidas están expresadas en metros).

Los estacionamientos paralelo, de 30°, de 45° no presentan mucho conflicto a la circulación de los carriles adyacentes.

Los ángulos de 60° y 90° interfieren el tráfico vecino al incorporarse o salir del estacionamiento. La capacidad de estacionamiento es mayor que la del estacionamiento paralelo a la calle, pero en cambio presenta puntos de conflicto con el tráfico vecino.

Para evitar el uso abusivo del estacionamiento en la calle deben implementarse los parquímetros que sirven para limitar el tiempo de estacionamiento mediante una tarifa módica. Con estos parquímetros se logra un número de usuarios beneficiados, por otra parte es una fuente de ingresos adicional para la alcaldía correspondiente.

**Figura 2.19 Estacionamiento en la calle**



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

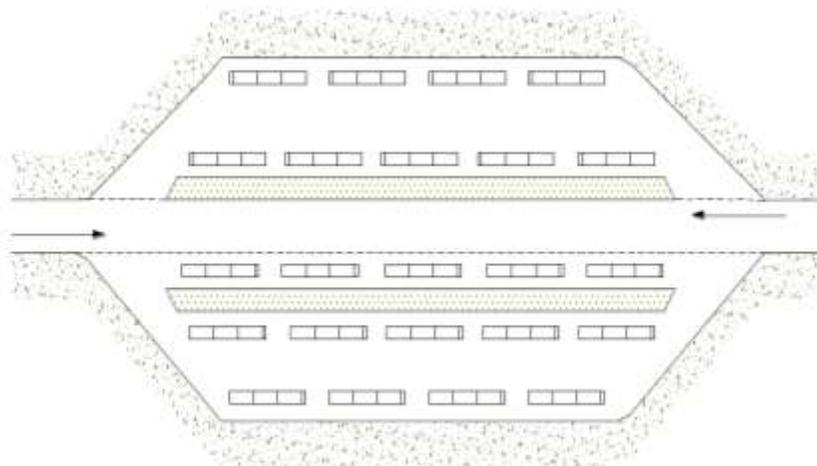
#### 2.6.4.2 Instalaciones de estacionamiento fuera de la calle

Otro tipo de estacionamiento es el que se constituye fuera de la calle, es decir en zonas adecuadas para el diseño de playas de estacionamiento o también en edificios.

Desde luego para el diseño de las playas de estacionamiento se debe efectuar un estudio y análisis de la demanda en la zona requerida.

Denominaremos “cajón de estacionamiento” a la superficie requerida para un estacionamiento adecuado.

**Figura 2.20 Estacionamiento fuera de la calle**



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

## 2.7 CAPACIDAD VIAL Y NIVELES DE SERVICIO

### 2.7.1 Capacidad vehicular

La capacidad vehicular es un parámetro del tráfico muy importante que tiene por objetivo determinar la cantidad máxima de vehículos que circulan por una calle o carretera en un periodo de tiempo determinado normalmente de una hora.

La capacidad vehicular está muy relacionada con el volumen del tráfico ya que se debe establecer una correlación entre estos dos parámetros cuyas posibilidades pueden ser:

La capacidad real = volumen de tráfico

La capacidad real > volumen de tráfico

La capacidad real < volumen de tráfico

Si analizamos las tres posibilidades se podrá definir lo siguiente:

**Primera.** Nos coloca en el límite crítico en el cual el volumen de tráfico ha alcanzado la capacidad máxima de la calle o carretera. En este caso será prudente buscar alternativas para no llegar al caso inestable.

**Segunda.** Si la capacidad es mayor al volumen de tráfico las condiciones de flujo vehiculares se pueden considerar estables y se debe tratar de mantener esta estabilidad en el flujo vehicular.

**Tercera.** Si la capacidad es menor al volumen de tráfico, la circulación es inestable ya que los volúmenes han superado la capacidad de la calle o carretera. Esto quiere decir que el flujo está congestionado.

### **2.7.2 Estudio de capacidades**

En este estudio se optó por un método el cual se describirá a continuación.

Capacidad en vías interrumpidas; se considera una vía interrumpida, generalmente a las calles urbanas que portan características del trazo y están interrumpidas por las intersecciones que se presentan a distancias fijas o variables.

Para este caso la determinación de capacidad, se tiene el siguiente procedimiento.

Se determina la capacidad ideal haciendo uso de dos ábacos (ver anexo D): uno para vías en un solo sentido y otro para vías en ambos sentidos; dichos ábacos están en función del ancho de acceso, del tipo de zona, de las características de estacionamiento, a partir de las cuales se tendrá un valor de capacidad ideal.

Como las condiciones ideales están ligadas a una capacidad ideal, para determinar la capacidad real se debe multiplicar la capacidad ideal por una serie de factores en función de las características propias de la intersección. Para esto se tiene los dos casos a usar:

1° Caso: Calles de circulación en un solo sentido sin semáforos que se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es de 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco.

Sustraer un 1% de los omnibuses y camiones que pasen del 10% del número total de vehículos.

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

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pase del 10% del tráfico total.

Por paradas de ómnibus antes de la intersección, restar el 10%; por paradas de ómnibus después de la intersección, 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

2° Caso: Calle con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni semáforos. Se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco.

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

Sustraer un 0,5% por cada 1% en que el tráfico que gira a derecha pase de 10% del tráfico total.

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pasa del 10% del tráfico total.

Por paradas de ómnibus antes o después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

### **2.7.3 Estudio de niveles de servicio**

La relación volumen capacidad establece un condicionante del flujo vehicular, este condicionamiento se ha tratado de conceptualizar en el nivel de servicio que es la característica cualitativa que tiene la calle o carretera con respecto al flujo vehicular, por lo tanto esa cualidad que va a hacer variar desde el extremo de tener un flujo libre con libertad de maniobras y libertad de velocidad hasta la otra condición crítica de tener un flujo congestionado cuya velocidad esté cercana a cero y produzca largas colas en el flujo y esté restringido totalmente de cualquier maniobra, para sistemas viales de circulación continua son:

**Nivel de servicio A.-** Representa una circulación a flujo libre. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito; el espaciamiento medio entre vehículos es aproximadamente de 160m. y se considera un alto nivel de confort proporcionado por la circulación al motorista, pasajeros o peatón.

**Nivel de servicio B.-** Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobras en relación con la del nivel de servicio A.

Se considera un espaciamiento medio alrededor de 100 m.

En general se considera todavía una buena condición física y psicológica para los conductores

**Nivel de servicio C.-** Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación del usuario individual se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

El espaciamiento medio aproximado en este nivel es de 67 m. y el conductor ya experimenta una mayor tensión debido a la necesidad de vigilancia.

**Nivel de servicio D.-** Representa una circulación de densidad elevada, que establece:

La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

El espaciamiento de vehículos aproximadamente es de 50m. o 5 longitudes de vehículos medianos.

**Nivel de servicio E.-** El funcionamiento está en el o cerca del límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme.

La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

**Nivel de servicio F.-** Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde las operaciones se caracterizan por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Para la determinación del Nivel de Servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección y la capacidad de dicha intersección; esta relación es conocida como el Factor de Carga. Con este valor se deberá ir a la tabla que se muestra a continuación y se determinará a qué Nivel de Servicio corresponde.

**Tabla 2.6 Niveles de Servicio y Volúmenes De Servicio**

<b>NIVELES DE SERVICIO Y VOLUMENES DE SERVICIO MAXIMOS PARA ENTRADAS DE INTERSECCIONES AISLADAS INDEPENDIENTES</b>		
<b>Nivel de servicio</b>	<b>Descripción del flujo de tránsito</b>	<b>Factor de carga</b>
A	Flujo Libre	0
B	Flujo Estable	$\leq 0,10$
<b>C</b>	<b>Flujo Estable</b>	$\leq 0,30$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,70$
E	Flujo Inestable	$\leq 1,0$
F	Flujo Forzado	$> b$
a. Capacidad		
b.No aplicable		

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO III

### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### 3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

Figura 3.1 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Google mapas

Este estudio está ubicado en la zona Fátima de la provincia Cercado del departamento de Tarija- Bolivia.

Zona, Barrio y Distrito 5, está circunscrito por la calle Oruro, O'Connor, avenida Las Américas (ahora donde termina la avenida Víctor Paz y empieza la Jaime Paz) y su similar Los Membrillos que bordea la quebrada El Monte. Sus límites abarcan 75 manzanos en los que viven unas 10.000 almas, según el último censo de 2012.

### 3.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

**Figura 3.2 Delimitación de la zona de estudio**



**Fuete:** Gobierno Autónomo Municipal de Tarija

### 3.3 RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

Se realiza un levantamiento de datos, como primer paso, posteriormente se determina el horario pico, finalmente el aforo de volúmenes el cual se explica a continuación.

### 3.4 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

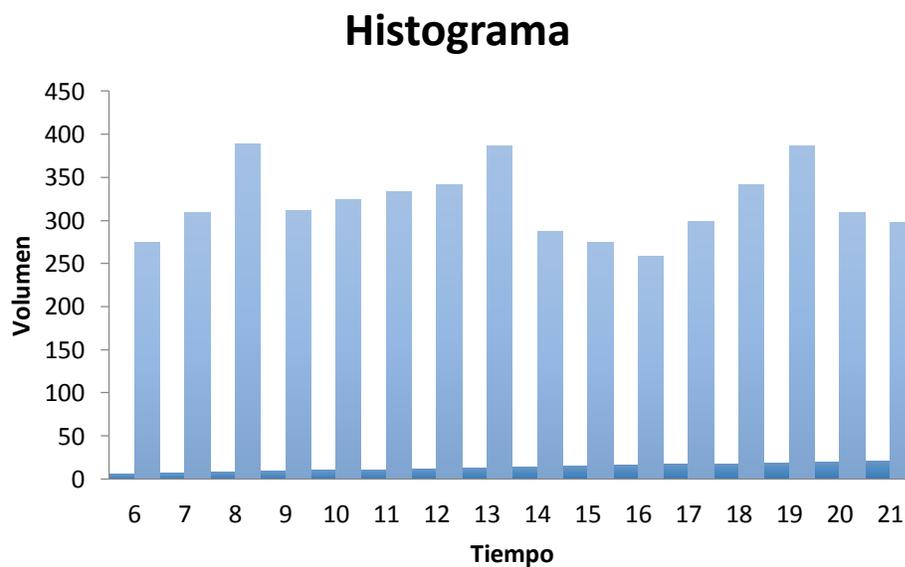
#### 3.4.1 Determinación del horario pico

Para la obtención de los horarios pico para este estudio, se prosiguió al aforo vehicular por un día desde las 06:00 a 21:00 horas consecutivas en la zona más crítica; posteriormente con los registros se determinó los horarios pico, cuyos resultados de horarios fueron de 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00 respectivamente.

**Tabla 3.1 Datos para determinar horario pico**

Tiempo (horas)		Volumen (vehículos)
6	7	209
7	8	309
8	9	389
9	10	311
10	11	324
11	12	334
12	13	341
13	14	387
14	15	287
15	16	275
16	17	259
17	18	299
18	19	342
19	20	309
20	21	298

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.3 Histograma de horario pico**

**Fuente:** Elaboración propia

### Lugar de aforos

Una vez determinadas las horas pico en cuyos horarios en donde se obtienen los datos, se identifican los puntos de aforo, los cuales se harán en cada intersección, identificando también los accesos que estas presentan para recopilar los datos necesarios correspondientes a cada una de ellas.

**Tabla 3.2 Nombre de las intersecciones**

Nº	Nombre de intersección
1	Av./Los Membrillos –Av./Jaime Paz Zamora
2	Av./Los Membrillos – C./Delfín Pino
3	Av./Los Membrillos – C./Bolívar
4	Pje./General Sossa - C./Delfín Pino
5	C./Carlos Lazcano – C./Delfín Pino
6	C./Federico Ávila C./Delfín Pino
7	C./Virginio Lema- C./Ejercito
8	C./Avaroa - C./Ejército
9	C./Eulogio Ruiz – Av./Las Américas
10	C./Eulogio Ruiz – C./Avaroa
11	Av./Las Paz - C./Avaroa
12	Av./Las Paz – C./Ciro Trigo
13	Av./Las Paz - C./Delfín Pino
14	Av./Las Paz - Av./Belgrano
15	Av./Las Paz – C./La Madrid
16	Av./Las Paz - C./Bolívar
17	C./O`Connor – C./Oruro
18	C./Oruro – Pje./Carlos Paz
19	C./Oruro - Av./Las Paz
20	C./Oruro - Pje./Gómez
21	C./Oruro - Pje./Las Rosas
22	C./España - C./Oruro
23	Av./Los Membrillos - C./Oruro
24	C./España - C./Bolívar
25	C./Federico Ávila - C./Bolívar
26	C./Ejercito - C./Delfín Pino
27	C./Bolívar – C./O`Connor
28	C./O`Connor – C./Ingavi
29	C./O`Connor - C./La Madrid
30	Av./Belgrano - C./O`Connor - C./Delfín Pino

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.4.2 Aforo volumen vehicular**

El aforo vehicular fue por el método manual, el cual consta de la ubicación personal en cada una de las intersecciones seleccionadas para este estudio; con la ayuda de una planilla previamente diseñada para el registro de datos, se aforó durante los tres horarios pico determinados con anterioridad los cuales son: de 07:00 a 08:00, 11:00 a 12:00 como así también de 18:00 a 19:00. Este aforo se lo realizó durante un mes, 3 días a la semana 2 días hábiles y 1 día inhábil.

Para el conteo vehicular se tomó en cuenta 3 tipos de clasificación de vehículos:

#### **Clasificación**

Según su tamaño

Según su función

#### **Según el tamaño:**

##### **Vehículos livianos.**

Son los vehículos cuya longitud no supera los 3.5 m. como indica el manual de diseño de calles para bolivianos, y solo cuentan con 2 ejes.

##### **Vehículos medianos**

Son los vehículos cuya longitud supera los 3.5 m. y pueden tener en el eje trasero más de dos ruedas. Entran a esta clasificación los micros.

##### **Vehículos pesados**

Son los vehículos cuya longitud excede los 6 m. y cuentan con más de dos ejes tándem. Puesto que no se permite el acceso a este tipo de vehículos en las intersecciones estudiadas no se tuvieron en cuenta.

#### **Según su función:**

##### **Vehículos privados.**

Son los vehículos cuya función está al servicio de una persona particular, es decir no es usado para el transporte de pasajeros.

##### **Vehículos públicos**

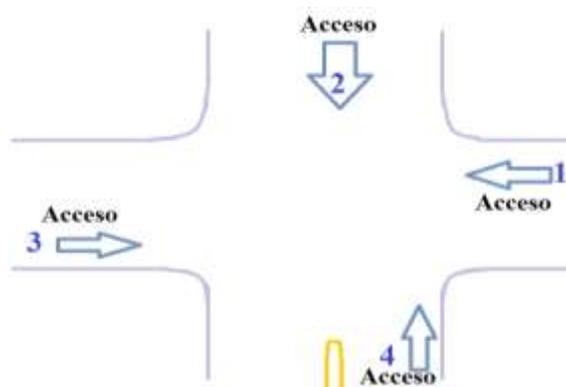
Vehículos dedicados al transporte de pasajeros, son exclusivamente dedicados a este rubro. Entran en esta clasificación: micros y taxi trufis.

Los detalles de los datos de aforos se presentan en el Anexo A.

**Figura 3.4 Intersección 14**

**Fuente:** Elaboración propia

Para entender de mejor manera se muestra con un ejemplo de datos de volúmenes vehiculares obtenidos, mostrando en las siguientes tablas de aforos de la Intersección N° 14 (Av./Belgrano – Av./La Paz). La cual cuenta con cuatro accesos, se detalla los datos obtenidos por cada acceso por cada horario pico aforado.

**Figura 3.5 Accesos de la intersección 14**

**Fuente:** Elaboración propia

## Resumen de datos de volumen vehicular

Tabla 3.3 Datos de volumen vehicular acceso 1

Resumen de datos N°14		Acceso 1		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
<b>Primera semana</b>	1er día hábil	331	341	332
	2do día hábil	347	348	344
	Día no hábil	225	229	207
<b>Segunda semana</b>	1er día hábil	336	347	336
	2do día hábil	357	356	355
	Día no hábil	236	217	202
<b>Tercera semana</b>	1er día hábil	382	386	381
	2do día hábil	363	358	358
	Día no hábil	239	217	200
<b>Cuarta semana</b>	1er día hábil	362	361	358
	2do día hábil	385	383	378
	Día no hábil	258	239	229

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Datos de volumen vehicular acceso 2

Resumen de datos N°14		Acceso 2		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
<b>Primera semana</b>	1er día hábil	414	405	400
	2do día hábil	410	399	384
	Día no hábil	377	373	346
<b>Segunda semana</b>	1er día hábil	396	397	391
	2do día hábil	393	395	390
	Día no hábil	389	372	357
<b>Tercera semana</b>	1er día hábil	404	400	398
	2do día hábil	401	404	399
	Día no hábil	378	366	251
<b>Cuarta semana</b>	1er día hábil	403	400	400
	2do día hábil	409	408	405
	Día no hábil	402	386	358

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.5 Datos de volumen vehicular acceso 3**

Resumen de datos N°14		Acceso 3		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
<b>Primera semana</b>	1er día hábil	372	381	370
	2do día hábil	375	370	368
	Día no hábil	306	300	263
<b>Segunda semana</b>	1er día hábil	375	378	373
	2do día hábil	377	377	377
	Día no hábil	303	295	274
<b>Tercera semana</b>	1er día hábil	372	367	362
	2do día hábil	382	370	367
	Día no hábil	308	305	282
<b>Cuarta semana</b>	1er día hábil	379	383	379
	2do día hábil	376	380	379
	Día no hábil	290	294	277

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.6 Datos de volumen vehicular acceso 4**

Resumen de datos N°14		Acceso 4		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
<b>Primera semana</b>	1er día hábil	384	386	385
	2do día hábil	377	389	388
	Día no hábil	236	236	182
<b>Segunda semana</b>	1er día hábil	377	379	378
	2do día hábil	383	396	393
	Día no hábil	237	219	184
<b>Tercera semana</b>	1er día hábil	375	384	376
	2do día hábil	386	402	390
	Día no hábil	227	217	180
<b>Cuarta semana</b>	1er día hábil	375	380	379
	2do día hábil	384	396	392
	Día no hábil	225	209	174

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS AFORADOS

Se realizó un procesamiento de los datos aforados de los volúmenes vehiculares de las intersecciones mediante una estadística.

### 3.5.1 Procesamiento de volúmenes vehiculares

#### 3.5.1.1 Depuración de datos de volumen de tráfico

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos es decir entre qué valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Para obtener este rango se procede a ordenar todos los datos, encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

**Tabla 3.7 Procesamiento de datos de volúmenes vehiculares**

Intersección N°14		Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3			Acceso 4		
		7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
Primera semana	1er día hábil	331	341	332	414	405	400	372	381	370	384	386	385
	2do día hábil	347	348	344	410	399	384	375	370	368	377	389	388
	Día no hábil	225	229	207	377	373	346	306	300	363	236	236	182
Segunda semana	1er día hábil	336	347	336	396	397	391	375	378	373	377	379	378
	2do día hábil	357	356	355	393	395	390	377	377	377	383	396	393
	Día no hábil	236	217	202	389	372	357	303	295	274	237	219	184
Tercera semana	1er día hábil	382	386	381	404	400	398	372	367	362	375	384	376
	2do día hábil	363	358	358	401	404	399	382	370	367	386	402	390
	Día no hábil	239	217	200	378	366	351	308	305	282	227	217	180
Cuarta semana	1er día hábil	362	361	358	403	400	400	379	383	379	375	380	379
	2do día hábil	385	383	378	409	408	405	376	380	379	384	396	392
	Día no hábil	258	239	229	402	386	358	290	294	277	225	209	174

Media	318	307	307	398	392	382	351	350	339	331	333	317
Desviación	61	73	73	12	14	22	37	38	49	73	84	101
Rango	379	380	380	410	406	404	388	388	388	404	416	418
	258	247	233	386	378	360	314	312	291	257	249	216

Media	349	352	352	400	398	395	376	376	372	380	389	385
Media Total	<b>351</b>			Media Total	<b>397</b>		Media Total	<b>375</b>		Media Total	<b>385</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

Se calcula la media de cada grupo de los datos de volúmenes vehiculares como se muestra en la tabla, de las cuatro semanas con su correspondiente horario de aforo, seguidamente se calcula la desviación estándar para poder establecer los rangos para determinar qué datos serán los que no corresponden para el cálculo final.

Se procede a la depuración de datos alejados los cuales se muestran en la tabla. Una vez depurados se procede a realizar un nuevo cálculo para la obtención de la media de cada acceso, con estos valores se calcula la media de cada uno de los accesos.

Para las demás intersecciones se realiza el mismo procedimiento. En anexos B se añaden el resumen de datos y resultados de aforos para todas las intersecciones estudiadas.

### 3.6 RESUMEN DE RESULTADOS

Como ya se mencionó anteriormente el procesamiento de datos de volumen vehicular, ahora se presenta de forma resumida los resultados aforos realizados.

#### 3.6.1 Resumen resultados volúmenes vehiculares

En la siguiente tabla se muestra los resultados totales de volúmenes vehiculares intersección con sus respectivos accesos.

**Tabla 3.8 Resultados de volúmenes vehiculares**

Inter.	Volumen				Inter.	Volumen		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Nº1	15	354	720	-	Nº16	588	423	512
Nº2	34	-	-	-	Nº17	616	-	-
Nº3	180	164	-	-	Nº18	148	23	-
Nº 4	18	31	-	-	Nº19	420	187	495
Nº 5	48	31	63	-	Nº20	108	217	21
Nº 6	94	135	-	-	Nº21	134	51	-
Nº 7	147	-	-	-	Nº22	166	38	-
Nº 8	182	-	-	-	Nº23	162	106	96
Nº 9	861	340	-	-	Nº24	181	45	322
Nº10	147	-	-	-	Nº25	399	-	-
Nº11	85	433	397	-	Nº26	106	127	-
Nº12	378	198	391	-	Nº27	472	465	-
Nº13	378	392	166	-	Nº28	498	464	-
Nº14	351	397	375	385	Nº29	495	314	
Nº15	469	672	41	-	Nº30	512	412	56

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.7 PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE VELOCIDAD**

Este procedimiento es de igual forma para el volumen vehicular

### **3.8 PROCESAMIENTO DE LOS DATOS AFORADOS**

Se realizó un procesamiento de los datos aforados de los volúmenes vehiculares de las intersecciones mediante una estadística.

#### **3.8.1 Depuración de datos de velocidad de tráfico**

En toda muestra estadística que se realice se debe calcular la dispersión de datos es decir entre que valores máximos y mínimos puede estar comprendido el valor obtenido en los aforos de cada punto y tramo.

Para obtener este rango se procede a ordenar todos los datos, encontrar la media aritmética, la desviación estándar y se define el rango de depuración.

A continuación se muestra un ejemplo de cálculos de la velocidad a través de la depuración; sin embargo el resto de los cálculos se encuentra en los anexos C

Tabla 3.9 Procesamiento de datos de velocidades vehiculares

Intersección 14	Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3			Acceso 4		
	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00
1 Semana	21	20	16	18	17	17	21	16	18	20	22	20
	22	17	19	16	18	19	17	18	16	19	20	20
	19	15	16	17	16	18	20	17	16	18	20	19
	18	15	16	17	19	20	16	17	17	22	18	23
	21	16	19	15	20	20	16	15	16	16	19	20
	17	17	15	19	25	14	19	19	16	20	26	14
	19	16	13	20	19	16	19	19	14	23	16	13
	18	18	18	18	23	19	25	18	21	23	19	16
	17	14	18	16	19	16	20	21	14	22	17	12
	18	20	21	17	17	19	20	23	17	22	17	17
	18	30	16	28	26	17	16	21	16	24	23	15
	24	26	16	22	28	19	21	20	14	30	29	13
	23	21	18	21	25	17	18	18	17	27	19	13
	26	28	17	18	25	19	22	21	16	19	19	14
25	18	21	29	23	15	19	23	14	25	23	16	
2 Semana	22	17	17	18	20	14	17	17	15	19	25	14
	20	22	20	21	20	13	19	16	13	20	19	16
	25	18	21	23	19	16	19	15	20	20	23	19
	20	21	14	22	17	12	23	15	21	20	19	16
	20	23	17	19	19	16	20	26	21	17	17	19
	21	16	16	17	17	22	23	16	16	18	17	17
	17	18	16	15	16	16	22	17	19	16	18	19
	20	17	16	18	20	19	19	15	16	17	16	18
	18	19	19	14	18	23	18	15	16	17	19	20
	16	19	20	20	19	20	21	16	18	18	18	18
	17	19	14	21	13	23	15	21	17	14	18	16
	21	28	14	19	16	30	13	20	29	22	26	24
	18	25	13	18	19	21	17	17	18	27	21	23
	22	25	16	19	16	26	16	17	19	18	28	26
19	23	14	28	26	18	16	26	23	29	21	25	
3 Semana	18	18	17	18	18	18	21	18	18	18	18	22
	21	18	18	18	21	19	18	18	17	19	19	20
	17	15	20	16	17	20	20	17	18	18	20	19
	18	17	16	17	18	18	18	16	18	18	19	22
	21	18	21	15	19	19	15	15	18	20	19	20
	17	17	15	20	21	16	20	18	17	18	18	15
	20	16	14	19	21	16	18	18	14	21	18	16
	18	15	16	20	21	16	19	19	15	21	21	16
	17	15	16	18	19	17	18	21	14	19	18	15
	16	18	17	18	18	21	18	21	15	18	18	16
	18	17	17	19	22	17	17	21	16	18	20	15
	20	20	17	19	27	19	18	19	16	19	22	17
	23	22	18	20	25	18	18	18	16	20	19	13
	26	23	17	18	22	18	18	21	16	19	19	16
22	22	18	21	23	18	19	22	16	22	23	16	
4 Semana	18	18	18	19	18	19	21	18	19	18	18	22
	20	19	18	18	21	19	18	18	17	18	19	20
	17	15	20	16	17	19	20	17	18	18	20	19
	18	17	17	17	18	18	18	16	18	18	19	22
	20	18	21	15	19	19	19	15	19	20	19	20
	17	17	16	19	21	16	18	19	17	18	18	15
	20	16	15	19	20	17	19	18	14	21	19	16
	18	15	16	20	21	17	17	19	15	21	21	16
	17	15	16	18	19	17	18	21	15	19	18	15
	17	18	17	18	18	21	17	21	15	18	18	16
	18	17	17	19	22	17	18	21	16	19	20	15
	19	19	17	19	26	19	18	19	15	19	21	17
	23	22	18	19	25	18	18	18	16	19	19	17
	26	23	17	18	22	18	18	21	16	19	19	16
22	21	17	21	22	18	19	22	16	22	23	16	
Media	20	19	17	19	20	18	19	19	17	20	20	18
Desviación	3	4	2	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Rango	22	23	19	22	24	21	21	21	19	23	23	21
	17	15	15	16	17	15	17	16	14	17	17	14
Media	19	18	17	19	20	18	19	19	16	19	19	17
Media Total	18			Media Total	19		Media Total	18		Media Total	19	

Fuente: Elaboración propia

### 3.9 RESUMEN DE RESULTADOS

Como ya se mencionó anteriormente el procesamiento de datos de velocidad vehicular, ahora se presenta de forma resumida los resultados aforos realizados.

#### 3.9.1 Resumen resultados velocidades vehiculares

En la siguiente tabla se muestra los resultados totales de velocidades vehiculares intersección con sus respectivos accesos.

**Tabla 3.10 Resultado de velocidades vehiculares (Km/h)**

Intersecciones	Nº	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Av./Los Membrillos - Av./Jaime Paz	1	18	21	16	0
Av./Los Membrillos - C./ Oruro	2	25	21	19	0
Av./La Paz - C./ Bolívar	3	18	18	18	0
Av./La Paz - Av./ Belgrano	4	18	19	18	19
C./O`Connor- C./ Bolívar	5	17	17	0	0
La Madrid - C./O`Connor	6	24	12	0	0
C./Delfin Pino - C./Ejercito	7	22	16	0	0
Pje./ Gral. Sossa - C./Delfin Pino	8	26	15	0	0
C./O` Connor - C./Oruro	9	13	0	0	0
C./Oruro - Pje./ Las Rosas	10	22	0	0	0

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.11 Velocidades Máximas (Km/h)**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	25	18	19	17	24	22	26	13	22

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.10 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

#### 3.10.1 Estudio de capacidades

En este estudio se optó por un método el cual se describirá a continuación.

Capacidad en vías interrumpidas, se considera a una vía interrumpida, generalmente a las calles urbanas que portan características del trazo y están interrumpidas por las intersecciones que se presentan a distancias fijas o variables.

Para este caso la determinación de capacidad, se tiene el siguiente procedimiento.

Se determina la capacidad ideal haciendo uso de dos ábacos (ver anexo D): uno para vías en un solo sentido y otro para vías en ambos sentidos; dichos ábacos están en función del ancho de acceso, del tipo de zona, de las características de estacionamiento, a partir de las cuales se tendrá un valor de capacidad ideal.

Como las condiciones ideales están ligadas a una capacidad ideal, para determinar la capacidad real se debe multiplicar la capacidad ideal por una serie de factores en función de las características propias de la intersección. Para esto se tiene dos casos a usar:

1° Caso: Calles de circulación en un solo sentido sin semáforos se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es de 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco.

Sustraer un 1% de los omnibuses y camiones que pasen del 10% del número total de vehículos.

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

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pase del 10% del tráfico total.

Por paradas de ómnibus antes de la intersección, restar el 10%; por paradas de ómnibus después de la intersección, 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

2° Caso: Calle con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni semáforos. Se determina de la siguiente manera:

La capacidad práctica es 10% menos que la capacidad teórica dada por el ábaco.

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

Sustraer un 0,5% por cada 1% en que el tráfico que gira a derecha pase de 10% del tráfico total.

Sustraer un 1% por cada 1% en que el tráfico que gira a la izquierda pasa del 10% del tráfico total.

Por paradas de ómnibus antes o después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.

Por estacionamientos permitidos, restar 1,80 m del ancho de acceso y hacer las correcciones ya indicadas.

### **3.10.2 Estudio de niveles de servicio**

Una vez obtenida la capacidad real del acceso, se procede a determinar el nivel de servicio; para tal motivo se realiza una división del volumen total del acceso entre la capacidad real del mismo, para luego y en función al cuadro que se muestra en el anexo D.

Obtenido los resultados de los volúmenes por acceso de cada una de las intersecciones se procedió a realizar su cálculo de capacidad y nivel de servicio de cada una de las intersecciones. Los detalles para cada intersección se presentan en el anexo D.

## **3.11 RESULTADO DE ESTACIONAMIENTO**

### **3.11.1 Estudio de estacionamientos**

De acuerdo a los cálculos realizados se tiene los siguientes resultados, cálculos que se encuentran en los Anexo E.

**Tabla 3.12 Resultados de los estacionamientos**

INTERSECCIONES	Nº	Indice de ocupacion (veh/cas)	Demanda maxima de (veh.)	Duracion Media de (veh.)
Av./Los Membrillos entre C./Delfin P. y Av./ Jaime Paz	1	3	3	0.402
Av./Los Membrillos entre C./Bolivar. y C./ Oruro	2	2	3	0.391
Av./La Paz entre C./ Avaroa y C./Ciro Trigo	3	2	22	0.091
Av./La Paz entre C./Ciro Trigo y C./ Delfin Pino	4	2	10	0.2
Av./La Paz entre C./ Delfin Pino y Av./ Belgrano	5	3	39	0.78
Av./La Paz entre Av./ Belgrano y La Madrid	6	2.55	28	0.393
Av./La Paz entre La Madrid e Ingavi	7	2	27	0.407
Av./La Paz entre Ingavi y Bolivar	8	2.45	54	0.407
Av./La Paz entre Bolivar y Oruro	9	1.18	14	0.846
Pje./ Gral. Sossa - C./Delfin Pino	10	3	12	0.287
C./O` Connor - entre C./Oruro y pje./ Carlos Paz	11	2.43	23	0.093
C./Oruro - Pje./ Las Rosas pje Gomez	12	2	8	0.346
C./Oruro - Pje./ Las Rosas c/ España	13	2.42	10	0.405
C./Oruro -c/ España y Av/Los Membrillos	14	1.01	8	0.387
C./O` Connor - entre Bolivar e Ingavi	15	2.59	24	0.405
C./O` Connor - entre Ingavi y La Madrid	16	3	22	0.401
C./O` Connor - entre La Madrid Belgrano	17	2	25	0.490
C./O` Connor - entre Virgunio L. y Alejandro del Carpio	18	1.98	15	0.837

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.12 INVENTARIO DE SEÑALES DE LA ZONA

Se realizó un inventario de señalización de la zona, tanto señales verticales como señales horizontales, para identificar y determinar en qué lugares es necesario implementar o reubicar señales correspondientes a la necesidad de la zona.

**Tabla 3.13 Inventario de señales verticales**

<b>Señales verticales</b>
<b>Señales preventivas</b>
Zona escolar (4)
Reductor de velocidad (5)
Rompe muelles (4)
<b>Señales reglamentarias</b>
Pare (19)
Prohibido giro izquierdo (6)
Peso máximo por eje 5 Tn (4)
Prohibido estacionar (6)
Velocidad máxima permitida 20 km/h (4)
No tocar bocina
<b>Señales informativas</b>
Parada de transporte público (11)

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.14 Inventario de señales horizontales**

<b>Señales horizontales longitudinales</b>
<b>Líneas de carril</b>
Bolívar
Federico Ávila
Eulogio Ruiz
Av. Belgrano
Av. La Paz
Oruro
Oconnor
<b>Líneas de eje (una línea continua)</b>
Av. La Paz
<b>Señales horizontales transversales</b>
<b>Flechas</b>
Flechas direccionales (95)
Línea de parada (15)
Paso de cebra (10)

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS, CÁLCULOS Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

#### 4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1 Análisis de los resultados de nivel de servicio

A través de los resultados obtenidos de volúmenes vehiculares y con la relación V/C se pudo determinar los niveles de servicio de las intersecciones en cada uno de sus accesos en la zona de estudio “Fátima” ver anexo D; sin embargo las intersecciones 11 al 16 (Av./ La Paz) presentan un nivel de servicio tipo D y E es decir próximo a inestable siendo una avenida considerada estructural para la ciudad presenta un grado de congestionamiento visible para el usuario como se puede observar en la tabla en el lado izquierdo de esta.

Considerando que la avenida La Paz cuenta con un ancho de calzada de 12m se procedió a realizar un nuevo cálculo con un ancho de 6m por acceso dando como resultado niveles de servicio tipo C como se observa en la tabla de lado derecho.

**Tabla 4.1 Nivel de Servicio**

Inter.	Nivel de Servicio				Inter.	Nivel de Servicio			
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Nº1	A	C	D	-					
Nº2	A	-	-	-					
Nº3	A	C	C	-	Nº18	B	A	-	
					Nº19	D	D	D	
					Nº23	C	A	A	
Nº11	C	D	D	-	Nº11	C	C	C	-
Nº12	D	C	D	-	Nº12	C	C	C	-
Nº13	D	D	C	-	Nº13	C	C	C	-
Nº14	D	D	D	D	Nº14	C	D	C	D
Nº15	D	D	A		Nº15	C	C	A	
Nº16	D	E	E		Nº16	C		C	-

**Fuente:** Elaboración propia

Por otra parte dentro de la zona se obtuvo niveles de servicios del tipo A (flujo libre) como es el caso de las intersecciones 1, 2, 3 y 23 acceso 1 ([Av. / Los Membrillos y la calle Delfín Pino](#)) esta última fue cambiada de sentido por determinación de la alcaldía en el transcurso de la elaboración del presente trabajo.

La intersección N° 19 presenta un grado de congestionamiento con un nivel de servicio tipo D y esto es debido al ingreso de vehículos de la intersección N°18 que pretende hacer giros a la izquierda provocando caos vehicular además que los usuarios no cuentan con señalización de restricciones para evitar estos conflictos.

En base a los resultados de las variaciones de volúmenes de tránsito de máxima demanda se determina que los volúmenes vehiculares no son constantes ya que tienden a ascender en intervalos de cada 15 min dentro de las horas pico.

#### 4.1.2 Análisis de los resultados de las velocidades

En general la velocidad se relaciona entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, para un vehículo representa la relación en movimiento y se expresa en (km/h).

Las velocidades en las diferentes intersecciones son casi constantes debido a que en algunas de las intersecciones hay una reducción en comparación con los demás accesos. Una de las consecuencias de que los vehículos tengan velocidades bajas es que no se requiere velocidades altas para llegar de un punto a otro.

**Tabla 3.13 Velocidad máxima**



**Fuente:** Elaboración propia

En la siguiente gráfica solo se muestra la velocidad máxima en cada una de las intersecciones. En todas las intersecciones de estudio la velocidad no sobrepasa los (26 km/h), pero no bajan de los (10 km/h), debido a muchos factores encontrados en las mediciones de la velocidad la cual mencionamos a continuación.

Una de las mayores velocidades que se tiene es el pasaje Gral. Sossa que está entre (26 km/h), debido a que en esta calle, donde se midió la velocidad, está en una parte de la zona poco transitada y la calzada se encuentra en buenas condiciones; además esta vía sale de forma directa a una avenida principal (Av./ Las Américas).

Las velocidades entre los rangos de (13 - 17 y 19 km/h) se encuentran en una de las avenidas de esta zona (Av. / La Paz) y en algunas de las calles donde la velocidad tiende a reducir un poco debido a que estas vías se encuentran con un nivel de servicio tipo F lo cual significa que existe un grado forzado provocando un recorrido lento en velocidad.

Las velocidades que se encuentran en los rangos de (21 y 25km/h) es porque estas intersecciones son poco transitadas pero cuentan con un ancho de calzada amplio y también no son asfaltadas; sin embargo los pocos vehículos que transitan por ahí van a la velocidad establecida para la zona por parte de la alcaldía (20 km/h).

#### **4.1.3 Análisis de los resultados de los estacionamientos**

Los estacionamientos en las vías públicas, es recomendable que se encuentren en paralelo a la calzada para evitar los congestionamientos, accidentes de tránsito a lo largo de la calzada.

La demanda máxima de vehículos que se encuentra en las diferentes calles que se aforaron es la siguiente: (38), esta demanda se encuentra donde existe mayor fluidez de vehículos.

La duración media de los vehículos estacionados en cada una de las casillas se encuentra entre un promedio de (0.8783), esto es debido a que se encuentran en colegios, carnicerías, oficinas, paradas para los diferentes vehículos y en los bancos.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los índices de ocupación de los estacionamientos, un vehículo tiene ocupado los estacionamientos o casillas, que se encuentran en un rango de (1.01-2.55) pero representa que un vehículo estará estacionado más de una hora; y esto puede ser a causa de muchos factores como comprar, trabajo, descanso en el trayecto del viaje, o por muchos factores ajenos a estos.

#### **4.1.4 Análisis de los resultados de la semaforización**

Analizando los datos obtenidos de volúmenes de vehículos de las intersecciones estudiadas de la zona, podemos determinar que estos valores no llegan a cumplir con los requisitos mínimos de las seis condiciones mencionadas en el capítulo II, es por esta razón que la colocación de semáforos no es necesaria para la zona además que en las intersecciones que tienen un volumen elevado ya se cuentan con la respectiva semaforización.

## **4.2 CÁLCULO DE SEMAFORIZACIÓN**

### **4.2.1 Ejemplo de cálculo de tiempos y ciclos de semáforos**

Como ya se mencionó en el análisis de datos, en la zona no corresponde la colocación de semáforos; a continuación se realiza un ejemplo: para los cálculos de tiempo y ciclos se opta por el método en el cual se opera directamente con los volúmenes totales. El resto de los cálculos para las demás intersecciones se encuentra en los anexos F.

Distancia (D): 110 m

Velocidad de punto (V): 18 Km/h

Volumen C/ PRINCIPAL = 397 veh. /h

Volumen C/ SEGUNDARIA = 351 veh. /h

Se asume:

TAP = 3 seg

TAS = 3 seg

Tiempo de ciclo  $T_c = 3$  seg

Como el tiempo calculado es menor al mínimo requerido, se asume:

$$T_c = 40 \text{ seg}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

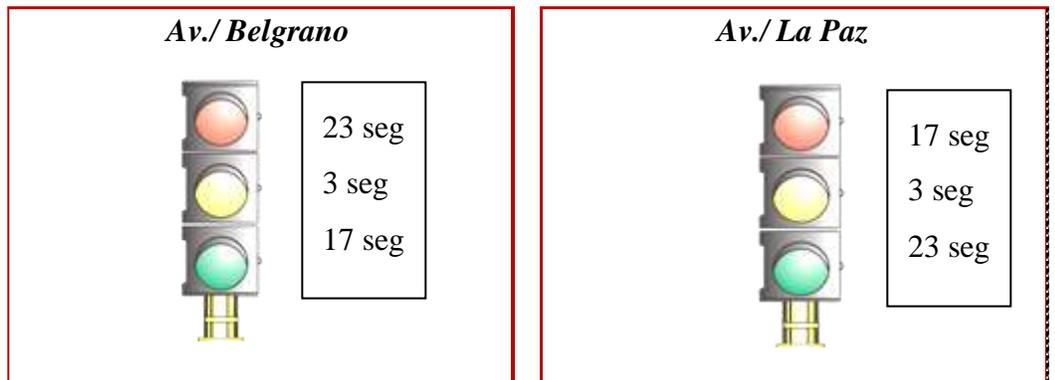
$$40 \text{ seg} = \text{TVP} + \text{TVS} + 6 \text{ seg}$$

$$\text{TVP} = 34 \text{ seg} - \text{Tvs}$$

$$\text{TVP/TVS} = 1,885$$

$$\text{TVP} = 17 \text{ seg}$$

$$\text{TVS} = 23 \text{ seg}$$



### **4.3 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

#### **Propuesta N°1**

Habiendo obtenido un resultado de volumen vehicular bajo y con la relación V/C un nivel de servicio tipo A (flujo libre) para las intersecciones N° 1, 2, 3 y 23 en la avenida Los Membrillos la cual cuenta con un ancho de calzada de 8,10m pero debido a que se encuentra en malas condiciones es poco transitada, es por esto que se la propone como primera alternativa considerando hacer un mantenimiento y un ensanchamiento en la intersección N°1 para que de esta manera pueda funcionar en su totalidad en dos sentidos ya que cuenta con un ancho de calzada favorable para cumplir con una capacidad mayor a la obtenida. Ver plano N° 3/4

#### **Propuesta N°2**

Como se puede ver en la tabla de niveles de servicio las intersecciones N° 11 al 16 ubicadas sobre la avenida La Paz la mayor parte de sus accesos presentan un tipo de servicio tipo D, estas intersecciones presentan mayores dificultades que las anteriores, puesto que la demanda de lugares de parqueo es alta; habiendo realizado un cálculo con un ancho de calzada de 12m y 6m por acceso se obtuvo niveles de servicio tipo C; tomando en cuenta que esta avenida es considerada una avenida estructural en la ciudad es que se la propone como segunda alternativa observando que se puede llegar a proponer una prohibición de estacionamiento en la avenida La Paz; actualmente se usa ambos lados de la avenida para parqueo, perjudicando el flujo vehicular, por lo que se deberá restringir el estacionamiento además se deberá realizar una división de carriles para que pueda funcionar con sentidos de 2x2 a través de señalización horizontal, de igual manera se realiza la implementación de señalización vertical en diferentes intersecciones, por lo tanto, la restricción fue una opción viable, siendo la única manera de subir el nivel de servicio. Ver plano 2/4

#### **Propuesta N°3**

Como tercer alternativa se propone un cambio de sentido en la intersección N° 18 haciendo que funcione solo para salida y no así de ingreso como actualmente la utilizan usuarios imprudentes, esta alternativa ayudaría a evitar el congestionamiento producido en la intersección N°19. Ver plano 4/4

### Propuesta N°5

Actualmente en la zona de Fátima se puede observar que existe un incremento de volumen vehicular en ciertas intersecciones; por tal motivo se propone lo siguiente: restringir en las horas 6:30 am a 8:30 am, 11:30 a 13:30 y de 5:30 pm a las 7:30 pm de lunes a viernes para los vehículos particulares con placas terminadas en 0 y 1 el lunes; los martes los terminados en 2 y 3, miércoles 4 y 5; y así sucesivamente. Los sábados y domingos no operará la medida. Cada tres meses se rotará los días para cada par de números, procurando evitar que las personas compren un segundo vehículo con otra placa.

### Propuesta N°6

Habiendo realizado el cálculo de los tiempos de fase de semáforos de las intersecciones con mayores volúmenes pero que actualmente dichas intersecciones ya cuentan con semáforos es que se propone el cambio de nuevos tiempos de fase para mejorar la circulación vehicular estos tiempos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.2 Propuesta de Tiempos de fase de semaforización**

INTERSECCIONES	N°	Actuales			Nuevas		
		Tiempos de fases			Tiempos de fases		
		Rojo	Amarillo	Verde	Rojo	Amarillo	Verde
Av./La Paz -Av./ Belgrano	14	19	3	20,24	17	3	23
Av./La Paz - C/ Bolivar	16	43,56	4	22,71	15	3	25
C./O` Connor - C/ Bolivar	27	22.04	1,89	17,90	17	3	20
C./O` Connor -C/ Ingavi	28	22	1,83	17,96	17	3	20
C./O` Connor - C/ La Madrid	29	17,98	1,38	21,89	14,00	3	23
C./O` Connor - Av./ Belgrano	30	22,07	1,94	17,52	18,00	2,43	20

**Fuente:** Elaboración propia

## 4.4 SEÑALES A IMPLEMENTAR

Todas las alternativas propuestas anteriormente serán de mejor funcionamiento a través de la implementación de señalización horizontal y vertical.

#### 4.4.1 Señales horizontales a implementar

**Tabla 4.3 Señal horizontal a implementar**

<b>Líneas longitudinales</b>
Líneas de eje
Líneas de carril
<b>Líneas transversales</b>
Líneas pare
<b>Flechas</b>
Flecha recta
Flecha de viraje
Flecha recta y de viraje

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.4.2 Señales verticales a implementar

**Tabla 4.4 Señales a implementar**

<b>Señales reglamentarias</b>	<b>Cantidad</b>	
Pare	1	14
Solo giro a la izquierda	1	
Prohibido girar a la izquierda	1	
Giro a la derecha	3	
Prohibido estacionar	10	
<b>Señales informativas</b>	<b>Cantidad</b>	
De dirección	2	2
<b>Total señales</b>		<b>16</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Figura 4.1 Ejemplo de señal vertical a implantar



Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se presenta la composición de volúmenes para distintos puntos de la zona, en la cual se puede ver en detalle, los tipos de vehículos que circulan por las distintas calles y avenida. Vehículos que tienen mayor circulación son los vehículos livianos particulares siendo los que originan mayor congestiónamiento que los vehículos medianos públicos en la zona.
- Se calculó la proyección de volúmenes, en función a los volúmenes actuales que arrojaron la depuración y análisis de campo, para emplearlos en los cálculos de la capacidad y niveles de servicio.
- En la depuración de los volúmenes y análisis de los cálculos se pudo determinar que algunos puntos presentan gran volumen mientras que en otras intersecciones son poco transitadas por lo que se establece dar utilidad a algunas avenidas que cumplen con un ancho de capacidad pero que actualmente se encuentran en deterioro. En la siguiente tabla se puede observar los volúmenes de cada intersección.

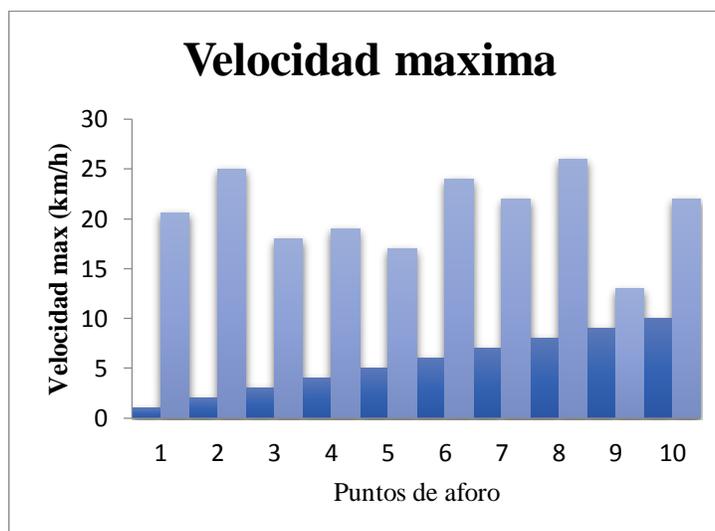
**Tabla 5.1 Volúmenes vehiculares**

Inter.	Volumen				Inter.	Volumen		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Nº1	15	354	720	-	Nº16	588	423	512
Nº2	34	-	-	-	Nº17	616	-	-
Nº3	180	164	-	-	Nº18	148	23	-
Nº 4	18	31	-	-	Nº19	420	187	495
Nº 5	48	31	63	-	Nº20	108	217	21
Nº 6	94	135	-	-	Nº21	134	51	-
Nº 7	147	-	-	-	Nº22	166	38	-
Nº 8	182	-	-	-	Nº23	162	106	96
Nº 9	861	340	-	-	Nº24	181	45	322
Nº10	147	-	-	-	Nº25	399	-	-
Nº11	85	433	397	-	Nº26	106	127	-
Nº12	378	198	391	-	Nº27	472	465	-
Nº13	378	392	166	-	Nº28	498	464	-
Nº14	351	397	375	385	Nº29	495	314	
Nº15	469	672	41	-	Nº30	512	412	56
Nº31	201	107	203	300				
Nº32	369	272	-					

**Fuente:** Elaboración propia

- Con respecto a la velocidad máxima en las diferentes intersecciones los vehículos circulan casi a una misma velocidad en los diferentes puntos del estudio; en el siguiente cuadro se puede observar las diferentes velocidades siendo la intersección N° 8 la que cuenta con 26km/h.

**Figura 5.1 velocidad máxima**



**Fuente:** Elaboración propia

- Una de las mayores velocidades que se tiene, es en la intersección N° 8 con una velocidad que está entre los 26 km/h; también mencionamos la intersección N° 2 con 25 km/h; ambas intersecciones tienen un nivel de servicio A.
- Mediante el análisis de los elementos del tráfico se puede entender las características y el comportamiento del flujo vehicular, requisito para el planeamiento y proyección de calles y sus obras implementaría dentro del sistema de transporte. El análisis del volumen vehicular describe la forma de cómo circular los vehículos en cualquier tipo de viabilidad, la cual permite determinar el nivel de servicio.
- De acuerdo a los cálculos realizados se obtuvieron los niveles de servicio que se mencionan (A, B, C, D, E), los cuales quieren decir que se tiene flujos estables

como también inestables en la circulación vehicular de las diferentes interacciones estudiadas.

**Figura 5.2 Porcentajes de nivel de servicio**



**Fuente:** Elaboración propia

La gráfica muestra los porcentajes de los niveles de servicio dando al tipo D un 40% seguido con el C con 26% y el E un 6%.

- El uso de carriles como estacionamiento produce una baja significativa del nivel de servicio como se observa en las intersecciones ubicadas sobre la avenida La Paz ya que existe mayor demanda como se observa en la tabla por lo que es necesaria la restricción de esos estacionamientos de esta forma darían como resultado directo un flujo de tráfico más fluido de volúmenes vehiculares.

**Tabla 5.2 Estacionamientos Av. / La Paz**

INTERSECCIONES	Nº	Índice de ocupación (veh/cas)	Demanda máxima de (veh.)	Duración Media de (veh.)
Av./Los Membrillos entre C./Delfin P. y Av./ Jaime Paz	1	3	8	0.402
Av./Los Membrillos entre C./Bolivar. y C./ Oruro	2	2	8	0.391
Av./La Paz entre C./ Avaroa y C./Ciro Trigo	3	2	22	0.091
Av./La Paz entre C./Ciro Trigo y C./ Delfin Pino	4	2	20	0.2
Av./La Paz entre C./ Delfin Pino y Av./ Belgrano	5	3	39	0.78
Av./La Paz entre Av./ Belgrano y La Madrid	6	2.55	28	0.393
Av./La Paz entre La Madrid e Ingavi	7	2	27	0.407
Av./La Paz entre Ingavi y Bolivar	8	2.45	54	0.407
Av./La Paz entre Bolivar y Oruro	9	1.18	14	0.846

**Fuente:** Elaboración propia

- Varios puntos analizados no cumplen las condiciones mínimas para semaforizar debido a que estos puntos se analizaron bajo condiciones actuales y los volúmenes son menores a los que se requieren para realizar una semaforización como es el caso de las siguientes intersecciones.

**Tabla 5.3 Volúmenes totales**

Inter.	Volumen				Inter.	Volumen		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Nº1	15	354	720	-	Nº16	588	423	512
Nº2	34	-	-	-	Nº17	616	-	-
Nº3	180	164	-	-	Nº18	148	23	-
Nº 4	18	31	-	-	Nº19	420	187	495
Nº 5	48	31	63	-	Nº20	108	217	21
Nº 6	94	135	-	-	Nº21	134	51	-
Nº 7	147	-	-	-	Nº22	166	38	-
Nº 8	182	-	-	-	Nº23	162	106	96
Nº 9	861	340	-	-	Nº24	181	45	322
Nº10	147	-	-	-	Nº25	399	-	-
Nº11	85	433	397	-	Nº26	106	127	-
Nº12	378	198	391	-	Nº27	472	465	-
Nº13	378	392	166	-	Nº28	498	464	-
Nº14	351	397	375	385	Nº29	495	314	-
Nº15	469	672	41	-	Nº30	512	412	56
Nº31	201	107	203	300				
Nº32	369	272	-					

**Fuente:** Elaboración propia

- Sin embargo en los puntos que sí presentan volúmenes elevados ya existen semáforos pero se realizó un nuevo cálculo para establecer nuevos tiempos y poder lograr mejorar la circulación vehicular.
- La existencia de la señalización en cualquier lugar representa información, prioridad, restricción, etc.; por lo tanto se las deberá colocar en lugares muy visibles y de fácil comprensión.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- En primer lugar se recomienda a los organismos encargados de la regulación de la circulación vehicular hacer énfasis en la educación vial, puesto que uno de los grandes problemas en la circulación se debe a la falta de conocimiento de las normas de circulación.
- Se recomienda tanto a la Alcaldía del Municipio como al Servicio de Tránsito trabajar en forma conjunta dejando de lado sus diferencias para poder lograr mejores resultados en la regulación de tráfico y seguridad vial.
- Gestionar para que las autoridades encargadas del tráfico y tránsito de la ciudad puedan llevar un orden vehicular con niveles de servicio tipo B y C.
- Trabajar con los sindicatos que existen en la ciudad para así buscar soluciones a la circulación vehicular y también hacer un ordenamiento a la circulación vehicular que existe en la zona Fátima.
- Realizar el mantenimiento de las calles y avenidas de la zona de estudio. Por ejemplo en la avenida Los Membrillos donde se debe de realizar un relleno y compactado para posteriormente reutilizar los adoquines que tiene esta avenida.
- Se recomienda tanto a medios de comunicación, policía y municipio, que se unan a programas de educación vial para realizar y dar mayor información a todos los usuarios, como así también llevar y brindar información en las unidades educativas para poder informar sobre el uso de cada una de las señales que se colocan.
- De acuerdo a la información del inventario de señales realizado de la zona se puede determinar que muchas señales están en deterioro por lo que se recomienda realizar un mantenimiento adecuado y periódico.
- Concientizar a todos los usuarios y peatones para cuidar las señales que son colocadas en distintas zonas.
- Se recomienda a las autoridades encargadas de tráfico y tránsito gestionar un cobro de peaje para el ingreso a la zona central de la ciudad en la intersección N°16 av./La Paz y c./ Bolívar.

- A las personas encargadas del tráfico y transporte de la ciudad de Tarija, se les recomienda que registren sus datos anuales, para poder hacer proyecciones a futuro o estimaciones en cualquier otro estudio.
- Se recomienda restringir los estacionamientos en las calles que no tengan una adecuada calzada, evitando así que sus calles e intersecciones reduzcan su capacidad de circulación.