

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

En los últimos años la movilidad urbana ha cobrado vital importancia para los gobiernos y la ciudadanía en general, lo cual enfrenta problemas que repercuten en los desplazamientos cotidianos de sus habitantes, afectando así a la movilidad. El concepto de movilidad urbana es muy amplio y abarca diversas instancias, desde los peatones hasta los sistemas integrados de transporte masivo; sin embargo, puede sintetizarse diciendo que la movilidad urbana “comprende todos los elementos asociados al desplazamiento de personas y bienes a través del espacio urbano.

El concepto de movilidad debe ser considerado en el conjunto de la dinámica urbana y desde luego, en el marco institucional, pues es importante la relación entre las políticas de desarrollo urbano y las políticas de transporte.

Entre las estrategias generales del desarrollo urbano que deben definir el modelo de ciudad que se desea, la estrategia de movilidad urbana debe calificar la circulación y el transporte público, creando oportunidades de desplazamientos en la ciudad y atendiendo las distintas necesidades de la población.

En la ciudad de Bermejo se presenta un crecimiento continuo lo cual en la actualidad no se ve reflejado el mejoramiento del Sistema de Transporte Urbano, por lo cual debido al alto crecimiento del parque automotor se ha generado más congestionamientos, demoras, accidentes y malas condiciones ambientales en las horas picos lo cual necesariamente ocurre diariamente, es por esta razón que bajo el nombre de tráfico nace una nueva rama de ingeniería civil que trata precisamente del aspecto fundamental del camino, llamada carretera.

Este estudio de tráfico vehicular y peatonal permitirá determinar las causas del congestionamiento vehicular en la zona de la Avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo, con el propósito de mejorar el tráfico vehicular y peatonal, con un previo conocimiento de la cantidad de vehículos y peatones que circulan por la avenida de estudio datos que

serán obtenidos de los aforos. Considerando lo importante que son las avenidas principales, realizar un estudio y análisis de las mismas nos ayudaría a conocer su funcionalidad usos actuales y restricciones.

Con este análisis de tráfico se pretende solucionar uno de los problemas diarios que más aqueja y amenaza a la calidad de vida de la población de Bermejo, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por las avenidas con gran afluencia de tráfico vehicular.

## **1.2 Situación problemática**

La ciudad de Bermejo en los últimos años ha sufrido un crecimiento poblacional considerable, esto se debe al alto producto comercial que se vende hacia la ciudad de Aguas Blancas (Argentina) y como consecuencia de esto también creció el parque automotor, es por esta razón que en algunas de sus vías urbanas cuenta con un nivel de servicio bajo, llegando en algunos casos a congestionarse en algunas horas picos, siendo los puntos más conflictivos los puntos de intersecciones de la Avenida Petrolera tal es el caso de estudio en esta situación.

Como consecuencias del aumento de negocios comerciales específicamente en la frontera de Bolivia - Argentina zona denominado las Chalanas, es una realidad evidente el aumento de la circulación de vehículos en horarios específicos dando como consecuencia la formación de congestionamiento vehicular y peatonal, que se puede visualizar todos los días restricciones de circulación como espera, demoras, accidentes y recorrido saturados en líneas de transporte público y privado.

Esto tiende a agravarse al pasar de los años ya que el comercio es uno de los sustentos fundamentales y primordiales de la ciudad de Bermejo, constituyendo un peligro aun mayor debido a la insuficiente capacidad que afecta al nivel de servicio, ausencia de un sistema de señalización tanto horizontales como verticales en lugares estratégicos y la poca educación vial de los usuarios en este caso los denominados comerciantes que llevan sus productos al país vecino Argentina implicando congestiones y el libre tránsito de circulación por la Avenida Petrolera, llegando a infringir hacia las normas de tránsito..

### **1.2.1 Problema de investigación**

¿Se podrá realizar un adecuado estudio del comportamiento del tráfico vehicular en la Avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo y a partir de ella plantear las soluciones?

### **1.3 Justificación**

La ciudad de Bermejo en los últimos años ha generado un gran crecimiento poblacional y como consecuencia de esto también el parque automotor de la ciudad ha crecido notablemente, es por esta razón que su vía urbana cuenta con niveles de servicios muy bajos, llegando a ocasionar congestionarse en horas picos, siendo las intersecciones o nudos los puntos de conflicto más urgentes de solucionar.

Como consecuencia del crecimiento comercial en la zona de la Avenida Petrolera denominada las chalanas que se da entre el país vecino Argentina y Bolivia es totalmente evidente el aumento de la circulación de los vehículos en los horarios de la mañana hasta las 15:00 pm de la tarde ocasionando grandes congestionamientos de tráfico vehicular y el congestionamiento peatonal que se pueden observar diariamente en colas de espera, demoras, accidentes, mal uso inadecuado que se les da a los vehículos particulares y recorrido saturado de las líneas de transporte público.

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

El estudio que se plantea es el **(ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE TRÁFICO VEHICULAR EN LA AVENIDA PETROLERA DE LA CIUDAD DE BERMEJO)**; donde se requiere analizar un análisis para brindar soluciones para tener un mejoramiento de los niveles de servicio de la vía, brindando una mejor comodidad, circulación y un seguro eficaz de circulación. La problemática del tráfico en las vías de la ciudad se podría solucionar haciendo estudios del comportamiento de tráfico para luego

tomar todas las medidas necesarias, para solucionar los problemas presentados que afectan tanto a conductores, peatones como a toda la población en general.

La idea de solucionar los problemas del tráfico vehicular es que tanto los conductores, peatones y población en general se sientan cómodos y seguros al transitar por esta **AVENIDA PRINCIPAL DE LA PETROLERA.**

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar el comportamiento de tráfico vehicular en la Avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo con el fin de reducir el congestionamiento vehicular.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información general y fundamentos teóricos necesarios de la ingeniería de tráfico.
- Ejecutar el aforo de volúmenes del tráfico vehicular de los diferentes vehículos que circulan por la Avenida de Estudio en las horas de mayor circulación.
- Hacer el aforo de las velocidades vehiculares en el trayecto de estudio de la Avenida Petrolera.
- Llevar a cabo un estudio de la capacidad y el nivel de servicio de los tramos de estudio.
- Diseñar las señalizaciones verticales y horizontales de la zona de estudio bajo la normativa ABC.
- Analizar el estudio de estacionamiento vehicular tanto en la Av. Petrolera como en la calle Colorados de Bolivia.
- Ejecutar el análisis de semaforización para toda la zona de estudio.
- Efectuar un análisis de estacionamiento, semaforización y niveles de servicio para periodos de T= 5 años, T= 10 años y T= 20 años.
- Ejecutar los cálculos métricos de los ítems, así como el análisis de precios unitarios para la elaboración del presupuesto general.
- Realizar las especificaciones técnicas.

- Elaborar planos de señalizaciones horizontales y verticales.
- Determinar conclusiones y recomendaciones del estudio del comportamiento de tráfico en la avenida Petrolera como de la calle Colorados de Bolivia ubicado en la ciudad de Bermejo.
- Incluir la Simulación para cada alternativa y diferentes periodos (5,10 y 20 años).

## 1.5 Hipótesis

¿Si se realiza un análisis del comportamiento de tráfico vehicular en los puntos críticos de la Avenida Petrolera de la Ciudad de Bermejo, entonces podremos mejorar un flujo más libre que se encuentre en condiciones más óptimas?

## 1.6 Operalización de variables

### 1.6.1 Variable independiente Tráfico vehicular.

**Tabla Nro.1 Operacionalización de variables: Variable Independiente**

Conceptualización	Dimensiones	Conceptualización	Indicador	Técnicas e instrumentos
El tránsito vehicular o tránsito automovilístico (también llamado tráfico vehicular) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.	<b>Ancho de carril</b>	Es la faja de terreno destinada a la construcción, mantenimiento, futuras ampliaciones si la demanda de tránsito así lo exige, servicios de seguridad.	Investigación realizado en toda la Avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo.	Se hará la respectiva medición de la infraestructura del ancho de carril con la ayuda de un flexo.
	<b>Volumen de circulación de Tráfico</b>	El volumen de tráfico de una carretera como su nombre lo indica es la cantidad y el tipo de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico.		Se hará un aforo en los puntos críticos ya establecidos para ello se necesitará una planilla de vehículos privados y públicos.
	<b>Longitud de vía</b>	Es la distancia entre dos puntos considerados para realizar un acto.		Se realizará una respectiva medición de la longitud de la Avenida de estudio.

**Fuente: Elaboración propia**

## 1.6.2 Variable dependiente

### Comportamiento de Tráfico

**Tabla Nro.2 Operacionalización de variables: Variable dependiente**

Conceptualización	Dimensiones	Conceptualización	Indicador	Técnicas e instrumentos
<p><b>Comportamiento del tráfico vehicular</b></p> <p>Es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en la vía,calle.</p>	<b>Volúmenes</b>	Es la capacidad y el tipo de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo de tiempo específico	<p>Investigación realizado en los puntos críticos de la Avenida de estudio.</p>	Se realizara el conteo de vehículos en la que circula en cada intersección de la Avenida mediante el método de aforo manual.
	<b>Velocidades</b>	Es la relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un vehículo en un determinado tiempo.		Se fijara dos puntos fijos midiendo la longitud, para luego con la ayuda de un cronometro tomar el tiempo que tarda un vehículo en desplazarse en esos dos puntos fijados anteriormente.
	<b>Señalizaciones</b>	Las señales de trafico de transito son los signos usados en la vía publica para impartir la información necesaria a los usuarios que transitan por un camino o carretera.		Se deberán evaluar la Avenida para posteriormente ubicar las nuevas señalizaciones en los lugares donde requiere respetando la Norma ABC.
	<b>Estacionamientos</b>	Son espacios donde los vehículos pueden estacionar durante un cierto periodo de tiempo.		Se deberá dar nuevas soluciones de áreas de estacionamientos en lugares estratégicos.
	<b>Capacidad</b>	Es el máximo numero de vehículos que puede transitar por un punto o tramo uniforme de una vía en los dos sentidos, en un periodo determinado de tiempo, en las condiciones imperantes de la vía y el transito.		Se realizara el conteo de vehículos en la que circula en cada intersección de la Avenida mediante el método de aforo manual, lo cual posteriormente en función a ábacos y delos datos obtenidos en campo de aforos de giros de vehículos y los de frente que circulan por la respectiva zona de estudio y clasificación de los mismos vehículos por varios factores se obtendrá la capacidad de la Avenida.

**Fuente: Elaboración propia**

## **1.7 Diseño metodológico**

### **1.7.1 Componentes**

#### **1.7.1.1 Unidades de estudio y decisión muestra**

##### **Unidades**

La unidad de estudio es el comportamiento del tráfico vehicular en vías urbanas, que no suele ser constante y varia a lo largo del día especialmente en las intersecciones de la ciudad, de las zonas más conflictivas provocando congestión del flujo vehicular a en horarios picos, afectando a los usuarios.

##### **Población**

La población del presente proyecto es el comportamiento del tráfico en las vías urbanas de la ciudad de Bermejo, este es el lugar de estudio donde se evaluará el congestión causado por los vehículos automotores.

##### **Muestra**

La muestra es en la Avenida Petrolera, donde se muestra evaluar el congestión y el comportamiento del tráfico vehicular.

##### **Muestreo**

El muestreo en tres puntos críticos de tres intersecciones conocida que son las siguientes la intersección número uno es la Colorados de Bolivia, la intersección dos es la calle José Yache y por ultima la intersección tres la avenida Barrientos Ortuño.

- Entre la intersección colorados de Bolivia e intersección José Yache se obtendrá un punto adicional de medición (Pasaje Héroes del Pacifico).
- Entre la intersección José Yache y Barrientos Ortuño se obtendrá también un punto de medición (Pasaje 7 de diciembre).

También se tomó como alternativa la calle Colorados de Bolivia como nuevos puntos de estudio donde contemplan las siguientes intersecciones: uno Calle 23 de Marzo, dos Calle

Antofagasta, tres 27 de mayo, cuatro Av. 21 de Diciembre, cinco Calle Pedro Domingo Murillo, seis Calle José Yache, siete Calle Chuquisaca y ocho Av. Barrientos Ortuño.

En todos estos puntos críticos se harán el aforamiento correspondiente de velocidad de punto, velocidad de recorrido total, y volúmenes de circulación.

Por último, el estudio de ubicaciones de la señalización vertical y horizontal como el análisis de semaforización y estacionamiento contemplando diversos periodos de tiempo.

### **1.7.2 Métodos y técnicas empleadas**

La inducción va de lo particular a lo general. Empleamos el método inductivo cuando de la observación de los hechos particulares obtenemos proposiciones generales, o sea, es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

Inducir es ir más allá de lo evidente. La generalización de los eventos es un proceso que sirve de estructura a todas las ciencias experimentales, ya que éstas, como la física, la química y la biología, se basan (en principio) en la observación de un fenómeno (un caso particular) y posteriormente se realizan investigaciones y experimentos que conducen a los científicos a la generalización.

Utilizaremos el método inductivo ya que este con sus pasos a seguir se adecuan a lo que llevará a ser el estudio de aplicación de una mejor fluidez de circulación vehicular del transporte público y su influencia en el congestionamiento, pues será necesario la observación y registro del aforo vehicular, la obtención de datos y resultados para realizar el análisis y de esta forma plantear soluciones acordes al problema.

#### **Explicación como se apropia el método al trabajo de estudio**

Este método se apropia de manera permanente en el estudio de tráfico por las mediciones, evaluaciones y análisis que se realizara posteriormente al ejecutar el proyecto.

##### **1.7.2.1 Técnicas de muestreo**

La técnica experimental supone la definición del problema y permite la fijación de hipótesis de los experimentos que se realicen, que se emplazaran en un área de estudio determinado y se fijara el periodo de tiempo de duración del experimento, que tienen como

finalidad de obtener nuevos y especialmente diferentes resultados a los que ya se conocen, muchas veces el resultado del experimento puede terminar aceptado como algo oficial, pero algunas veces los resultados no son los esperados por lo tanto se debe continuar la experimentación en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir por qué causa se produce una situación particular. Este trabajo se va a realizar a través de mediciones de parámetros ya conocidos. Para la obtención de datos es necesario contar con la información necesaria de la zona de estudio y fijar las intersecciones más críticas por donde circula el transporte público, el método que se llevará a cabo para las mediciones será la técnica de aforo y mediciones manuales en todo el trayecto de la Avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo, que consiste en la medición de velocidades, a través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de velocidades son de 1 mes, 3 días a la semana por 3 horas al día, de los cuales son 2 días hábiles y 1 día no hábil por semana durante 1 mes en horarios picos. Los datos obtenidos se llevarán a un análisis a través de las ecuaciones de los parámetros estadísticos ya conocidos como la media y la desviación estándar, el cual mediante esas ecuaciones y los resultados obtenidos depuraremos los números que se encuentran fuera de rango y minimizar la dispersión que tienen entre todos los datos, para analizar los resultados obtenidos que nos mostrará el comportamiento de los vehículos, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestión. La forma de observación será sistemática porque utilizaremos un instrumento para medir tiempos y distancias de manera uniforme para encontrar las variables de estudio, el instrumento para la obtención de datos con los que se contará para realizar el estudio es un cronómetro para medir el tiempo de circulación y el tiempo de demoras de los vehículos del transporte público, planillas para los aforos, observadores que controlen el paso de los vehículos por los lugares de estudio que se requiera, cinta métrica para medir la distancia del paso de los vehículos al momento de sacar las velocidades. Pero siempre existen errores en esta técnica al momento de obtener los datos para obtener la velocidad, ya sean por el observador por el instrumento a emplear o por el fenómeno observado en la vía.

### 1.7.2.2 Descripción de los medios e instrumentos

Para la obtención de la información de campo se necesitará de los siguientes instrumentos:

#### **Cinta métrica**

Con este instrumento se medirá la distancia que recorrerá el vehículo por el trayecto de la Avenida Petrolera lugar de estudio, al momento de sacar las velocidades.

#### **Cronómetro**

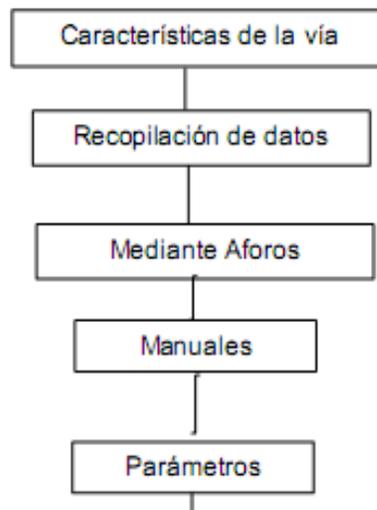
Este instrumento nos servirá para medir los intervalos de tiempo que recorrerá los vehículos en los puntos que estableceremos.

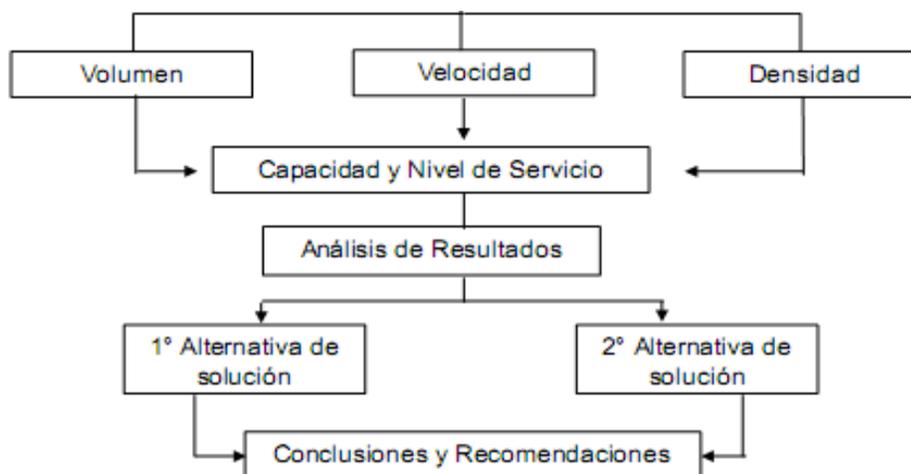
#### **Tablero y planillas**

El tablero es un material importante de apoyo, en la práctica se usará como apoyo a las planillas para que se mantengan estables y las planillas nos facilite y agilice los datos obtenidos en campo como volúmenes y velocidades que serán anotados por los observadores.

### 1.7.2.3 Esquema de metodología

**Tabla Nro.3 Esquema de metodología a utilizar**





**Fuente: Elaboración propia**

### **1.7.3 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información**

#### **1.7.3.1 Estadística descriptiva**

Esta aplicación proporciona una serie de datos que tendrán que ser analizados posteriormente, por lo tanto, realizaremos un análisis descriptivo ya que tendremos un conjunto de datos que serán analizados.

Contaremos con un conjunto de datos  $N$  (datos que representan a la población, que en este caso los parámetros de la ingeniería de tráfico), y otro conjunto de datos  $n$  (datos que representan la muestra), que serán calculados para tener mejor resultado.

Se realizarán medidas de depuración, las cuales nos indicarán los datos que se alteraron o por alguna razón salieron fuera de rango, a partir de las cuales encontraremos la media, la varianza y la desviación estándar.

#### **Medidas tendencia central**

##### **Media**

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

### **Desviación estándar**

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

### **Rango**

Es el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, por ello comparte unidades con los datos. Permite tener una idea de la dispersión de datos al momento de realización de la depuración de los valores que se encuentran fuera de rango.

$$x = x \pm s$$

## **1.8 Alcance de investigación**

El parque automotor de la ciudad de Bermejo se va incrementando y trae consigo problemas de congestionamiento de tráfico vehicular en todas sus avenidas principales el cual incomoda tanto a conductores, peatones y a la población en general, por lo cual se debería realizar estudios de comportamiento del tráfico y tomar en cuenta los factores que intervienen en esta problemática.

Unas de las avenidas con más problemas del congestionamiento vehicular es la avenida Petrolera, el cual necesita realizarse un estudio de tráfico vehicular para ver el comportamiento actual y prever accidentes en el futuro en dicha avenida.

Para el estudio se pretende primeramente estudiar y profundizar los fundamentos teóricos de la ingeniería de tráfico, para luego aplicarlos al tramo en estudio.

Seguidamente se debe realizar el reconocimiento del tramo para luego definir la cantidad y el lugar de los puntos de aforo, tomando en cuenta la variación de volúmenes de vehículos existentes y las características geométricas de la avenida.

Con los puntos de aforos ya definidos se deberá realizar la toma de tiempos para la velocidad de tráfico (lo que tarda un vehículo en recorrer una distancia definida) y aforos manuales de volúmenes (cómputo de vehículos que pasa por el punto tanto de ida como de vuelta; y siguiendo una clasificación de vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados) este aforo se lo realizará en el transcurso de un mes basándonos en la norma ABC.

Con los datos de campo de aforos manuales, se empezará a realizar el almacenamiento de los mismos con ayuda del programa de office (Microsoft Excel) y se procederá a realizar un análisis completo de los datos de campo.

Una vez almacenados los datos de los aforos y habiendo hecho un análisis de los datos se podrá calcular los demás parámetros del comportamiento de tráfico como ser: la intensidad de tráfico, la velocidad media y la densidad de tráfico para dicho tramo.

Luego se deberá hacer un análisis detallado y completo de los resultados obtenidos, Con estos parámetros de la ingeniería de tráfico que son los más importantes se podrá conocer la situación actual del comportamiento del tráfico vehicular de la Avenida Petrolera.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se podrá obtener las conclusiones y recomendaciones que se vean necesarias para así tomar todas las medidas necesarias para el futuro en dicha Avenida.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

#### 2.1 Concepto de la ingeniería de tráfico

La Ingeniería de tráfico o de tránsito es una rama de la ingeniería del transporte y a su vez rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

Dentro de los objetivos señalados pueden señalarse dos aspectos: el planeamiento de redes viarias, si se trata de proyectar redes de carreteras para necesidades futuras, y la ordenación y regulación del tráfico en redes existentes, si se trata de resolver problemas actuales o previsibles a corto plazo. En ambos casos es necesario conocer previamente las características de circulación.

Así, las técnicas de la ingeniería de tráfico pueden clasificarse en tres grupos: planeamiento de redes futuras, ordenación del tráfico existente y estudio y análisis de la circulación. En el presente tema nos preocuparemos del estudio y análisis de la circulación.

El objetivo del estudio y análisis de la circulación es deducir las relaciones que existen entre las características del tráfico y el trazado de la red y las normas de regulación que se utilicen. Para obtener los datos necesarios se han desarrollado una serie de técnicas de medida, utilizando sistemas y aparatos de medición

##### 2.1.1 Evolución de Tráfico

La construcción de caminos nace por la necesidad de establecer rutas de comercio entre ciudades de la antigüedad, tal es el caso de la Mesopotamia hace unos 5000 años.

Los primeros caminos construidos con ciencia llegaron junto con el Imperio Romano quienes fueron realmente los que de manera sistemática y organizada construyeron caminos en todo el imperio.

El transcurso del tiempo ha traído consigo la evolución del transporte.

### **2.1.1.1 El Automóvil**

La historia del automóvil, en un sentido estricto, comienza en el siglo XIX. La palabra deriva del griego αὐτός autós, "a sí mismo", y del latín mobilis, "que se mueve", sobre todo para distinguir entre los vehículos a motor y los de tracción animal. De estos vehículos autopropulsados se conocieron muchos tipos diferentes a través de las épocas.

Los primeros vehículos de la historia eran propulsados a vapor y constituían un gran gasto. Se cree que los intentos iniciales de producirlos se llevaron a cabo en China, a fines del siglo XVII.

Puede afirmarse que el vehículo de motor de combustión interna en la forma que lo conocemos actualmente, forma parte y nació con el siglo XX.

**Figura Nro.1 Aparición de los primeros automóviles**



**Fuente:** [https://es.wikipedia.org/wiki/ingeniería\\_de\\_tráfico](https://es.wikipedia.org/wiki/ingeniería_de_tráfico)

### **2.1.1.2 Calles**

Esta rama de la ingeniería se ocupa de estudiar las características de 4 elementos fundamentales de tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo y la vía; estos dos últimos

elementos son indispensables para la realización de actividades humanas. Ya en el siglo XIX las ciudades tienen un crecimiento acelerado causando que existan ciertos problemas en circulación del peatón por las calles, así como de los propios vehículos que eran de tracción animal.

## **2.2 Elementos de la ingeniería de tráfico**

Los elementos fundamentales del tráfico son tres que son: el usuario, el vehículo y camino o vía, de acuerdo a la bibliografía consultada, se tratará de explicar cada uno de estos elementos fundamentales del tráfico:

### **2.2.1 El Usuario**

El elemento Usuario es aquel que corresponde a los conductores y peatones los cuales son elementos primordiales del tránsito por las calles y carreteras, quienes deben ser atendidos, y el comportamiento del individuo en el tránsito es uno de los factores que establece sus características.

#### **2.2.1.1 El Conductor**

Es uno de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico ya que es un elemento que incide directamente en el funcionamiento del tráfico.

Se define como conductor al usuario del automóvil que circula en el tráfico y éste tiene influencia directa en el movimiento y circulación del tráfico vehicular. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

**Figura Nro. 2 Conductor**



**Fuente:** <https://www.google.com/search=conductor+imagen>

### 2.2.1.2 El Peatón

Es uno de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico sobre todo en las ciudades por ser un elemento que incide dentro del funcionamiento del tráfico.

Se define como peatón a la población en general, el comportamiento de los peatones es poco predecible e indisciplinado respecto a las normas de circulación del flujo vehicular lo que conlleva a que se produzcan accidentes de tráfico. Cuanto mayor es la población, mayor incidencia tiene el elemento peatón en el problema de tráfico, siendo importante definir en la etapa de análisis cuáles son los puntos críticos relacionados con el usuario peatón y cuál la magnitud de los problemas existentes.

Es importante en el usuario peatón establecer sus áreas de circulación y éstos son básicamente las áreas peatonales, cuya posición es paralela a la calzada a los costados de las mismas en anchos que pueden fluctuar entre 1 a 3,5 m. de ancho, la cual está en función del volumen peatonal. Otra de las áreas que están destinadas a la circulación peatonal son los cruces de peatones en las intersecciones de las calles para circular transversalmente a la circulación vehicular.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico en el área urbana y no así en carreteras donde su incidencia es casi mínima.

De acuerdo a estudios realizados se ha visto una gran necesidad de incidir en la educación vial orientada al mejor comportamiento de las normas y reglamentaciones vigentes para que a través de ellos se pueda aminorar los accidentes donde la causa sean los peatones.

**Figura Nro.3 Peatón**



**Fuente:** <https://www.motor.com.co/actualidad/peaton>

## 2.2.2 Vehículo

En nuestras vías se observan diferentes variedades de vehículos, conforme pasa el tiempo los vehículos que se fabrican varían en sus características que son su peso, dimensiones, maniobrabilidad y la velocidad que tienen como también el número de vehículos que van aumentando cada día es considerable, esto se debe a la tecnología que el hombre ha ido avanzando.

### 2.2.2.1 Tipos de Vehículos

Los tipos de vehículos que circulan por las vías son: Biciclos, Ligeros, Pesados y Especiales.

**Ligeros:** Se encuentran los automóviles, camionetas, jeeps y furgones que transportan de 1 a 9 personas y una carga útil máxima de 2 toneladas respectivamente.

**Figura Nro.4 Tipo de Vehículo Ligero**



**Fuente: Elaboración propia**

**Medianos:** Se encuentran los tractores agrícolas y carros de limpieza como lo son los basureros fabricados para realizar una determinada actividad.

También se pueden clasificar de acuerdo a su capacidad que tienen en livianos, medianos y pesados y de acuerdo al uso que se le dé en públicos y privados en nuestra vialidad.

**Figura Nro.5 Tipo de Vehículo Mediano**



**Fuente: Elaboración propia**

**Pesados:** se encuentran los autobuses, camiones, camiones con remolque y camiones tractor con semirremolque que transportan de 1 a 55 personas y carga útil en gran cantidad respectivamente.

**Figura Nro.6 Tipo de Vehículo Pesado**



**Fuente: Elaboración propia**

**Autobús o autocar:** Automóvil que tenga más de 9 plazas, incluida la del conductor, destinado, por su construcción y acondicionamiento, al transporte de personas y sus equipajes. Se incluye en este término el trolebús, es decir, el vehículo conectado a una línea eléctrica y que no circula por raíles.

**Autobús o autocar articulado:** Autobús o autocar compuesto por dos partes rígidas unidas entre sí por una sección articulada, en el que los compartimentos para viajeros de cada una de ambas partes rígidas se comunican entre sí.

**Tracto camión:** Automóvil concebido y construido para realizar, principalmente, el arrastre de un semirremolque. Será vehículo pesado cuando su capacidad de arrastre sea superior a 3,5 toneladas.

**Remolque:** Vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser remolcado por un vehículo de motor. Si bien podría entenderse que será vehículo pesado cuando su M.M.A. supere los 3.500 kilogramos, este criterio no está recogido en la legislación vigente.

**Tabla Nro. 4 Clasificación de Vehículos**

Servicio	Públicos	Privados
Liviano	automóvil (taxi)	automóvil
		jeep
		vagoneta
		camioneta
		minibús
Medianos	microbús	camiones
		medianos
		furgones
Pesados	ómnibus	volqueta
		camión
		tractor-camión

**Fuente: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004**

### 2.2.2.2 Dimensiones y Pesos

La anchura de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras el tamaño y el peso de un coche son siempre mucho menores que los de un autobús o un camión y, por tanto, no influyen en aquellas vías destinadas a ser utilizadas por toda clase de vehículos. Sin embargo, en vías exclusivamente destinadas a coches como las que pueden ser de acceso, salida o interiores de muchos estacionamientos públicos y privados, es posible admitir características resistentes o geométricas restringidas y limitadas sólo al paso de estos vehículos.

**Tabla Nro. 5 Dimensiones de vehículos que circulan en la vía**

Tipo de vehículo	Longitud (m)	Ancho (m)	Capacidad
Liviano publico (automóvil)	3,90-4,15	1,45-1,65	4-6 pasajeros
Liviano privado (automovil,jeep,camioneta,vagoneta, minibús)	4,00-5,50	1,60-2,20	2-9 pasajeros ≤ 2 toneladas
Mediano publico (microbús)	7,00-7,50	2,20-2,30	17-21 pasajeros
Pesado publico (ómnibus)	12,50-13,00	2,50-2,60	50-55pasajeros
Pesado privado (volqueta, camión toyota, camión	7,00-8,50	2,20-2,40	4-6,44 toneladas

**Fuente: Manual de carreteras SIECA 2º Edición marzo 2004**

## 2.3 Parámetros fundamental de tráfico

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

Los parámetros considerados fundamentales son:

Volumen de tráfico

Velocidad de circulación

Densidad de tráfico

### 2.3.1 Volumen e Intensidad de tráfico

El volumen de tráfico vehicular se expresa generalmente en la cantidad de vehículos que pasan por la sección de una vía en un determinado periodo de tiempo, ese volumen de tráfico tiene características espaciales por ocupar un lugar y características temporales porque se observan en un tiempo establecido. El volumen que se determinase considera los que circulan en un solo sentido o en ambos sentidos.

La intensidad es la cantidad de vehículos que pasan en una fracción de hora donde el tráfico vehicular es más intenso.

La unidad del volumen es expresada en (veh/hr).

#### ❖ Volumen de tráfico promedio diario (TPD)

El volumen de tráfico promedio diario es el número total de vehículos que pasan durante 24 horas o días completos igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días del periodo se presentan los siguientes volúmenes de tráfico promedio diarios:

Trafico promedio diario anual

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

Trafico promedio diario mensual

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

Trafico promedio diario semanal

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

### ❖ Volumen de tráfico promedio horario (tph)

El volumen de tráfico promedio horario es el número total de vehículos que pasan por un punto en un periodo de tiempo, dividido entre el valor de ese periodo de tiempo en horas.

#### 2.3.1.1 Tipos de métodos de aforos de volúmenes

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

##### **El registro automático**

Es considerado en la mayoría de los aforos en que se requieren más de 12 horas de datos continuos del mismo lugar. Sirve además para determinar la variación horaria; en particular, seleccionar la hora de máxima demanda. Estos contadores 45 usan tubos neumáticos colocados sobre el camino, los cuales transmiten impulsos de aire generados por el paso de los vehículos por cada dos impulsos de aire. En su forma más simple, el aforo manual requiere a una persona con lápiz, anotando rayas en una hoja de campo, manejando los movimientos por dirección y por tipo de vehículo. En el registro se realiza un croquis del movimiento respecto la dirección del Norte. La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión. Se puede utilizar una descripción más detallada de los vehículos comerciales, por número de ejes y/o peso.

##### **Aforos manuales**

Los aforos manuales son realizados definiéndose puntos en la carretera o calle estudiada sobre la sección transversal de la misma, por la cual se debe realizar el conteo de vehículos que pasan en tiempos determinados horarios o diarios.

Para ello es necesario que el aforador tenga definido si el aforo solamente va a tener el objetivo de determinar cantidad o además de ello se va a determinar la composición vehicular o alguna característica especial que se requiera de la forma como por ejemplo la cantidad de vehículos públicos. Para realizar un aforo manualmente se debe preparar una planilla de campo un esquema de gabinete.

La periodicidad con que se debe realizarse los estudios, son estudios determinados o puntuales de un proyecto o son parte de un control permanente de tráfico lo ideal es estudiar los volúmenes de tráfico todos los días del año, y en los días por lo menos 12 a 15 horas al día sin embargo esto implica tener un buen equipo de aforadores y procesadores de datos lo cual no siempre es disponible en las instituciones relacionados a este tema, por ello se establece que para estudios cortos debe ser de 3 horas del día generalmente horas pico, horas críticas y durante tres meses, si se quiere acortar la duración de los registros a un mes se tendrá que aumentar las horas y días de aforo.

### **2.3.1.2 Composición del volumen**

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o, calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico.

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en vehículos livianos, medianos y de alto tonelaje o pesados, entendiéndose en livianos por automóviles, camionetas jeep y otros que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas.

Generalmente los medianos representados buses de mediano tonelaje como ser micros y camiones pequeños diferenciándose por la capacidad de pasajeros o carga que puedan transportar este tipo de vehículos.

En el tipo Pesados, se tendrá vehículos de alto tonelaje diferenciándose de acuerdo al número de ejes o ruedas y al tipo y cantidad de carga que puedan soportar.

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

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

### **2.3.1.3 Periodo de Aforo**

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

- a) Permanente
- b) Periódicos
- c) De tiempo específico

#### **a) Aforos permanentes**

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.

Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico.

Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

#### **b) Aforos periódico**

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes.

Se debe establecer que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores contables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

Estos recuentos periódicos se realizan en ciertas épocas del año y a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

### **c) Aforos de tiempo específico**

Son aquellos que se realizan en un determinado sector del trazo urbano generalmente entre 5 y 30 días las 24 horas y proyectarlas a volúmenes diarios mensuales y anuales.

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

### **2.3.2 Velocidad**

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, generalmente expresada en kilómetros por hora.

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte.

En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte.

A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.

Se sabe además por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las

demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad.

Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.

Finalmente, un factor que hace a la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fue diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

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

### **2.3.2.1 Tipos de Velocidades**

Existen diferentes tipos de velocidades entre las cuales las más importantes son:

- Velocidad de Punto
- Velocidad de Recorrido Total
- Velocidad de Crucero
- Velocidad Directriz O de Diseño
- Velocidad de Circulación Media

#### **Velocidad De Punto**

La velocidad de punto es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc.

La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en calles como en carreteras.

Al ser una velocidad que se considere en flujo libre eso no sería posible en espacios o distancias largas por ello que para su estudio se definen espacios o distancias pequeñas, en el caso de ciudades los espacios serán de 25, 50 o 100 metros y en el caso de carreteras los espacios serán de 100, 200 o 500 metros siempre y cuando no haya accesos de entrada y de salida.

La relación que nos permite determinar la velocidad de punto es la siguiente.

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

Donde:

VP = Velocidad de punto

d = Distancia de recorrido

t = Tiempo de recorrido

### **Velocidad de recorrido total**

Llamada también velocidad de viaje es la distancia que recorre desde el inicio hasta el final del viaje entre el tiempo total de recorrido correspondiente. El tiempo total de recorrido incluye los tiempos de demora ya sea por disminución de velocidad y paradas a causa del volumen de tráfico en circulación y los dispositivos de control.

Al realizar estudios de velocidad de recorrido total es necesario medir los tiempos de recorrido y de las demoras.

El estudio de estos tiempos se realiza con el siguiente propósito:

- Evaluar la eficiencia de una vía.
- Estimar el consumo de combustible.
- Determinar los lugares donde se retrasan más los vehículos y las causas de estos retrasos.

- Estos tiempos de recorrido se usan para tomar ciertas medidas de control en el tráfico como es prohibir los estacionamientos y coordinar señales.

### **Velocidad de cruceo**

Llamada también velocidad de marcha que resulta de dividir la distancia que recorre el vehículo entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Ese tiempo de marcha es un periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento y no así ese tiempo que se tiene debido a las paradas o esperas a causa de la existencia de semáforos.

Al realizar estudios de velocidad de cruceo nos determinan la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta.

### **Velocidad media temporal**

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos o un cierto grupo de vehículos, que pasan por una sección específica (punto) de una vía urbana o rural durante un intervalo de tiempo seleccionado. Por lo tanto, se tiene una distribución temporal de velocidades de punto.

Para datos de velocidades de punto no agrupados se tiene la siguiente expresión que se define como:

$$Vt = \frac{\sum_{i=1}^n Vi}{n}$$

Donde:

Vt = Velocidad media temporal

Vi = Velocidad del vehículo i

n = Número total de vehículos observados

Para datos de velocidades de punto agrupados se tiene

$$Vt = \frac{\sum_{i=1}^m Vi * ji}{n}$$

Donde:

$m$  = Número de grupos de velocidad

$f_i$  = Número de vehículos en el grupo de velocidad  $i$

$V_i$  = Velocidad de punto del grupo  $i$

### **Velocidad de proyecto**

Llamada también velocidad directriz es la seleccionada para proyectar las características físicas de una vía que influyen en el movimiento de los vehículos. La velocidad de proyecto es la velocidad máxima a la cual los vehículos individuales pueden circular en un tramo de vía.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la categoría de la futura vía, de la magnitud del volumen de tráfico, de la topografía de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de los recursos económicos (a mayor velocidad mayor costo de la obra).

Al proyectar un tramo de una vía es conveniente, aunque no siempre factible mantener un valor constante para la velocidad de proyecto. Pero debido a los cambios de topografía que se presentan, se pueden usar diferentes velocidades de proyecto para distintos tramos.

#### **2.3.2.2 Métodos de medición de velocidad:**

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene.

Método del cronómetro

Método del radar métrico

#### **Método del cronómetro**

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, uno a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida.

Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este

método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

**Figura Nro. 7 Cronometro**



**Fuente:** <https://www.google.com/searchsource>

### **Método de radar métrico**

Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así la-, velocidades de punto.

Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año.

En la hora de estudio se determinará una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo, hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio.

Se utiliza 6 horas diferentes del día.

**Figura Nro. 8 Radar métrico**

**Fuente:** <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images>

### **2.3.3 Densidad**

Se entiende por densidad de tráfico al número de vehículos que ocupan un tramo de una calle o carretera de longitud dada. Cuya relación es directamente proporcional al volumen de tráfico e inversamente proporcional a la velocidad que imprimen los vehículos. Se suele expresar en vehículos/kilómetros. El valor máximo de la densidad tiene lugar cuando todos los vehículos están en fila sin espaciamento entre ellos y lógicamente depende de la longitud media de los vehículos.

Es difícil medir directamente la densidad en el campo, pues es necesario contar con un punto elevado desde donde se pueda fotografiar, video filmar, o divisar tramos de vía de longitud significativa.

Sin embargo, se puede calcular a través de la velocidad media de recorrido y de la intensidad de circulación, que son de más sencilla medición, a partir de la fórmula:

$$I = V * d$$

Donde:

I= Intensidad de circulación, en veh/h

V= Velocidad media de recorrido, km/h

$d$  = Densidad, en veh/km

La densidad es un parámetro crítico en la descripción de las operaciones de tráfico.

Describe la proximidad entre los vehículos, y refleja la libertad de maniobra dentro de la corriente de tráfico.

### **2.3.3.1 Determinación de la densidad**

La densidad se puede determinar mediante la siguiente correlación que se lo conoce como la ecuación fundamental del tráfico vehicular, se lo expresa de la siguiente manera:

$$V = v * k$$

Dónde:

$V$  = Volumen (Veh/Hr)

$v$  = Velocidad (Km/Hr)

$k$  = Densidad (Veh/Km)

### **2.3.4 Capacidad**

Se define a la capacidad vehicular como el número de vehículos máximo que pasa por una sección de una calle o carretera en un periodo de tiempo que puede ser normalmente horario o diario y que razonablemente puede esperarse que pasen por dicho tramo de camino o calle, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico. Por lo general la unidad de tiempo será una hora y al referirse a la capacidad, deben manifestarse las condiciones del camino y del tráfico a las cuales corresponde esa capacidad.

El intervalo de tiempo utilizado en la mayoría de los análisis de capacidad es de 15 minutos, debido a que se considera que éste es el intervalo más corto durante el cual puede presentarse un flujo estable.

#### **2.3.4.1 Análisis de capacidad**

La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas) y de los factores de tráfico (factores de reducción), como son los de giros (izquierda, derecha), estacionamiento, vehículos pesados y de paradas antes o después de la intersección, que influirán sobre la capacidad real del tráfico. Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión de a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

Vías Ininterrumpidas

Vías Interrumpida

### **Vías ininterrumpidas**

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

### **Vías interrumpidas**

Las vías interrumpidas son aquellas que llevan con frecuencia elementos de interrupción a la circulación del tráfico como vienen a ser las intersecciones en un trazado urbano por lo que su aplicación está más dirigida al área urbana. Los factores que se pueden considerar como elementos de interrupción del tráfico son: Semáforos en intersecciones. Agentes de tránsito en intersecciones. Cruces de peatones. Detención de vehículos. Presencia de paradas de vehículos de transporte público. Por lo general no se hacen estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de un camino. Más bien se trata de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien el volumen admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué volúmenes y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del camino. En función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir un camino y se le conoce como el Volumen de Servicio. Este volumen va aumentando a medida que el nivel

de servicio va siendo de menor calidad, hasta llegar al nivel “E”, o Capacidad del camino. Más allá de este nivel se registran condiciones más desfavorables, por ejemplo, con nivel “F”, pero no aumenta el volumen de servicio, sino que disminuye.

### **Factores de influencia**

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

- ❖ Vehículos pesados
- ❖ Movimientos de giro (izquierda y derecha)

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

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

### **2.3.5. Determinación de la capacidad en vías interrumpidas con el método HCM 2000**

Para la determinación de la capacidad en calles se ha establecido a partir de innumerables estudios que los lugares más críticos son los accesos de las intersecciones y es ahí donde se debe determinar la capacidad que se presentará a la capacidad de las calles. El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

Determinación de la capacidad teórica.

Determinación de la capacidad práctica.

Determinación de la capacidad real.

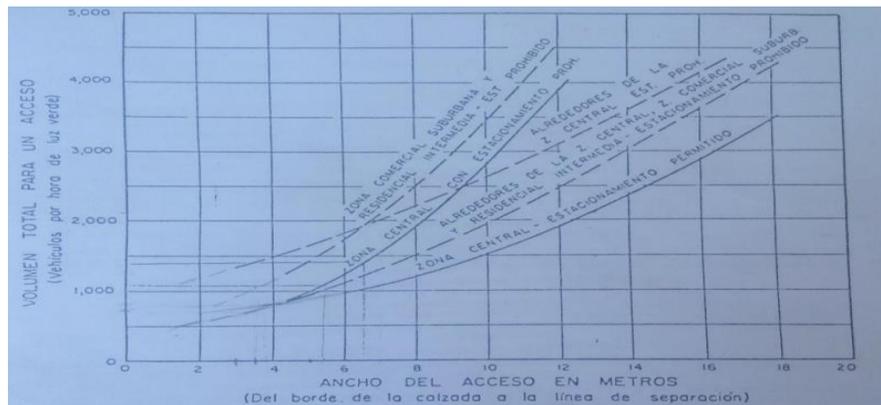
### **Capacidad teórica**

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

### El ancho de acceso

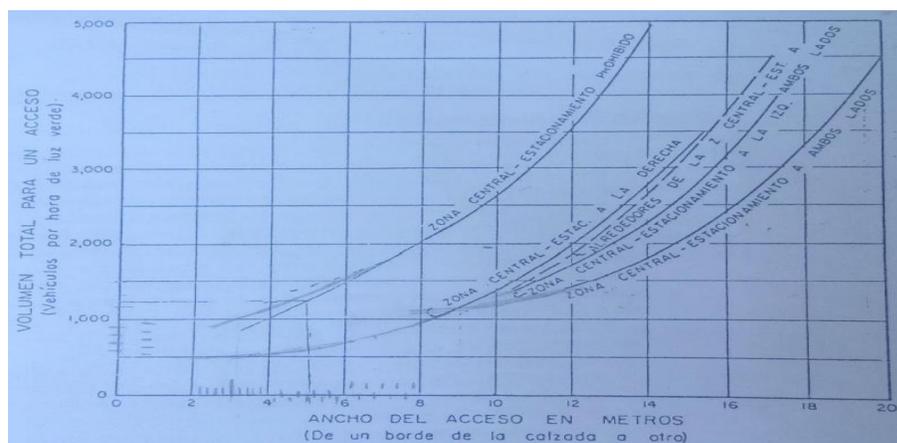
Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener un acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica. Tomando éste factor se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

**Figura Nro. 9 Capacidad ideal para acceso de dos sentidos**



**Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito – Guido Radelat**

**Figura Nro. 10 Capacidad ideal para acceso de un solo sentido**



**Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito – Guido Radelat**

### **Capacidad práctica**

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

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

$$C_{\text{pract}} = C_{\text{Teorica}} * 0.9$$

### **Capacidad real**

La condición particular de cada acceso hace que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores reducción que está dada por una metodología ya establecida. Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierda, giros derecha, paradas antes o después de la intersección, estacionamiento, etc.

### **Factores de reducción**

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y éstos son: Giros, (izquierda, derecha). Estacionamiento. Vehículos Pesados. Paradas antes y después de la intersección. La metodología que sigue para determinar los factores reducción en las siguientes:

#### **Por giros**

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

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

La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20% del tránsito total.

### **Por Paradas**

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

### **Por estacionamiento**

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

### **Por vehículos pesados**

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

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

$$C_{\text{real}} = C_{\text{prac}} * f_{\text{VP}} * f_{\text{GI}} * f_{\text{GD}} * f_{\text{p}}$$

Donde:

$f_{\text{VP}}$  = Factor de vehículos pesados

$f_{\text{GI}}$  = Factor por giro izquierdo

$f_{\text{GD}}$  = Factor por giro derecho

$F_{\text{p}}$  = Factor por paradas

### **2.3.6. Niveles de servicio**

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

De acuerdo al manual de Capacidades de carretera de 1985, Special Report 209, del TRB14, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España<sup>49</sup>, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.

### Nivel de servicio A

**Figura Nro. 11 Nivel de servicio A**



**Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)**

Se define a una condición de flujo libre con volúmenes bajos y altas velocidades. Ninguna restricción para realizar maniobras y los conductores pueden mantener las velocidades deseadas, con poco o ningún retraso.

### Nivel de servicio B

**Figura Nro. 12 Nivel de servicio B**



**Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)**

Es aquel que tiene flujo estable con velocidades de operación que empiezan a verse algo restringido. Los conductores tienen todavía una razonable libertad para seleccionar su velocidad y carril de circulación.

### **Nivel de servicio C**

**Figura Nro. 13 Nivel de servicio C**



**Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)**

Este nivel todavía está en la zona de flujo estable pero las condiciones y la maniobrabilidad están más controladas a causa de los mayores volúmenes. La mayoría de los conductores ven restringida su libertad de elegir su propia velocidad, cambio de carril o sobrepaso. Sin embargo, todavía se obtiene una velocidad de operación relativamente satisfactoria. Este nivel de servicio ha sido asociado a los volúmenes de servicio usados en la práctica para diseño.

### **Nivel de servicio D    Figura Nro. 14 Nivel de servicio D**



**Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)**

Se acerca a un flujo inestable manteniendo las velocidades de operación tolerables.

Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones pueden causar caídas de las velocidades de operación. Los conductores tienen poca facilidad para maniobrar y poco confort.

### **Nivel de servicio E**

**Figura Nro. 15 Nivel de servicio E**



**Fuente: Manual de capacidad de carreteras de los Estados Unidos (HCM-2004)**

Se acerca más al flujo inestable con velocidades menores que el nivel D con lúmenes cercanos a la capacidad de la carretera. El flujo es inestable y puede haber detenciones de duración momentánea.

### **Nivel de servicio F**

**Figura Nro. 16 Nivel de servicio F**



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

Define una operación forzada del flujo a baja velocidad donde los volúmenes están por debajo de la capacidad estas condiciones son las resultantes de colas de vehículos detrás de una restricción de maniobras. En el límite tanto la velocidad como el volumen pueden bajar a 0 creándose el congestionamiento.

### 2.3.7 Determinación de la capacidad y nivel de servicio

Para determinar el nivel de servicio, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección, para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección, esta relación es el volumen sobre la capacidad ( $V/C$ ), valor con el que se ingresa a la tabla para calcular el nivel de servicio.

**Tabla Nro. 6 Nivel de servicio**

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Descripción del flujo de tránsito</b>
A	Flujo libre
B	Flujo estable
C	Flujo estable
D	Próximo al flujo inestable
E	Flujo inestable
F	Flujo forzado

**Fuente: Materia Ingeniería de Tráfico – CIV 611**

### 2.4 Señalización vial

Debido al constante incremento del parque vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos sistemas de control de tráfico con el objeto: De reducir el número de accidentes De mejorar la seguridad del usuario De dar mayor comodidad al usuario Para lograr estos objetivos básicos el conductor deberá conocer el significado de la señalización vial para actuar en consecuencia

Las señales de tránsito son aquellos carteles que pululan en cantidades por calles, rutas y caminos, entre otros y que tienen la finalidad de ordenar el tránsito vehicular, la circulación de peatones, de motociclistas y de ciclistas, entre otros.

Las señales de tráfico orientan a los conductores de los distintos tipos de vehículos, pero también a los peatones. La información que proporcionan resulta imprescindible para que el tránsito sea seguro, fluido y ordenado. Las señales de tránsito o viales, también llamadas de tráfico, son imágenes puestas en carteles en la vía pública, cuyos símbolos tienen un significado especial. Estas tienen diferentes colores y formas. El significado de cada una de éstas es alertar al peatón o conductor a tomar precauciones o a alertar a este sobre las situaciones que se dan en la vía pública.

### **2.4.1 Señales**

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

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal.

#### **2.4.1.1 Señalización vertical**

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas. De acuerdo con la función que cumplen, las señales verticales se clasifican en:

#### **Señales preventivas**

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

### 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 y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

### Señales informativas

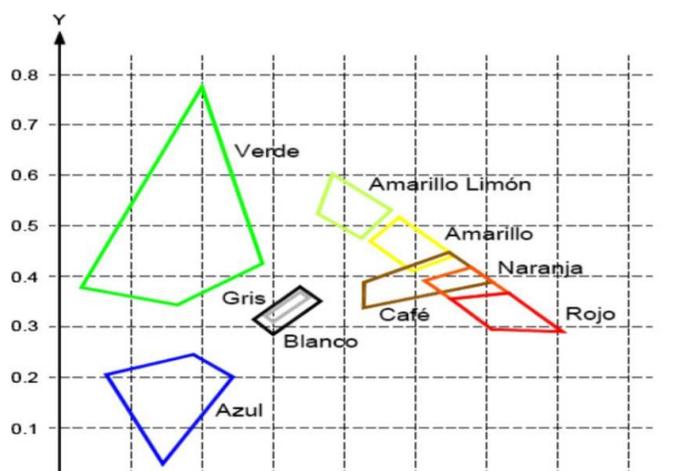
Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

#### ❖ Color y retroreflectancia

Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación debe ser acorde con lo establecido en el manual de la ABC, para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando éste se acerque a la señal a alta velocidad.

Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas acordes con lo especificado en el manual de la ABC.

**Figura Nro. 17 Diagrama cromático cie 1931, para señales verticales**



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

### ❖ **Tableros**

Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio, de acuerdo con las especificaciones fijadas en el presente Manual.

### ❖ **Estructuras de soporte**

Tan importante como la ubicación de una señal vertical, es la sustentación de la placa, la que debe mantenerse estable para diferentes condiciones climáticas, además de acciones vandálicas que pudieren modificar su correcta posición

### ❖ **Señales preventivas**

#### **a). Objetivo**

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

#### **b). Forma**

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente.

#### **c). Color**

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. Para el caso de este tipo de señales, todos los elementos, tales como; fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con un nivel de retrorreflexión mínimo.

#### **d). Ubicación**

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, CURVA PRONUNCIADA DERECHA (SP 4) o PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (SP 16), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como CRUCES o BIFURCACIONES (SP 18 a SP 30).

Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior (distancia = tiempo x velocidad máxima), no pudiendo ser dicha distancia menor a 50 m. Estas pueden ser ajustadas, hasta en un 20%, dependiendo de factores tales como: geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito y otros.

**Figura Nro. 18 Señales preventivas**



**Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”**

### ❖ Señales reglamentarias

#### a). Objetivo

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 del tránsito y acarrea las sanciones previstas en la Ley.

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Estas señales se identifican con el código SR.

#### b). Forma

En general, su forma es circular y sólo 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 octagonal
- SR - 02 CEDA EL PASO, cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo
- SR-38 y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de forma rectangular.

### c). Color

Los colores utilizados en estas señales son los siguientes: Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro.

Las excepciones a esta regla son:

- ❖ SR-01: PARE, cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco
- ❖ SR-38 y SR-39: TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas.
- ❖ SR 40 a la 43: SEÑALES DE PASO OBLIGADO Y CICLOVÍA, serán de fondo azul y símbolo blanco.

**Figura Nro. 19 Señales reglamentarias**



Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”

### **2.4.1.2 Señalización horizontal**

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

La demarcación mediante líneas de pista, de eje y de borde otorga un mensaje continuo al usuario, definiendo inequívocamente el espacio por el cual debe circular, otorgando al conductor la seguridad de estar transitando por el espacio destinado para tal efecto. Por el contrario, la ausencia de demarcación, genera comportamientos erráticos e inesperados en los conductores.

De acuerdo con la función que cumplen, las demarcaciones se clasifican en:

- ❖ **Líneas longitudinales:** Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.
- ❖ **Líneas transversales:** Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.
- ❖ **Símbolos y leyendas:** Los 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 y leyendas como LENTO, entre otras.
- ❖ **Otras demarcaciones:** Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distancia, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

#### **2.4.2.1 Líneas longitudinales**

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

sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

#### 2.4.2.2 Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

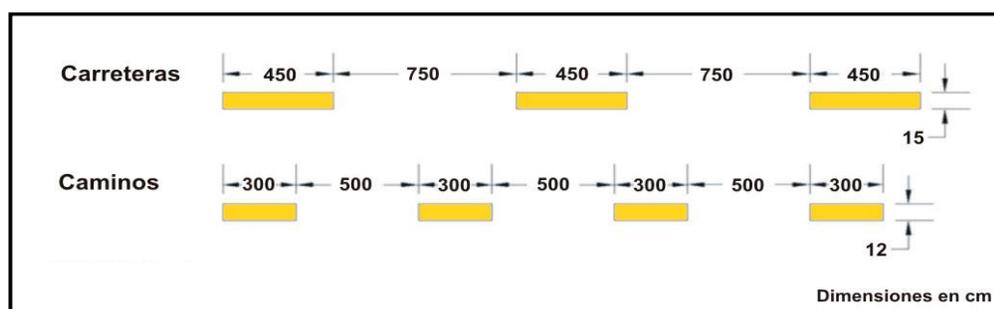
Las líneas de eje central pueden ser: segmentadas, continuas dobles o mixtas.

##### a). Línea amarilla discontinua

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

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

**Figura Nro. 20 Diseño línea discontinua**



**Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”**

##### b). Línea amarilla continua

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

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

### c). Línea blanca continua

Como ya se ha indicado, la línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Acorde a lo anterior, la línea continua se utiliza para:

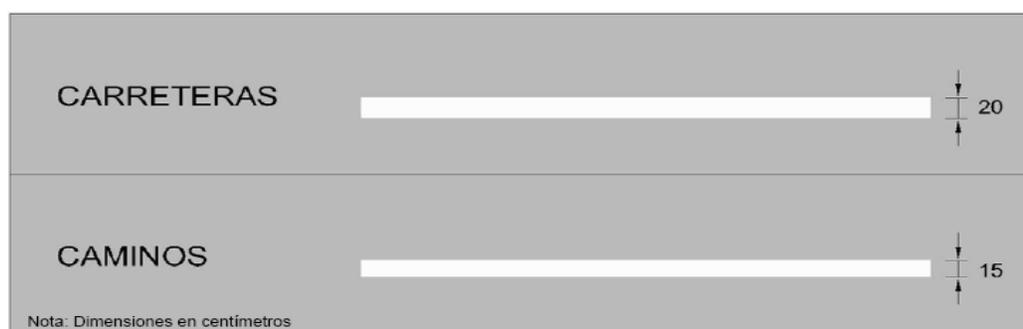
#### ➤ Demarcar la separación de carriles

De un mismo sentido de flujo en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en cruces controlados por las señales estáticas “CEDA EL PASO” o “PARE” y en cruces controlados por señales dinámicas “SEMAFORO”, en una longitud de 20 metros medidos desde la línea de detención.

Para velocidades menores a 60 km/hr. El ancho de la línea continua será de 12 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15 cm.

**Figura Nro. 21 Dimensiones de marcación continua**



**Fuente: “Manual de dispositivos de control de tránsito”**

## CAPÍTULO III

### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### 3.1 Descripción del área de proyecto

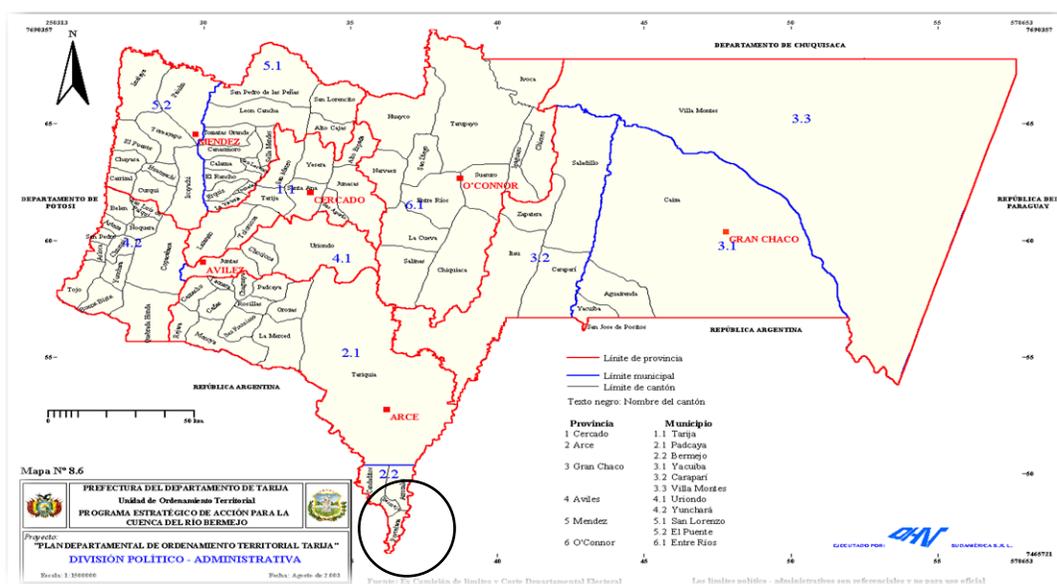
##### 3.1.1 Localización del proyecto

##### 3.1.1.1 Ubicación de Bermejo a nivel nacional

El Municipio de Bermejo se constituye en la capital de la segunda sección de la Provincia Arce, está ubicado al extremo sur del departamento de Tarija, rodeado en su parte sur-este y sur-oeste por el río Bermejo y Grande de Tarija respectivamente. Bermejo, se encuentra a 206 km. de la ciudad de Tarija Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 22°35'24'' – 22°52'09'' de latitud sur y 64°26'30' – 64°14'16'' de longitud oeste y una altitud media de 419 msnm.

La imagen siguiente, muestra un mapa referencial donde se ubica la zona de influencia directa del proyecto ZID en el contexto departamental. La zona de Influencia Indirecta se define por la zona sureste del municipio de Bermejo.

**Figura Nro. 22 Ubicación del proyecto (Mapa referencial)**



**Fuente: PDM - Bermejo**

### 3.1.1.2 Acceso a la zona de proyecto

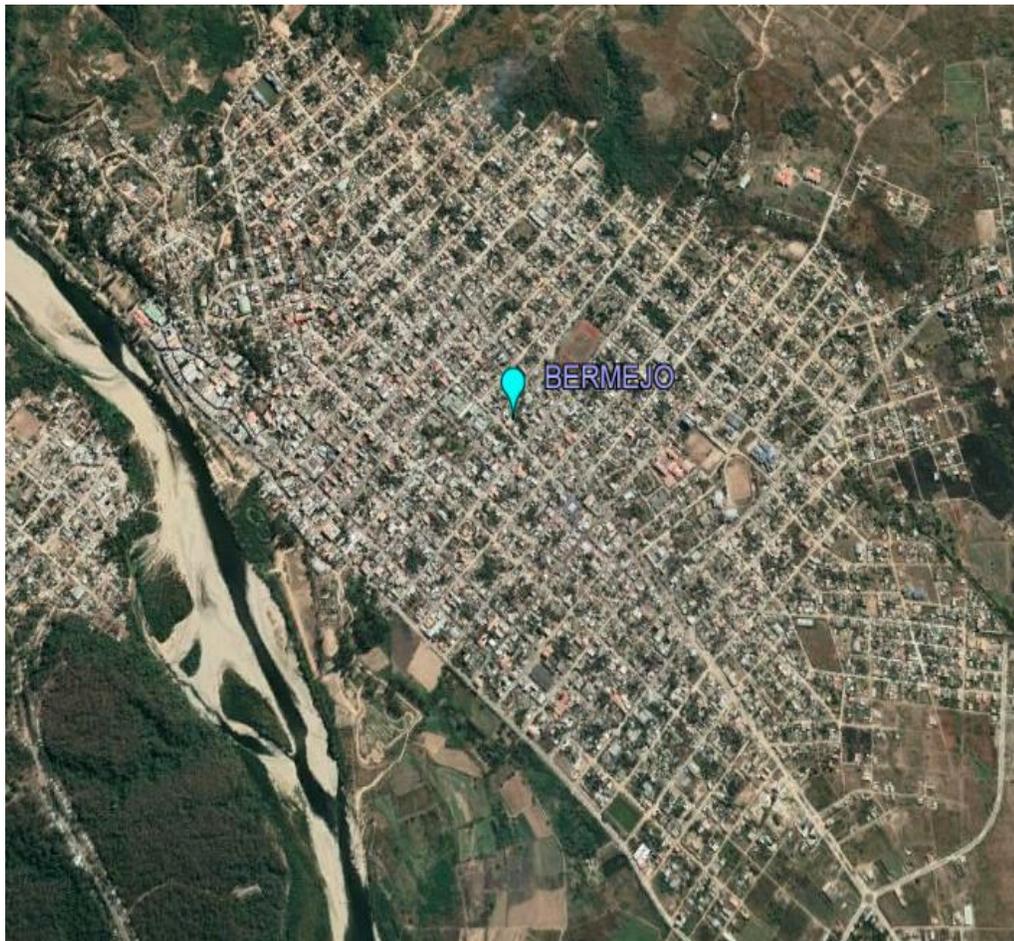
La localización de los puntos de inicio y final del tramo de estudio se encuentra en la vía principal de acceso a la entrada del municipio de Bermejo, con las siguientes coordenadas.

**Tabla Nro. 7 Localización geográfica de la Avenida Petrolera**

Longitud de tramo	Latitud sur	Longitud oeste	altitud (msnm)
Inicio de tramo	22°44'07.48"	64°20'43.64"	412
Final de tramo	22°43'50.62"	64°21'02.71"	409

**Fuente: Elaboración propia**

**Figura Nro. 23 Vista de la ciudad de Bermejo**



**Fuente: Elaboración Gloogle Earth**

**Figura Nro. 24 Vista de lugar de emplazamiento del tramo de estudio**



**Fuente: Elaboración Gloogle Earth**

### **3.2 Características del área de estudio**

El lugar de estudio está ubicado en la ciudad de Bermejo en diferentes intersecciones que se tomó para el estudio del tráfico, lo cual ayudará a ver el comportamiento y la fluidez con que circula los vehículos del transporte público y privado por cada punto de la vía, viendo la distribución de velocidades a lo largo del tramo de recorrido como también de cada punto estudiado. Para poder realizar el estudio de tráfico se buscó zonas específicas para el respectivo estudio, los cuales serán medidos en horas pico, los puntos de aforo fueron distribuidos por diferentes sectores de la ciudad de Bermejo, puntos que están encontrados en toda la avenida Petrolera con intersecciones con la avenida Barrientos Ortuño, Pasaje 7 de diciembre, calle José Yache, Pasaje Héroe del Pacifico y la Calle Colorados de Bolivia como también en la Calle Colorados de Bolivia que contempla 8 intersecciones ya mencionados anteriormente, de esa manera verificar la calidad y eficacia del tránsito a lo largo de su ruta.

### **3.3 Estudio del tráfico en el área de estudio**

Se realizó el estudio de velocidades de circulación en las distintas intersecciones específicas y tramos.

#### **3.3.1 Procedimiento de medición de velocidad de punto**

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico se estableció el área donde se generan mayor congestamiento y demoras de circulación en la avenida Petrolera, respectivamente en cinco intersecciones de zonas más congestionadas de la zona de estudio. Para proceder a desarrollar el aforo de los vehículos se desarrolló por el método manual, lo primero que se hará es el conteo de todos los vehículos que circulan por dichas calles de la ciudad desde las 07 am hasta las 21 pm para poder ver a qué horas del día se generarían el mayor movimiento de los vehículos para poder tener conocimiento de las horas pico y consecuentemente los días picos de la semana. El aforo de velocidad de punto del transporte público y privado que se realizara en los puntos específicos, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará en cada punto de aforo, tomando las mediciones respectivas de los distintos vehículos que pasan por dichos puntos de estudio anotando en planillas. La información que se recopilara es clasificada por cada acceso y sentidos de circulación de llegada a los puntos estudiados. A través del procedimiento de la norma Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), los periodos de aforo de velocidades son de 1 mes, 3 días a la semana por 3 horas al día, de los cuales son 2 días hábiles de lunes a viernes y 1 día no hábil sábado o domingo durante 1 mes en horarios picos. Para realizar la medición el observador se ubicó en el tramo central entre cada acceso que llegaba a la intersección, la distancia que se tomó fueron de 25 metros de distancia en la avenida de estudio, lo cual se hizo la medición de la distancia con la ayuda de una cinta métrica, teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de los automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda cronometrar los tiempos de cada uno de los vehículos. La medición de las velocidades de los vehículos se realizó tomando 5 vehículos, un vehículo cada 5 minutos por hora que pasan por la calle en estudio que se encuentran en circulación, que fue aplicado en el punto donde el flujo sea libre sin interferencias de demoras.

El dato obtenido se llevará a una hoja de cálculo la cual nos servirá para analizar los resultados obtenidos y así mostrarnos el comportamiento de los vehículos en la avenida de estudio y poder así ver la calidad de circulación con la que cuenta la vía, frente a diversos factores de tráfico, que provocan congestión.

### 3.3.2 Ubicación de puntos de estudio

Para el respectivo estudio del tráfico vehicular en la avenida Petrolera zona las chalanas de la ciudad de Bermejo se tomaron puntos específicos siendo éstos los siguientes:

**Tabla Nro. 8 Ubicación de los puntos de estudio**

	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>
<b>Nro.</b>	<b>Av. Petrolera</b>	<b>Calle Colorados de B.</b>
	<b>Intersección</b>	
1	Av. Barrientos Ortuño	Calle 23 de Marzo
2	Pasaje 7 de Diciembre	Calle Antofagasta
3	Calle José Yache	Calle 27 de Mayo
4	Pasaje Héroes del Pacifico	Av. 21 de Diciembre
5	Calle Colorados de Bolivia	Calle Pedro Domingo Murillo
6		Calle José Yache
7		Calle Chuquisaca
8		Av. Barrientos Ortuño

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.3.3 Aforo de volúmenes

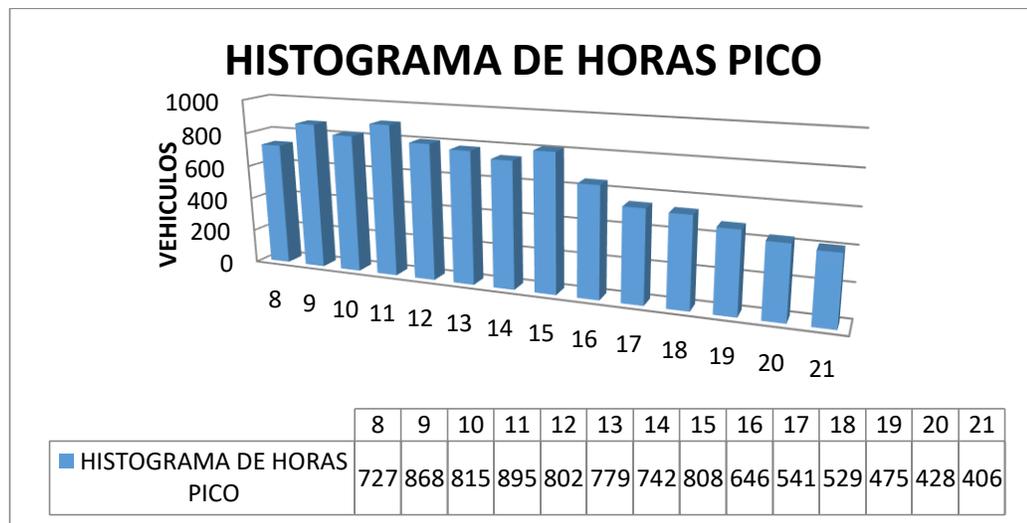
#### 3.3.3.1 Aforos de volúmenes de un día para ver las horas pico

Se realizó el aforo de un día desde las 7 de la mañana hasta las 9 de la noche en el tramo de la avenida Petrolera de la ciudad de Bermejo. Aforando los vehículos que circulan por ese tramo de avenida, determinaremos la cantidad de vehículos por hora para graficar en un histograma y establecer las horas pico del día de dicha avenida, del cual se eligió las que tenían mayor cantidad de vehículos por hora, mediante ese criterio obtendremos las tres horas pico del día, para todos los puntos ya mencionados y así realizar el estudio de velocidades.

**Tabla Nro. 9 Resumen de horario de volúmenes**

horas		Sentido A volumen( Veh)	Sentido B volumen( Veh)	Total
7	8	362	365	727
8	9	449	419	868
9	10	426	389	815
10	11	438	457	895
11	12	453	349	802
12	13	447	332	779
13	14	412	330	742
14	15	396	412	808
15	16	329	317	646
16	17	260	281	541
17	18	253	276	529
18	19	231	244	475
19	20	205	223	428
20	21	197	209	406

Fuente: Elaboración propia

**Figura Nro. 25 Horas pico de los aforos en la Av. Petrolera de la ciudad de Bermejo**

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Aforos de velocidad de punto de vehículos

Para proceder a la medición de las velocidades de punto en la zona de estudio, se realizó de la siguiente manera, primero se realizó la medición de la distancia de un punto a otro, en la intersección donde se tenía menos afluencia vehicular sin ningún tipo de obstrucciones, se tomó la distancia de 25 metros en la avenida de estudio; luego se controló el tiempo en que tarda en pasar el vehículo por esa distancia medida, registrando 1 vehículo por cada 5 minutos que pasaban por cada acceso, lo cual en la hora se aforo 5 vehículos.

Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico (08:00 – 09:00, 10:00 – 11:00 y 14:00 – 15:00) de un día completo, tres días de la semana para tener de una semana completa, eso lo hice durante las 4 semanas para completar el mes, en las horas pico ya establecidas.

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

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

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de recorrido (h)

Se obtuvo los datos de medición de tiempos en todos los puntos, y se determinó las velocidades del transporte público como privado tanto de ida como de vuelta se encuentra en anexo 3.

**Figura Nro. 26 Sentido A y B de la Av. Petrolera (intersección entre José Yache – Pje. 7 de diciembre).**



**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 10 Velocidad de punto sentido A**

<b>Resumen (Km/Hrs)</b>				
<b>Dia</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana3</b>	<b>Semana 4</b>
Miercoles	17.77	18.5	12.11	18.92
Jueves	15.38	16.41	16.39	15.63
Sabado	18.63	18.26	18.72	19.09
<b>Media</b>	<b>17.26</b>	<b>17.72</b>	<b>15.74</b>	<b>17.88</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 11 Velocidad de punto sentido B**

<b>Resumen (Km/Hrs)</b>				
<b>Dia</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
Miercoles	16.19	19.29	12.58	18.19
Jueves	17.3	18.69	20.45	17.68
Sabado	17.57	19.05	19.09	19.6
<b>Media</b>	<b>17.02</b>	<b>19.01</b>	<b>17.37</b>	<b>18.49</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 12 Velocidad de punto sentido A Calle Colorados de B.**

<b>Resumen (Km/Hrs)</b>				
<b>Dia</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
Miercoles	26.93	25.64	26.98	27.04
Jueves	27.27	27.74	27.73	26.9
Sabado	26.32	27.26	26.56	26.89
<b>Media</b>	<b>26.84</b>	<b>26.88</b>	<b>27.09</b>	<b>26.94</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 13 Velocidad de punto sentido B Calle Colorados de B.**

<b>Resumen (Km/Hrs)</b>				
<b>Dia</b>	<b>Semana 1</b>	<b>Semana 2</b>	<b>Semana 3</b>	<b>Semana 4</b>
Miercoles	26.25	25.74	26.31	26.39
Jueves	26.15	25.48	26.6	26.21
Sabado	25.7	26.42	26.11	26
<b>Media</b>	<b>26.03</b>	<b>25.88</b>	<b>26.34</b>	<b>26.2</b>

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.5 Aforos de velocidad de recorrido total en la en el tramo de estudio (avenida petrolera)**

Para hacer el respectivo estudio estableceremos el tramo considerado por donde circularan los vehículos del transporte público ya que estos son los que por una parte congestionan la zona por las paradas. Para la medición de velocidad de recorrido total del transporte público, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará adentro del micro, el periodo de aforo es durante un mes, tres veces a la semana, y en las tres horas pico, primeramente se obtuvo los tiempos de recorrido del tramo, los que a su vez están asociados con los tiempos de circulación y los tiempos de demora, el tiempo de circulación se lo obtiene cuando el vehículo está en movimiento, que es lecturado mediante un cronometro. De igual manera mediante un cronometro

obtuvimos la información de los tiempos de demora que se registró cuando el flujo de tránsito es detenido o forzado, ya sea por el tráfico, cuando suben o bajan los pasajeros y por las paradas respectivamente, la duración de los tiempos de recorrido se mide en unidades de tiempo. Una vez obtenido los tiempos de circulación, se procede a determinar la distancia de la ruta por donde circula los micros en nuestro caso tiene un alcance de 1040 m, de una vuelta completa (de ida como de vuelta) mediante herramientas que nos permitan determinarla, de esa manera relacionar con los tiempos de circulación y obtener la velocidad media de recorrido total para establecer la calidad de flujo. La relación que se utiliza para determinar la velocidad de recorrido total es:

$$V_{Rt} = \frac{d}{t_c + t_d}$$

Donde:

$V_{Rt}$  = Velocidad de recorrido (km/h)

$d$  = Distancia de recorrido total (km)

$t_c$  = Tiempo de circulación (h)

$t_d$  = Tiempo de demora (h)

**Tabla Nro. 14 Velocidad de recorrido total media mensual sentido A y B Zona 1 Av.  
Petrolera L= 1040 m**

<b>Velocidad de recorrido Km/hrs</b>		
<b>Horas</b>	<b>Sentido A</b>	<b>Sentido B</b>
<b>8:00 - 9:00</b>	<b>11.87</b>	<b>12.26</b>
<b>10:00 - 11:00</b>	<b>9.59</b>	<b>10.7</b>
<b>14:00 - 15:00</b>	<b>10.63</b>	<b>10.09</b>

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 15 Velocidad de recorrido total media mensual sentido A y B Zona 2 C.****Colorados de Bolivia L=830.18 m**

<b>Velocidad de recorrido Km/hrs</b>		
<b>Horas</b>	<b>Sentido A</b>	<b>Sentido B</b>
<b>8:00 - 9:00</b>	20.8	19.85
<b>10:00 - 11:00</b>	20.33	19.83
<b>14:00 - 15:00</b>	20.1	20.05

**Fuente: Elaboración propia****3.6 Afors de velocidad de crucero**

Para hacer el respectivo estudio estableceremos el área de la ruta por donde circula las líneas del transporte público en la ciudad de Bermejo respectivamente de todas las líneas de micros que pasan por el lugar. Para la medición de velocidad de crucero del transporte público, el método con que se procedió para la medición es el método manual por lo que una persona estará adentro del micro, el periodo de aforo es durante un mes, tres veces a la semana, y en las tres horas pico, en los tiempos de recorrido del tramo, solo se obtiene el tiempo de circulación cuando el vehículo está en movimiento mediante un cronometro anotando en planillas y expresada en unidades de tiempo, por lo que no se toma en cuenta todos aquellos tiempos en los que el vehículo estuvo detenido. Una vez obtenido los tiempos de circulación, se procede a determinar la distancia de la ruta por donde circula los micros, de una vuelta completa (de ida como de vuelta) mediante herramientas que nos permitan determinarla, de esa manera relacionar con los tiempos de circulación y obtener la velocidad media de crucero. La velocidad de crucero viene expresada de la siguiente manera:

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

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de recorrido (h)

**Tabla Nro. 16 Velocidad de cruceo sentido A y B Zona 1 Av. Petrolera L= 1040 m**

<b>Velocidad de recorrido km/hr</b>		
<b>Horas</b>	<b>Sentido A</b>	<b>Sentido B</b>
<b>08:00 - 09:00</b>	15.77	14.59
<b>10:00 - 11:00</b>	14.66	15.1
<b>14:00 - 15:00</b>	14.96	14.57

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla Nro. 17 Velocidad de cruceo sentido A y B Zona 2 C. Colorados de Bolivia  
L=830.18 m**

<b>Velocidad de recorrido km/hr</b>		
<b>Horas</b>	<b>Sentido A</b>	<b>Sentido B</b>
<b>08:00 - 09:00</b>	23.73	23.46
<b>10:00 - 11:00</b>	23.49	23.64
<b>14:00 - 15:00</b>	24.13	23.86

**Fuente: Elaboración propia**

### **3.7 Capacidad vehicular**

#### **Cálculo de capacidad**

El cálculo de cada una de las capacidades de los puntos más críticos, se realizó con el método HCM 2000 del manual de los EEUU de vías interrumpidas, para cada intersección debido a que todos los estudios realizados de cálculos de capacidades en nuestro país fueron calculados con este método; ya que todavía no contamos con un manual de cálculo de capacidades para vías interrumpidas en nuestro medio. Con ese método se analizó cada punto fijado como análisis, que nos servirá para el cálculo del nivel de servicio con el cual cuentan las vías. Se tomará en cuenta el % de vehículos pesados, si existe parada antes y después de la intersección, si existe estacionamiento en cada intersección para el cálculo de la capacidad.

### 3.7.1 Cálculo de la capacidad sentido A

#### 3.7.1.1 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Avenida Barrientos Ortuño

##### Sentido A

Datos:

Volumen de circulación 411 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 6.51 m

Zona central con estacionamiento prohibido

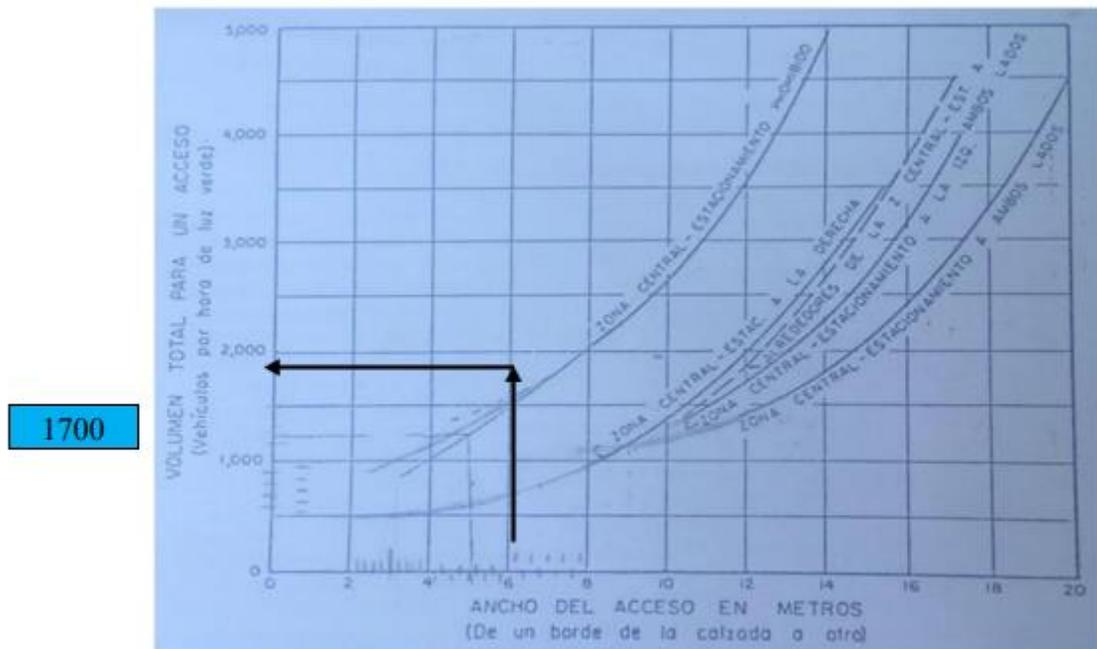
Parada antes de la intersección

% giro derecho:

% giro izquierdo:

% Vehículos pesados: 1.23 %

Figura Nro. 27 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Manual de Ingeniería de Transito – Guido Radelat

Capacidad teórica según ábaco                    1700    Veh/hrs

**Capacidad Practica:**

$$C. practica = C. teorica * 0.9$$

C.practica=        1530    Veh/hrs

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.23 \quad \%$$

**Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:**

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0.988 \quad \%$$

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0.900 \quad \%$$

**Capacidad real**

$$Cap Real = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

Cap Real=        1360    Veh/hrs

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

Volumen horario                                    411    Veh/hrs.

$$\frac{V}{C} = 0.302$$

**Cálculo del nivel de servicio**

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Tabla Nro. 18 Factor de carga

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	$\leq 0.1$
B	Flujo estable	$\leq 0.3$
C	Flujo estable	$\leq 0.5$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0.7$
E	Flujo inestable	$\leq 1.0$
F	Flujo forzado	$> 1.0$

Fuente: Materia Ingeniería de Tráfico – CIV 611

Nivel de servicio: C Es un flujo de tránsito estable

### 3.7.1.2 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Calle José Yache

DATOS:

Volumen de circulación 413 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 4.84 m

Zona central con estacionamiento prohibido

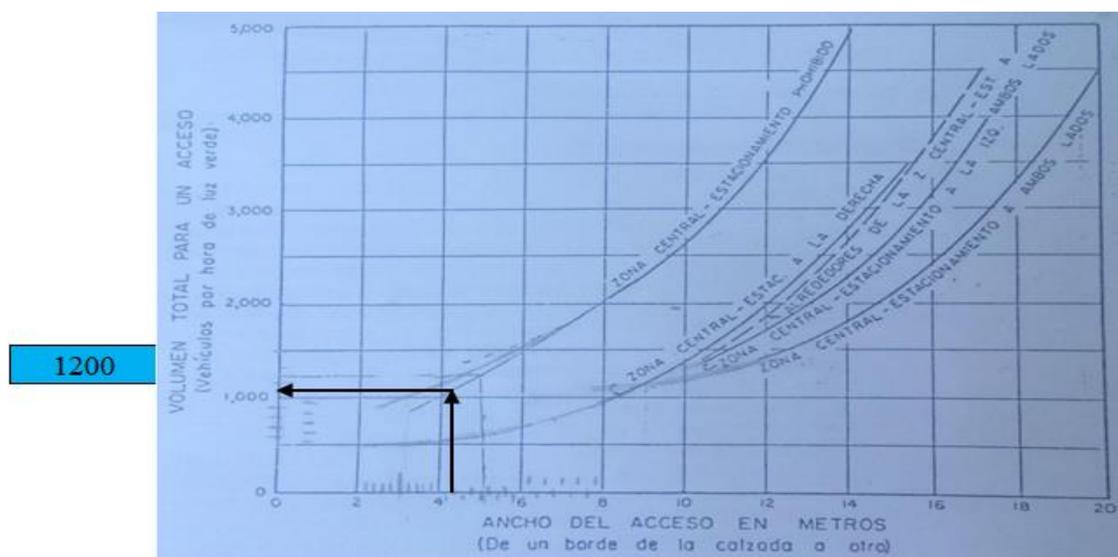
Parada antes de la intersección

% giro derecho: 4.3 %

% giro izquierdo: %

% Vehículos pesados: 1.13 %

Figura Nro. 28 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco                      1200      Veh/hrs

**Capacidad Practica:**

$$C. practica = C. teorica * 0.9$$

C.practica=      1080      Veh/hrs

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP= 1.13 \quad \%$$

**Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:**

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP= 1.000 \quad \%$$

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP= 0.000 \quad \% \quad \text{no existe}$$

**Factor de reducción por giro derecha**

$$FGD= 1 - 0.5 * \frac{\%GD-10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD= 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD= 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad FGD= 0.979 \quad \%$$

**Capacidad real**

$$Cap Real = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap Real= 1057 \quad Veh/hrs$$

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

Volumen horario                                      413      Veh/hrs.

$$\frac{V}{C} = 0.391$$

### Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

**Nivel de servicio: C Es un flujo de tránsito estable**

#### 3.7.1.3 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Pasaje Héroes del Pacifico

Datos:

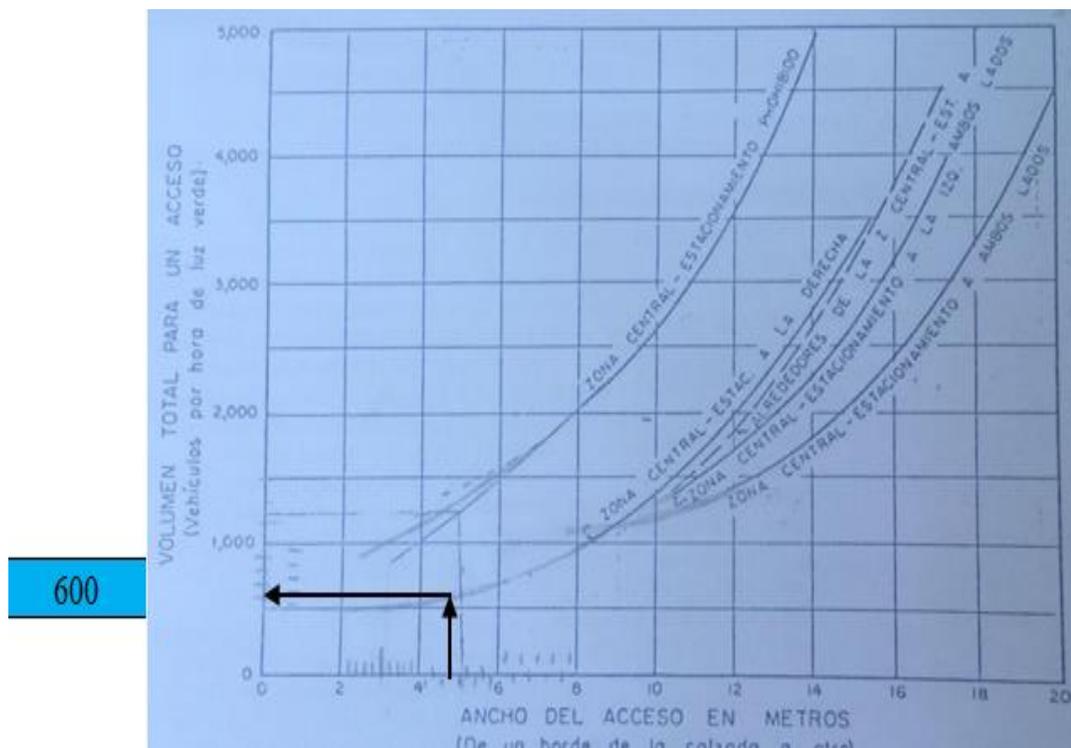
Volumen de circulación 395 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 4.76 m

Zona central con estacionamiento a la derecha

% Vehículos pesados: 1.22 %

**Figura Nro. 29 Abaco de capacidad teórica**



**Fuente: Elaboración propia**

Capacidad teórica según ábaco                      600      Veh/hrs

**Capacidad Practica:**

$$C.\text{practica} = C.\text{teorica} * 0.9$$

C.practica=            540      Veh/hrs

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.22 \quad \%$$

**Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:**

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

FVP=            0.988      %

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

FVP=            0.900      %

**Capacidad real**

$$\text{Cap Real} = C_{\text{Prac}} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_P$$

Cap Real=            480      Veh/hrs

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

Volumen horario                                      395      Veh/hrs.

$$\frac{V}{C} = 0.823$$

**Cálculo del nivel de servicio**

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

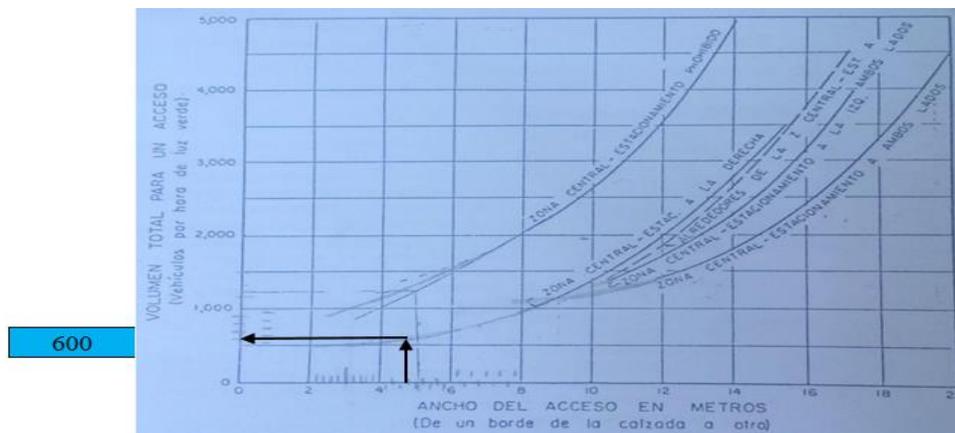
**Nivel de servicio: E    Es un flujo de transito inestable**

### 3.7.1.4 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Calle Colorados de Bolivia

#### DATOS:

Volumen de circulación	421	Veh/hrs.
Ancho de acceso :	4.76	m
Zona central con estacionamiento a la derecha		
Parada antes de la intersección		
% giro derecho:	29.6	%
% giro izquierdo:		%
% Vehículos pesados:	1.12	%

Figura Nro. 30 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco                      600        Veh/hrs

#### Capacidad Practica:

$$C. practica = C. teorica * 0.9$$

$$C. practica = 540 \quad Veh/hrs$$

#### Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.12 \quad \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0.989 \quad \%$$

#### Factor por paradas antes de la intersección

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FP = 0.900 \quad \%$$

### Factor de reducción por giro derecha

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGD = 1 - 0.5 * \frac{\%GD - 10}{100} \quad FGD = 0.902 \quad \%$$

### Capacidad real

$$Cap \text{ Real} = CPrac * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$Cap \text{ Real} = 433 \quad \text{Veh/hrs}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 421 \quad \text{Veh/hrs.}$$

$$\frac{V}{C} = 0.971$$

### Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

**Nivel de servicio: E Es un flujo de transito inestable**

### 3.7.2 Calculo de la capacidad sentido B

#### 3.7.2.1 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Calle Colorados de Bolivia

DATOS:

Volumen de circulacion 480 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 4.85 m

Zona central con estacionamiento a la derecho

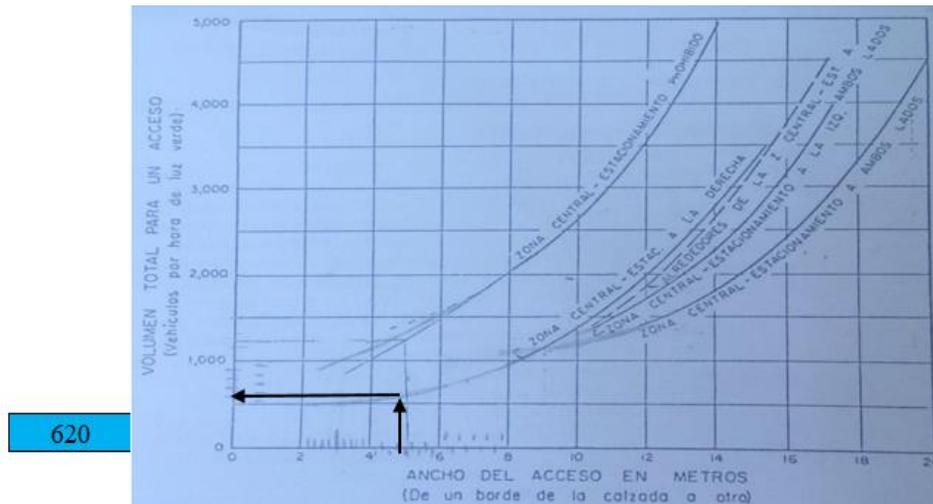
Parada antes de la interseccion

% giro derecho: %

% giro izquierdo: 10.49 %

% Vehiculos pesados: 1.39 %

Figura Nro. 31 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco                      620            Veh/hrs

**Capacidad Practica:**

$$C.\text{practica} = C.\text{teorica} * 0.9$$

$$C.\text{practica} = 558 \quad \text{Veh/hrs}$$

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.39 \quad \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0.986 \quad \%$$

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FP = 0.900 \quad \%$$

**Factor de reducción por giro izquierdo**

$$FGI = 1 - \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GD - 10}{100} \quad FGI = 0.995 \quad \%$$

**Capacidad real**

$$\text{Cap Real} = C_{\text{Prac}} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_P$$

$$\text{Cap Real} = 493 \quad \text{Veh/hrs}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 480 \quad \text{Veh/hrs.}$$

$$\frac{V}{C} = 0.974$$

**Cálculo del nivel de servicio**

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

**3.7.2.2 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – calle José Yache**

DATOS:

Volumen de circulación 424 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 4.85 m

Zona central con estacionamiento a la derecha

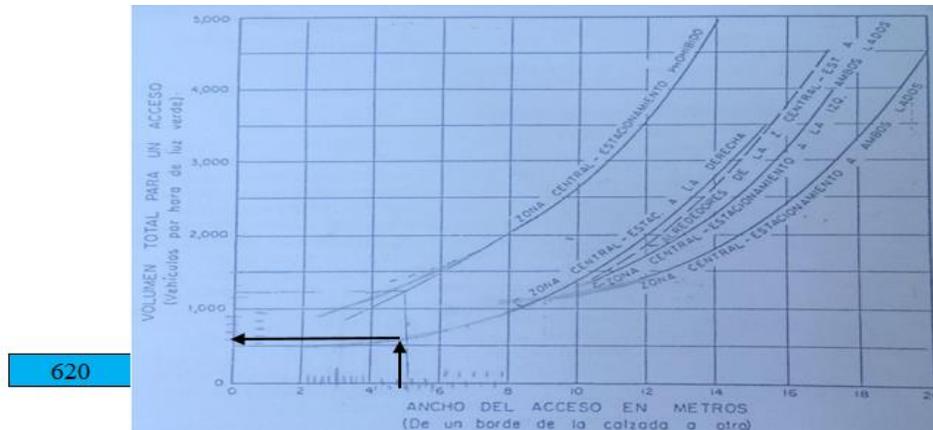
Parada antes de la intersección

% giro derecho: %

% giro izquierdo: 4.91 %

% Vehículos pesados: 1.41 %

Figura Nro. 32 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco                      620            Veh/hrs

**Capacidad Practica:**

$$C.\text{practica} = C.\text{teorica} * 0.9$$

$$C.\text{practica} = 558 \quad \text{Veh/hrs}$$

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.41 \quad \%$$

**Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:**

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0.986 \quad \%$$

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0.900 \quad \%$$

### Factor de reducción por giro izquierda

$$FGI = 1 - \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI}{100}$$

$$FGI = 0.951 \quad \%$$

### Capacidad real

$$\text{Cap Real} = C_{\text{Prac}} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_P$$

$$\text{Cap Real} = 471 \quad \text{Veh/hrs}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 424 \quad \text{Veh/hrs.}$$

$$\frac{V}{C} = 0.901$$

### Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

**Nivel de servicio: E Es un flujo de tránsito inestable**

#### 3.7.2.3 Cálculo de la capacidad Avenida Petrolera – Avenida Barrientos Ortuño

DATOS:

Volumen de circulación 437 Veh/hrs.

Ancho de acceso : 6.6 m

Zona central con estacionamiento prohibido

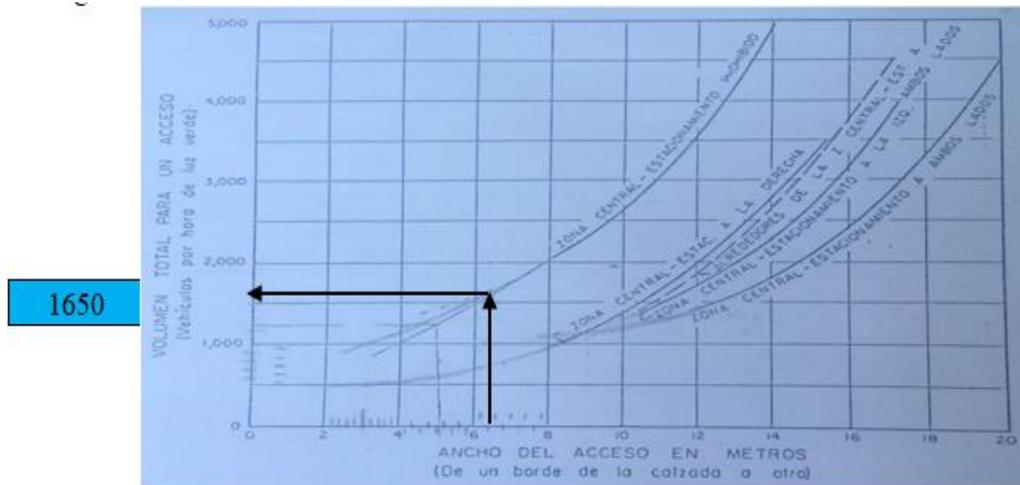
Parada antes de la intersección

% giro derecho:

% giro izquierdo: 55.92 %

% Vehículos pesados: 1.45 %

Figura Nro. 33 Abaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

**Capacidad Practica:**

$$C.\text{practica} = C.\text{teorica} * 0.9$$

$$C.\text{practica} = 1485 \quad \text{Veh/hrs}$$

**Factor de reducción por vehículos pesados:**

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 1.45 \quad \%$$

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$FVP = \frac{100 - VP}{100}$$

$$FVP = 0.986 \quad \%$$

**Factor por paradas antes de la intersección**

$$FP = 1 - \frac{10\%}{100\%}$$

$$FVP = 0.000 \quad \% \quad \text{no existe}$$

**Factor de reducción por giro izquierda**

$$FGI = 1 - \frac{\%GI - 10}{100} \quad \text{para \% de giro mayor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI}{100} \quad \text{para \% de giro menor a 10\%}$$

$$FGI = 1 - \frac{\%GI - 10}{100}$$

$$FGI = 0.541 \quad \%$$

**Capacidad real**

$$\text{Cap Real} = \text{CPrac} * fVp * fGI * fGD * fP$$

$$\text{Cap Real} = 791 \quad \text{Veh/hrs}$$

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

$$\text{Volumen horario} = 437 \quad \text{Veh/hrs.}$$

$$\frac{V}{C} = 0.552$$

**Cálculo del nivel de servicio**

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

**Nivel de servicio: D** Es un flujo de tránsito próximo a flujo inestable

**3.8 SemafORIZACIÓN****3.8.1 Zona 1 Av. Petrolera sentido A****SemafORIZACION**

**Sentido A:**

**Av. Petrolera - AV. Barrientos Ortuño**

**Datos:**

V <sub>a</sub> =	411	veh/hrs
V <sub>b</sub> =	251	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 0.61 T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 25.45 \longrightarrow \mathbf{26} \text{ seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{15} \text{ seg}$$

### Av. Petrolera - Calle Jose Yache

#### Datos:

Va=	413	veh/hrs
Vb=	424	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 1.03 T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 20.23 \longrightarrow \mathbf{21} \text{ seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{20} \text{ seg}$$

### Av. Petrolera - Calle Colorados de Bolivia

#### Datos:

V <sub>a</sub> =	421	veh/hrs
V <sub>b</sub> =	219	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 0.52 \quad T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 26.97 \quad \rightarrow \quad \mathbf{27} \quad \text{seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{14} \quad \text{seg}$$

### 3.8.2 Zona 1 Av. Petrolera sentido B

#### Semaforizacion

Sentido B:

**Av. Petrolera - Calle Colorados de Bolivia**

**Datos:**

V <sub>a</sub> =	480	veh/hrs
V <sub>b</sub> =	268	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 0.56 T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 26.31 \longrightarrow \mathbf{27} \text{ seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{14} \text{ seg}$$

### Av. Petrolera - Calle Jose Yache

#### Datos:

Va=	424	veh/hrs
Vb=	413	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 0.97 T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 20.77 \longrightarrow \mathbf{21} \text{ seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{20} \text{ seg}$$

### Av. Petrolera - Calle Barrientos Ortuño

#### Datos:

V <sub>a</sub> =	437	veh/hrs
V <sub>b</sub> =	258	veh/hrs
T ciclo=	45	seg
T ida=	2	seg
T vuelta=	2	seg

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} + T_{\text{amarillo ida}} + T_{\text{amarillo vuelta}}$$

$$T_{\text{verde}} + T_{\text{rojo}} = 41 \quad \text{Ec...1}$$

$$\frac{V_a * T_{\text{amarillo ida}}}{T_{\text{verde}}} = \frac{V_b * T_{\text{amarillo vuelta}}}{T_{\text{rojo}}}$$

$$T_{\text{rojo}} = 0.59 T_{\text{verde}} \quad \text{Ec...2}$$

Reemplazando ecuacion 2 en 1

$$T_{\text{verde}} = 25.78 \longrightarrow \mathbf{26} \text{ seg}$$

$$T_{\text{rojo}} = \mathbf{15} \text{ seg}$$

### 3.9 Estacionamiento

#### 3.9.1 Zona 1 Av. Petrolera para diferentes periodos

##### Calle Colorados de bolivia - Calle Jose Yache

##### Semana1

##### Miercoles de 8 a 9 a.m

#### Datos:

L tramo=	453.36	m	
L casilla=	6	m	Largo de vehiculo de carga (vehiculo mediano)
I=	1		Indice de Ocupacion
V=	116	veh	Volumen de vehiculos estacionados

$$\text{Oferta del tramo} = \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} - 2 = 73.56 \longrightarrow \mathbf{74} \text{ casillas}$$

$$\text{Oferta} = \text{Nro}_{\text{casillas}} * I_{\text{ocupacion}} = \mathbf{74} \text{ casillas}$$

$$\text{Demanda} = \text{Nro}_{\text{veh estacionados}} * I_{\text{ocupacion}} = \mathbf{116} \text{ casillas}$$

### Demanda Futura

#### Para periodo de 5 años

$$n = 5 \text{ años}$$

$$D_f = \text{Nro}_{\text{veh estacionados}} * (1+0.05)^{n*I} \quad 148.05 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{149}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{33} \text{ casillas}$$

#### Para periodo de 10 años

$$n = 10 \text{ años}$$

$$D_f = \text{Nro}_{\text{veh estacionados}} * (1+0.05)^{n*I} \quad 188.95 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{189}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{73} \text{ casillas}$$

#### Para periodo de 20 años

$$n = 20 \text{ años}$$

$$D_f = \text{Nro}_{\text{veh estacionados}} * (1+0.05)^{n*I} \quad 307.78 \quad \longrightarrow \quad \mathbf{308}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{192} \text{ casillas}$$

### 3.9.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia para diferentes periodos

#### Calle Chuquisaca - Calle Jose Yache

#### Semana 1

#### Miercoles de 8 a 9 a.m

#### Datos:

L tramo=	172.42 m	estacionamiento sentido A y B
L casilla=	4.2 m	Largo de vehiculo (vehiculo Liviano)
I=	1	Indice de Ocupacion
V=	36 veh	Volumen de vehiculos estacionados

$$\text{Oferta del tramo} = \frac{L_{\text{tramo}}}{L_{\text{casilla}}} = 39.05 \longrightarrow \mathbf{40} \text{ casillas}$$

$$\text{Oferta} = N_{\text{ro casillas}} * I_{\text{ocupacion}} = \mathbf{40} \text{ casillas}$$

$$\text{Demanda} = N_{\text{ro veh estacionados}} * I_{\text{ocupacion}} = \mathbf{36} \text{ casillas}$$

#### Demanda Futura

#### Para periodo de 5 años

$$n = 5 \text{ años}$$

$$D_f = N_{\text{ro veh estacionados}} * (1+0.05)^n * I = 45.95 \longrightarrow \mathbf{46}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{10} \text{ casillas}$$

#### Para periodo de 10 años

$$n = 10 \text{ años}$$

$$D_f = N_{\text{ro veh estacionados}} * (1+0.05)^n * I = 58.64 \longrightarrow \mathbf{59}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{23} \text{ casillas}$$

#### Para periodo de 20 años

$$n = 20 \text{ años}$$

$$D_f = N_{\text{ro veh estacionados}} * (1+0.05)^n * I = 95.52 \longrightarrow \mathbf{96}$$

$$\text{Incremento de casilla} = \mathbf{60} \text{ casillas}$$

## 3.10 Presupuesto general del proyecto

Tabla Nro. 19 Presupuesto general

Ítem	Descripción	Unidad	Cant.	P.U. (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1	Replanteo Y Trazado	pza	12	53.44	641.28
2	Limpieza Y Preparación De La Zona A Pintar	pza	12	30.74	368.88
3	Demarcado Y Pintado De Señalización Horizontal	m2	1011.84	91.8994	92987.49
4	Señalización Verticales	pza	11	1055.36	11608.96
5	Excab. Y Cimentacion De Postes (Semaforizacion)	pza	13	3341.53	43439.89
6	Inst. De Postes Dee Cañ.Galv.6" C/Simple S/Prov.	pza	8	1773.54	14188.32
7	Inst. De Postes Dee Cañ.Galv.6" C/Doble S/Prov.	pza	5	2497.03	12485.15
8	Inst. De Gab. De Cont. Y Control De Semaforo	pza	13	336.895	4379.64
9	Prov. E Inst. De Modulo Semaforo Veh. Led 3X300 Mm	pza	18	157.51	2835.18
10	Prov. Y Coloc. Placa De Contraste Cabezal 3X300 Mm	pza	18	122.51	2205.18
11	Prov. Y Coloc. Gabinete + Controlador Elec 5 Fases	pza	13	20954.58	272409.54
12	Prov. Y Colocacion Cable 4 X 1.5 Mm	ml	360	15.62	5623.2
13	Prov. Y Colocacion Cable 7 X 1.5 Mm	ml	180	25.15	4527
14	Prov. Y Colocacion Cable 12 X 1.5 Mm	ml	90	48.985	4408.65
15	Apertura De Acera De Hormigon E=10 Cm	m2	370.36	136.505	50555.99
16	Limpieza General De La Obra Y Desmobilizacion	glb	1	3463.17	3463.17
			<b>Precio total (Numeral)</b>		<b>526127.52</b>

Fuente: Elaboración propia

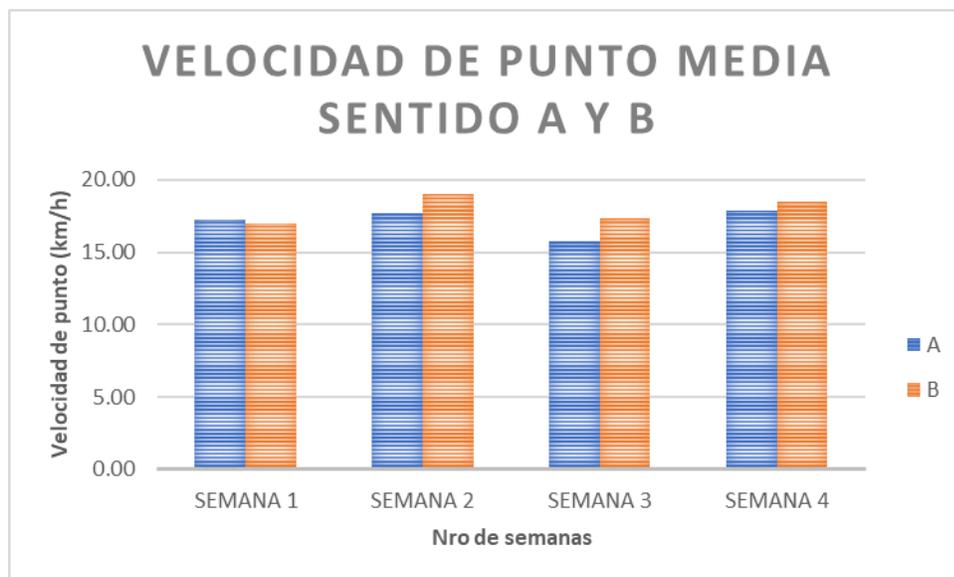
### 3.11 Análisis de resultados

Con el transcurso del tiempo, el aumento explosivo de la población y con ello el nacimiento de barrios, urbanizaciones, se tiene como consecuencia el incremento del parque automotor en el sector, tanto de servicio público como del servicio privado ocasionando congestión del tráfico vehicular por las arterias de nuestra ciudad en las horas pico por la cual se hace necesario realizar un análisis de la velocidad del transporte urbano. Primero se presenta el análisis de la velocidad de punto.

#### 3.11.1 Velocidad de punto

##### 3.11.1.1 Zona 1 Av. Petrolera

**Figura Nro. 34 Velocidad de punto sentido A y B**



**Fuente: Elaboración propia**

A través del gráfico se observa la velocidad promedio de punto del transporte público y privado del tramo Av. Petrolera entre Pasaje 7 de diciembre y José Yache. Analizando los resultados de las velocidades de puntos del sentido A y B se puede verificar que el congestionamiento tanto en el sentido A como en sentido B son similares habiendo una variación no tan disparado, este congestionamiento es debido al poco ancho de calzada, el estado en que se encuentra la superficie del pavimento y estacionamientos en lugares

no permitidos de esa manera disminuyendo la capacidad de la vía, provocando congestamiento vehicular y colas que se forman en la avenida petrolera, especialmente por la circulación de los vehículos medianos privados ya que son los vehículos que llevan y descargan toda clase de mercadería.

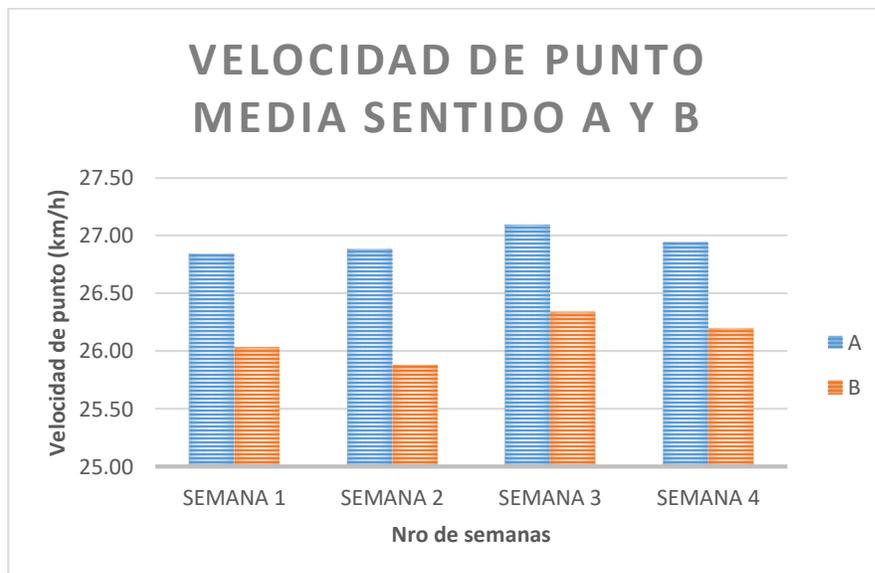
**Figura Nro. 35 Vehículos que más producen congestamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

### 3.11.1.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia

**Figura Nro. 36 Velocidad de punto sentido A y B**



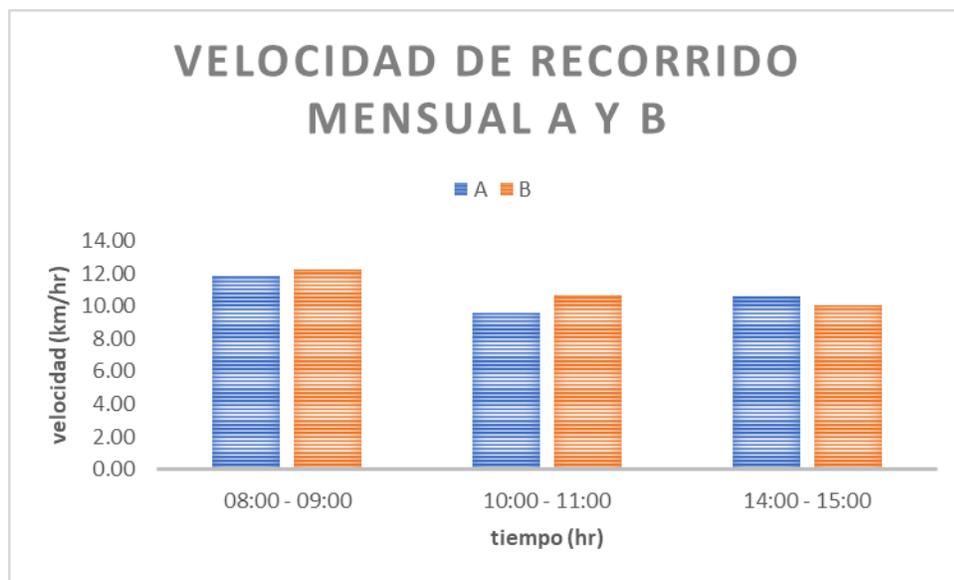
**Fuente: Elaboración propia**

**Análisis comparativo.** Como se puede visualizar en los gráficos las velocidades de punto de la zona 1 (Av. Petrolera) tiene mayor dificultad de tránsito en comparación con la Zona 2 (Calle Colorados de Bolivia. Quedando reflejado que en la calle colorados de Bolivia se tiene un libre flujo de tráfico vehicular.

### 3.11.2 Velocidad de recorrido total

#### 3.11.2.1 Zona 1 Av. Petrolera

**Figura Nro. 37 Velocidad de recorrido total mensual sentido A y B**



**Fuente: Elaboración propia**

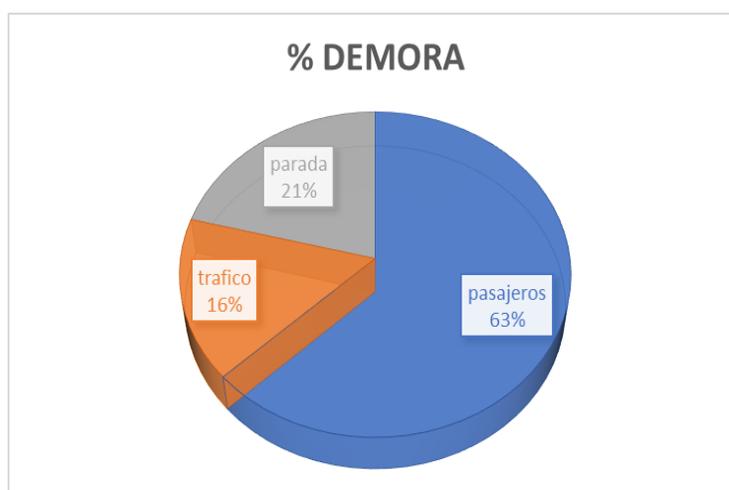
En el gráfico se puede identificar la velocidad de recorrido total de micros tanto en sentido A como B, observándose que son velocidades bajas debido a que los tiempos de circulación y tiempo de demoras están incluidos en la velocidad de recorrido total, provocando mayor tiempo de circulación y menor velocidad.

Mediante datos y gráficos se identifica las demoras y como actúa el congestionamiento en la velocidad de recorrido de transporte.

**Tabla Nro. 20 Porcentajes de demoras**

<b>Tipo de demora</b>	<b>% de demora</b>
Pasajeros	63
Trafico	16
Parada	21
Total	100

**Fuente: Elaboración propia**

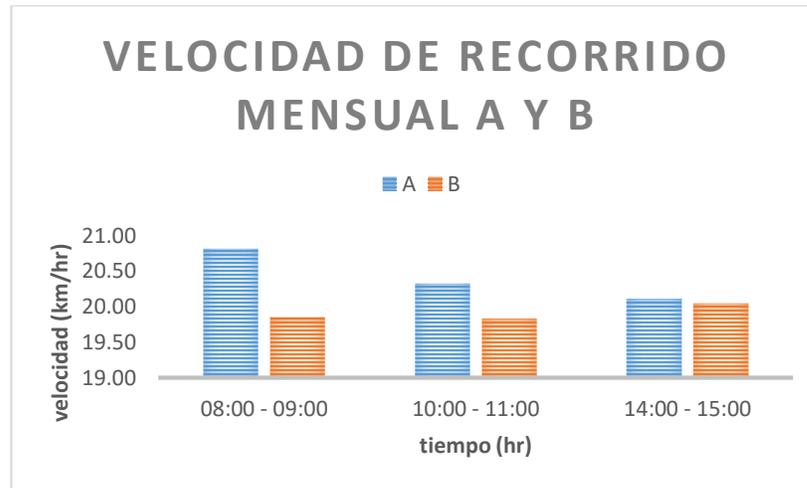
**Figura Nro. 38 Grafico de % de demora**

**Fuente: Elaboración propia**

Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de su ruta, tipo y magnitud de las demoras de tránsito expresada en horas, la calidad de flujo se mide por las velocidades de recorrido. Con estos datos se identifica los vehículos que ingresan a la avenida Petrolera tienden a tener mayor tiempo de demora y velocidades bajas a la vez provocando congestionamiento ya sea debido, al poco ancho de calzada, curvas cerradas, superficie del pavimento en mal estado o pendientes existentes. Observando el grafico se identifica que el tiempo de pasajero es donde se pierde más tiempo cuando circula el micro con un porcentaje del 63 %.

### **3.11.2.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia**

**Figura Nro. 39 Velocidad de recorrido total mensual sentido A y B**



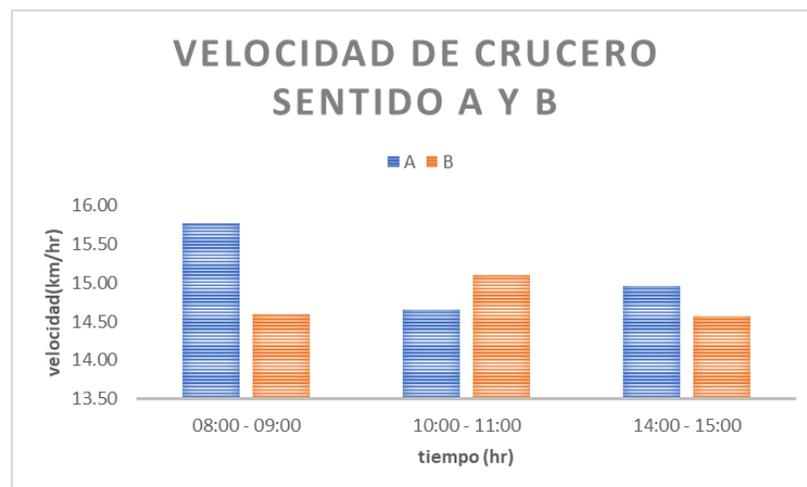
**Fuente: Elaboración propia**

**Análisis comparativo.** Realizando una comparación de velocidades de recorrido la Av. Petrolera con la Calle Colorados de Bolivia se puede observar que existe una gran diferencia de velocidades, esto es debido a que en la calle colorados de Bolivia debido a que el estacionamiento es libre ya que no es una zona comercial siendo un tránsito de flujo libre.

### 3.11.3 Velocidad de crucero

#### 3.11.3.1 Zona 1 Av. Petrolera

**Figura Nro. 40 Velocidad de crucero sentido A y B**

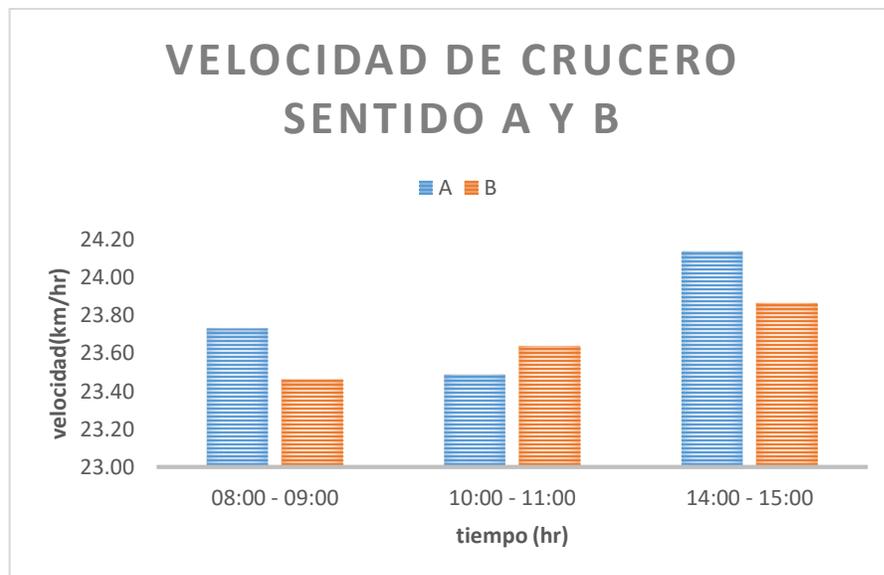


**Fuente: Elaboración propia**

La velocidad de cruceo se lo consideran tomando toda la longitud del tramo de estudio (1040 m) al igual que el de la velocidad de recorrido total, utilizando la misma fórmula con la única diferencia que el de la velocidad de cruceo es consecuencia de la circulación en una distancia de recorrido donde existe tiempos de circulación y demoras tomando en cuenta solo el tiempo de circulación, dándonos como resultados velocidades menores en comparación con las velocidades de punto por considerar una circulación a flujo libre.

### 3.11.3.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia

**Figura Nro. 41 Velocidad de cruceo sentido A y B**



**Fuente: Elaboración propia**

La velocidad de cruceo de la zona 2 (Calle colorados de Bolivia) se tomó en cuenta una longitud de todo el tramo de 830.18 m concluyendo que tienen mayor capacidad de circulación que el de la Av. Petrolera.

### 3.12 Capacidad y nivel de servicio

#### 3.12.1 Nivel de servicio Zona 1 Av. Petrolera

**Tabla Nro. 21 Niveles de servicio sentido A y B**

Interseccion	Nivel de servicio sentido A				Nivel de servicio sentido B			
	Periodos (años)				Periodos (años)			
	actual	5	10	20	actual	5	10	20
Barrientos	C	C	C	C	D	D	D	E
Jose Yache	C	C	C	D	E	E	F	F
Colorados	E	E	E	F	E	F	F	F

**Fuente: Elaboración propia**

Como se puede visualizar la tabla adjuntada de la zona 1 Av. Petrolera el nivel de servicio que predomina en los puntos de intersecciones están entre los rangos C y F, o sea que se encuentre entre un rango de flujo ESTABLE a un flujo FORZADO, donde la mayor obstrucción predomina en la intersección Av. Petrolera – Colorados de Bolivia con un nivel de servicio E a tiempo actual y F proyectada a 20 años.

En la intersección crítica (Colorados de Bolivia) se nos presenta un nivel de servicio inestable con problemas de velocidades bajas y con detenciones de duraciones momentáneos.

#### 3.12.2 Nivel de servicio Zona 2 Calle Colorados de Bolivia

**Tabla Nro. 22 Niveles de servicio sentido A y B**

Interseccion	Nivel de servicio sentido A				Nivel de servicio sentido B			
	Periodos (años)				Periodos (años)			
	actual	5	10	20	actual	5	10	20
Barrientos	B	B	B	B	B	B	B	B
Chuquisaca	B	B	B	B	B	B	B	B
José Yache	B	B	B	B	B	B	B	B
Pedro Domingo Murillo	C	C	C	B	B	B	B	B
21 de Diciembre	A	B	B	A	A	A	A	B
27 de Mayo	B	B	B	B	B	B	B	B
Antofagasta	B	B	B	B	B	B	B	B
23 de Marzo	B	B	B	B	B	B	B	B

**Fuente: Elaboración propia**

Como se puede visualizar la tabla adjuntada de la zona 2 Calle Colorados de Bolivia el nivel de servicio que predomina en los puntos de intersecciones están entre los rangos A y C, o sea que se encuentre entre un rango de flujo LIBRE a un flujo ESTABLE

Esta zona de estudio el nivel de servicio nos determina que se encuentra en un flujo libre con volúmenes bajos y altas velocidades.

### **3.13 Análisis de resultado de semaforización**

#### **3.13.1 Zona 1 Av. Petrolera**

La semaforización de la zona 1 se las considero para 3 puntos críticos donde existían congestión vehicular: (intersección Av. Petrolera – Barrientos Ortuño. Av. Petrolera – Calle José Yache, Av. Petrolera – Calle Colorados de Bolivia).

**Tabla Nro. 23 Tiempo de fase del semáforo Av. Petrolera**

Intersección	Periodo	Tiempo (seg)		
		rojo	amarillo	verde
<b>Barrientos O.</b>	20	15	2	26
<b>José Yache</b>		20	2	21
<b>Colorados</b>		14	2	27

**Fuente: Elaboración propia**

Para el diseño de la ubicación de los semáforos de la zona 1 Av. PETROLERA se consideró para un periodo de 20 años considerando que es el más crítico de todo el periodo calculado.

Se tomará en cuenta el tiempo de fase verde mayor de los tres tramos estudiados ya que es el que absorbe a toda la intersección principal, pero desfavoreciendo a las calles secundarias.

### 3.13.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia

**Tabla Nro. 24 Tiempo de fase del semáforo Calle Colorados de Bolivia**

Intersección	Periodo	Tiempo (seg)		
		rojo	amarillo	verde
Barrientos O.	20	19	2	22
Chuquisaca		20	2	21
21 de Diciembre		19	2	22

**Fuente: Elaboración propia**

En este tramo se consideró como alternativa donde se realizó el análisis correspondiente de igual forma el diseño de semaforización considerando un periodo de 20 años como el más crítico de todo el estudio.

De igual forma se consideró el mayor tiempo de fase verde siendo el más crítico la intersección de la Calle Colorados de Bolivia – Av. 21 de diciembre.

### 3.14 Análisis de resultado de estacionamiento

#### 3.14.1 Zona 1 Av. Petrolera

**Tabla Nro. 25 Número de casillas de estacionamiento Av. Petrolera**

Horas de aforo	Demanda de casillas			
	Periodos (años)			
	actual	5	10	20
8:00-9:00	116	149	189	308
10:00-11:00	67	86	110	178
14:00-15:00	43	55	71	115
<b>Oferta</b>	74			

**Fuente: Elaboración propia**

Analizando el estudio de estacionamiento de la avenida Petrolera entre la intersección Colorados de Bolivia – calle José Yache la oferta de espacio para las horas 8:00 – 9:00 no satisface la demanda dando como soluciones apertura un lugar de parqueo para los vehículos que se dedican al negocio comercial, dicho parqueo podría ser ubicado a orillas de río Bermejo puesto que se cuentan con espacios considerables.

### 3.14.2 Zona 2 Calle Colorados de Bolivia

**Tabla Nro. 26 Demanda de casillas Calle Chuquisaca – José Yache**

Horas de aforo	Demanda de casillas			
	Periodos (años)			
	actual	5	10	20
<b>8:00-9:00</b>	36	46	59	96
<b>10:00-11:00</b>	24	31	40	64
<b>14:00-15:00</b>	16	21	27	43
<b>Oferta</b>	40			

**Fuente: Elaboración propia**

Asiendo el análisis para el tiempo actual se puede verificar que la oferta proporcionada satisface la demanda de casillas para el estacionamiento de vehículos, poniendo como sugerencia habilitar nuevas cuadras de parqueo para los periodos considerados.

### 3.15 Análisis de alternativa de solución para evitar el congestionamiento

#### 3.15.1 Redistribución de rutas de líneas del transporte público

En base al análisis y al diagnóstico realizado se procede a plantear soluciones al problema del transporte público urbano en la zona de estudio denominado las chalanas. Una vez visto todos los aspectos de circulación en los que está inmerso el transporte público y privado diremos que uno de los más importantes problemas es el congestionamiento que este provoca sobre todo en la Av. Petrolera ya que conlleva un alto volumen de tráfico por lo cual nuestra propuesta está basada en plantear soluciones basadas en la redistribución de los micros públicos. La redistribución de rutas de líneas de transporte público como también el reordenamiento de las vendedoras de comida rápida que se encuentran alrededor de la avenida petrolera son las soluciones de poder reducir y descongestionar el flujo vehicular de los mismos y uniformizar el flujo vehicular y peatonal en las zonas más congestionadas, en este caso es el tramo AVENIDA PETROLERA ENTRE LA CALLE COLORADOS DE BOLIVIA Y CALLE JOSÉ YACHE.

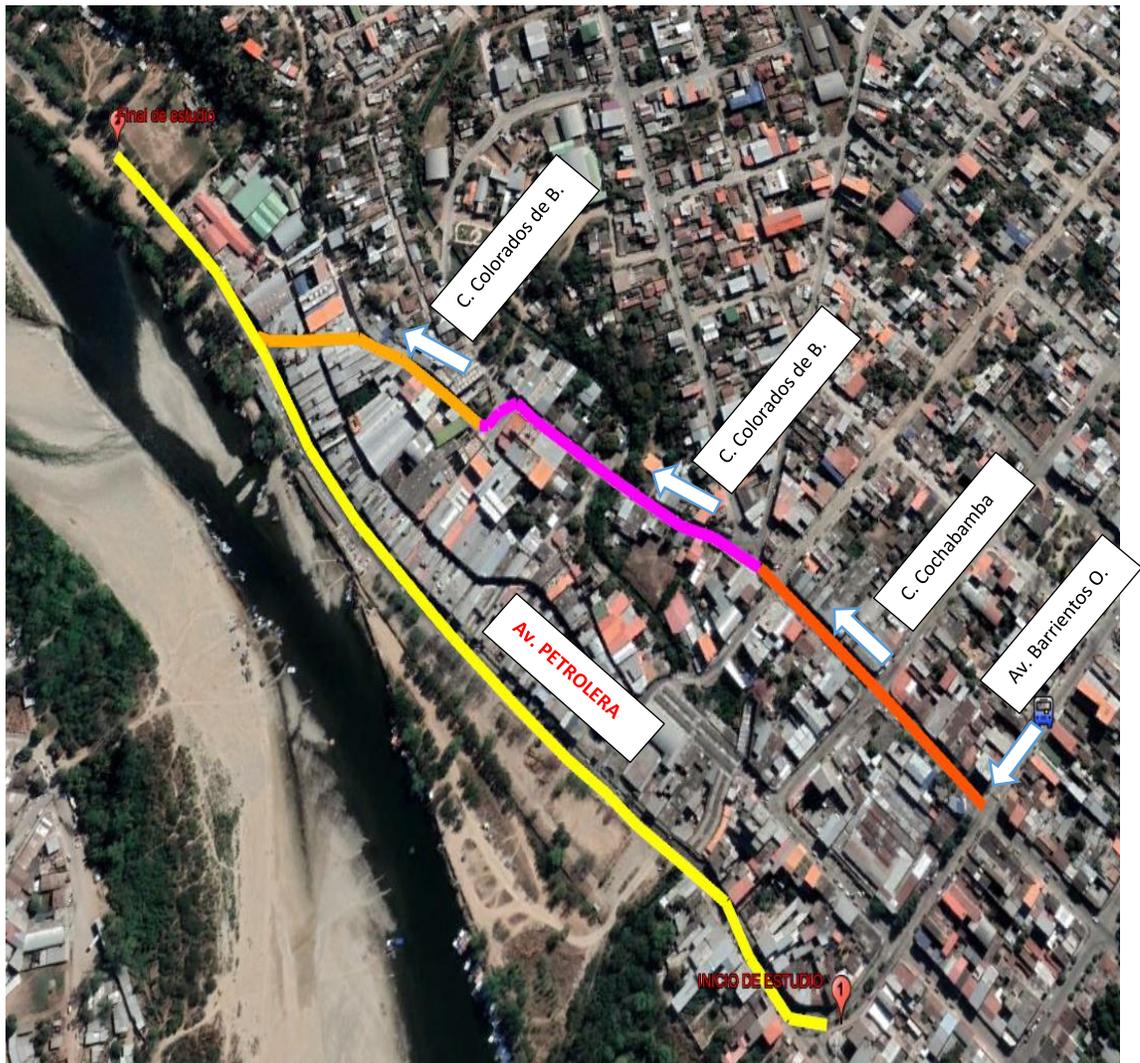
**Figura Nro. 42 Ubicación de la zona de congestiónamiento**



**Fuente: Elaboración propia**

Donde se lo dará una solución a corto, mediano y largo plazo, para un óptimo funcionamiento de la vía Petrolera. Para realizar una distribución de ruta de transporte público debemos tomar en cuenta tanto al usuario como a las instituciones de transporte público, el objetivo es el de encontrar un equilibrio que beneficie a ambos. Los cambios a considerar serán el cambio de tramo de circulación de los transportes de micros públicos, donde los que vienen del centro de la ciudad ya no pasaran por la avenida Petrolera, sino directamente pasaran por la calle Cochabamba, posteriormente pasando por la calle Angostura llegando así directamente a la calle COLORADOS DE BOLIVIA.

**Figura Nro. 43 Ruta nueva para micros públicos que van hacia el sentido A**

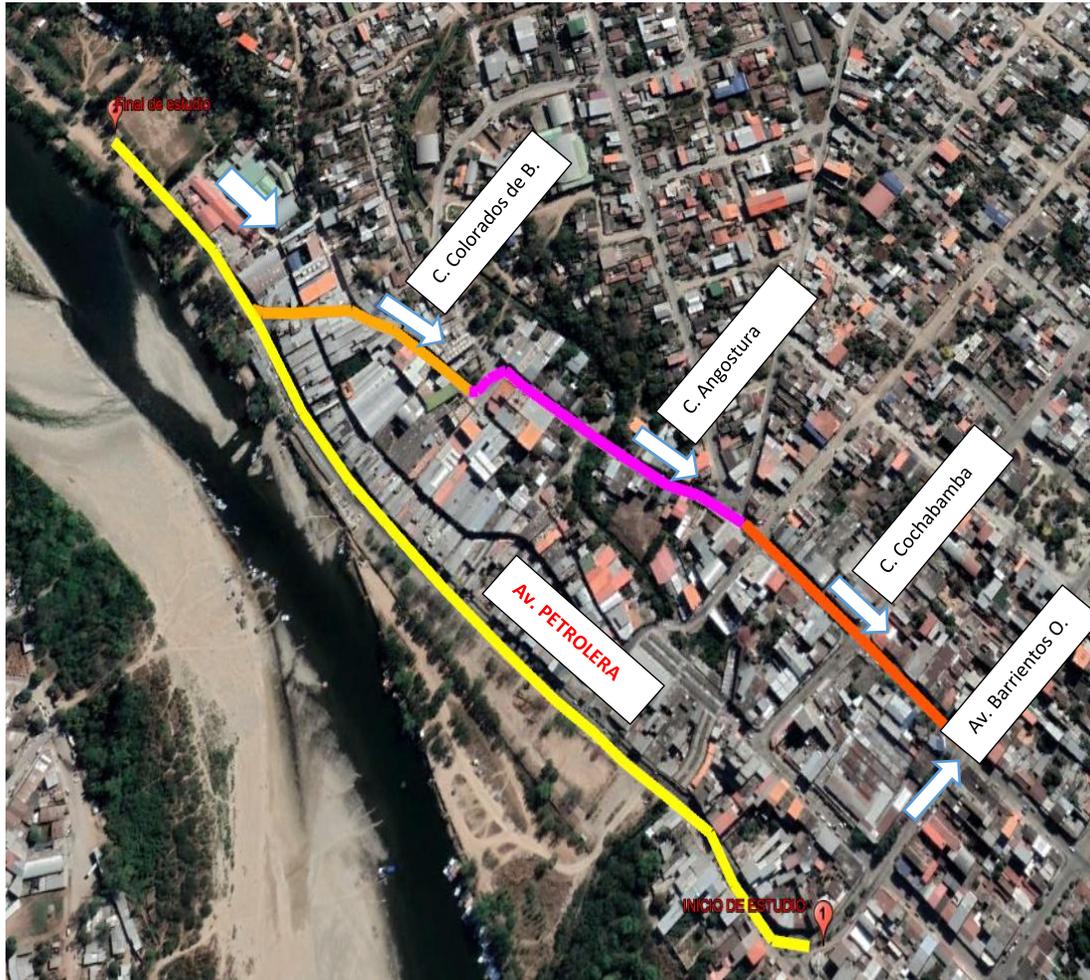


**Fuente: Elaboración propia**

Los cambios a considerar serán el cambio de tramo de circulación de los transportes de micros públicos, donde los que vienen del puente internacional de Bermejo ya no pasaran por la avenida Petrolera, sino directamente pasaran por la calle Colorados de Bolivia, posteriormente pasando por la calle Angostura, para luego seguir por la calle Cochabamba y llegando así directamente a la calle BARRIENTOS ORTUÑO.

Siendo unas de las propuestas planteadas a corto plazo donde no se necesitaría mucha inversión.

**Figura Nro. 44 Ruta nueva para micros públicos que van hacia el sentido B**



**Fuente: Elaboración propia**

### **3.15.2 Restricción de estacionamiento**

Restringir el estacionamiento en las intersecciones de alto tráfico de vehículos de transporte, esta medida establece el hecho de no permitir el estacionamiento de vehículos en sectores más congestionados ya que es causante de reducir la capacidad de la vía provocando un flujo inestable con baja velocidad y mayor cantidad de volumen, como también colocar señalizaciones verticales (NO ESTACIONAR), horizontales (paso cebra, rompe muelles, flechas direccionales, etc.) en lugares estratégicos para así tener mayor orden vehicular, otras de las soluciones más viables dados los antecedentes de la ciudad sería cobrar una multa al no hacer caso a dichas señalizaciones, otra solución también a

tomar en cuenta sería reordenar a las vendedoras de comidas rápidas en un lugar estratégico y así exista mayor ancho de calzada y así el vehículo circula con menos inconvenientes, o se podría construir acera al costado derecho de la avenida petrolera donde puedan transitar los peatones y no así de manera desordenada.

### 3.15.3 Restricción de paradas del transporte público

En la actualidad existen varias paradas ya establecidas a través del transcurso del tiempo y a capricho de las diferentes asociaciones del transporte público de la ciudad de Bermejo; sin embargo, muchas de ellas no cumplen de manera efectiva con su objetivo principal, debido a que tanto el pasajero y como el conductor no respetan las paradas como tales, es decir que el pasajero está mal acostumbrado a solicitar la detención de los micros en cualquier punto de su recorrido para realizar el ascenso al mismo, a lo cual el conductor de la unidad de transporte público también coadyuva a esta acción parando en cualquier lugar y no respetando los puntos fijados. Por lo tanto, el presente estudio ha establecido una red de paradas para la modalidad de micros que actualmente ya están consolidadas. Dicha distribución se observa en la figura.

**Figura Nro. 45 Ubicación de las paradas para los vehículos públicos**



**Fuente: Elaboración propia**

#### **3.15.4 Alternativa de solución mediante la semaforización**

Mediante la semaforización se busca obtener un mejor ordenamiento de circulación de tránsito y un mejor derecho del uso de las intersecciones con la finalidad de ayudar a reducir la frecuencia de ciertos tipos de muchos accidentes en la medida posible, tanto entre los vehículos como en los peatones y hacer así más sencilla la circulación de vehículos.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Para que el presente estudio tenga resultados satisfactorios al realizar su implementación es necesario que se tomen en cuenta las siguientes conclusiones y recomendaciones:

\* Para la determinación de las tres horas pico, se ubicó como punto de aforo la avenida principal Avenida Petrolera, como también se incorporó un nuevo tramo de estudio (Calle Colorados de Bolivia) estableciendo que las horas de máximo volumen son 08:00 - 9:00 am, 10:00 - 11:00 am y 14:00-15:00 pm.

\* A partir de los datos de volúmenes recopilados directamente de los tramos de estudio seguido de un respectivo análisis se pudo determinar que el volumen máximo promedio total de vehículos de las cuatro semanas analizadas es igual a **421 veh/hrs**, perteneciente a la intersección de la calle Colorados de Bolivia para el sentido A. Posteriormente se realizó el mismo análisis para el sentido B dando como resultado que el volumen máximo promedio total de vehículos es **480 veh/hrs** perteneciente también a la intersección de la calle Colorados de Bolivia. Proyectando dichos volúmenes para periodos de 5, 10, 20 se consideró el volumen más relevante que es de **565 veh/hrs** perteneciente a un periodo de 20 años para el sentido A, y **644 veh/hrs** para el sentido B.

\*A través del gráfico de la zona 1 Av. Petrolera se observa la velocidad promedio de punto del transporte público y privado del tramo Av. Petrolera entre Pasaje 7 de diciembre y José Yache. Analizando los resultados críticos de las velocidades de puntos del sentido A esta entre (**15.75 y 17.88 km/hrs**) y sentido B están entre (**17.02 y 19.01 km/hrs**) y para la zona 2 Calle Colorados de Bolivia las velocidades están entre (**26.84 y 27.09 km/hrs**) para sentido A y (**25.88 y 26.34 km/hrs**) para sentido B

\*La velocidad de crucero se lo considero tomando toda la longitud del tramo de estudio (1040 m) al igual que el de la velocidad de recorrido total, utilizando la misma fórmula con la única diferencia que el de la velocidad de crucero es consecuencia de la circulación en una distancia de recorrido donde existe tiempos de circulación y demoras



\* Para el ordenamiento vehicular y peatonal de la zona de estudio se optó por las señalizaciones tanto horizontales como verticales basándonos a lo que nos especifica la norma boliviana ABC, entre ellas las señalizaciones más usadas fueron las paso cebras, rompe muelle, separador de carril. señalizaciones reglamentarias (pare, prohibido estacionar, estacionamiento, etc.,)

\*En todas las intersecciones de estudio no se cuenta con semáforos por lo tanto la norma boliviana ABC (control de tráfico), nos recomienda que se deberá regular la circulación vehicular mediante la colocación de al menos una señal de prioridad (PARE).

\*Mejorar el control en las paradas del transporte público como el de privado de acenso o descenso de pasajeros por parte de agentes de tránsito, mediante ese control aumentaría la velocidad y disminuirá del congestionamiento siempre y cuando el micro solo se quedara estático solo en su parada designada y no así en cualquier parte de la calle.

\*La norma ABC nos indica que es conveniente una instalación de semaforizada cumpla por lo menos 2 de las 6 condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tenga resultados, la cual este estudio cumple.

#### **Avenida Petrolera**

**condicion 1** : el volumen minimo de las calles principales de 2 carriles deben ser de 600 veh/hrs  
vol= 644 veh/hrs para un periodo de 20 años

**condicion 2** : que se presenten en el termino de un año no menos de 5 accidente  
si se cumple

#### **Calle Colorados de Bolivia**

**condicion 1** : el volumen minimo de las calles secundarias de 2 carriles deben ser de 150 veh/hrs  
vol= 322 veh/hrs para un periodo de 20 años

**condicion 2** : que se presenten en el termino de un año no menos de 5 accidentes  
si se cumple

\*Como conclusión el estudio de estacionamiento nos favorece bastante ya que se puede conocer cuánto de oferta y demanda existe en el tramo de estudio para así de esa forma ser drástico en un control rutinario para hacer cumplir las normas de estacionamiento.

\*Se realizó el análisis de presupuesto basado en los ítems que llegan a ser fundamentales para el reordenamiento y descongestionamiento del tráfico vehicular en la zona de estudio como por ejemplo (señalización horizontal, vertical, construcción de acera y ubicación de semáforos), obteniendo un presupuesto total de: **526.127,52 bs.**

\*Se amplió nuevos puntos de aforo ubicado paralelamente a la Av. Petrolera, donde lo denominamos Zona 2 Calle Colorados de Bolivia, la cual consta de 8 puntos de intersecciones.

### **Zona 2 calle Colorados de Bolivia**

INTERSECCIONES	VOLUMENES FINALES	
	C. Cochabamba - Av. Barrientos	254.9
C. Cochabamba - C. Chuquisaca	243.6	233.8
C. Colorados de Bolivia - C. Jose Yache	233.6	221.3
C. Colorados de Bolivia - C. Pedro Murillo	228.3	220.3
C. Colorados de Bolivia - Av. 21 de Diciembre	237.7	223.3
C. Colorados de Bolivia - C.27 de Mayo	231.4	220.4
C. Colorados de Bolivia - Av. Antofagasta	228.9	215.8
C. Colorados de B. - C.23 de Marzo	229.8	214.8

Donde en comparación con la Av. Petrolera la Calle Colorados de Bolivia existe un flujo estable y donde no existe un congestionamiento vehicular como ocurre con la Av. Petrolera.

\*Se realizó la Simulación para cada alternativa y diferentes periodos (5,10 y 20 años).

#### **4.2 Recomendaciones**

\* Se recomienda reubicar a todo el comercio informal de comida rápida asentado de forma masiva en la intersección más congestionada de la avenida Petrolera, ya que pone en peligro a los propios transportistas como a pasajeros que desean abordar las diferentes líneas de micros, vehículos privados y además perjudican al flujo peatonal y vehicular.

\* Se recomienda mediante una ordenanza municipal ordenar aquellos puntos de aglomeración de personas donde empaquetan sus mercaderías la cual sean trasladados en

el sector denominado pasaje 23 de marzo ya que en la actualidad un gran porcentaje de personas empaquetan sus mercaderías en ese sector para posteriormente trasladarlo al vecino país de la Argentina.

\*Se recomienda solicitar a la alcaldía la construcción de una vereda peatonal en la parte derecha de la avenida Petrolera ya que en la actualidad solo cuenta con una vereda al lado izquierdo, esta construcción beneficiaría mucho al sector de estudio ya que reordenaría de mejor manera la circulación de los peatones.

\* Para que el proyecto sea exitoso es necesario que los peatones y conductores respeten las señales de tránsito para de esa manera reducir el congestionamiento.

Se sugiere no incrementar nuevas líneas de transporte público por la avenida Petrolera ya que en la actualidad ya es una zona congestionadas de la ciudad.

\*Es recomendable lanzar una campaña de educación vial donde se involucre la población en general empezando con el kindergarten y terminando con los transportistas para que todos adquieran conciencia de que si todos participamos de las normas viales cumpliéndolas y respetándolas obtendremos una avenida segura y su vez eficaz para el desplazamiento de los usuarios en esta.

\*Se recomienda la zona en estudio tenga la señalización vertical, horizontal y preventiva, como para orientar de la forma más segura al peatón como a los que se encuentran en el volante del parque automotor.

\*Se recomienda no exceder con las señalizaciones por motivo que el excesivo uso de señalizaciones de tránsito dificultarían una normal viabilidad y desplazamiento de los vehículos.