

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El tránsito vehicular es un problema habitual en varias ciudades, debido a un crecimiento económico y poblacional, la regularización en este sentido ha permitido la búsqueda de nuevas alternativas que contribuyan a una solución de manera sostenible, que beneficie al transporte y la ciudadanía en general.

El tránsito vehicular representa un desafío a resolver dado que la cantidad de vehículos es cada vez mayor. Esto se debe a la comercialización de productos los cuales deben ser trasladados. Además, el tráfico se intensifica por el flujo diario de trabajadores y estudiantes que se dirigen a sus respectivos destinos.

Con este estudio se pretende solucionar uno de los problemas diarios que más aqueja y amenaza la calidad de circulación en la Av. Domingo Paz y calle Bolívar, brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por el área de influencia de estudio, mejorando en el proceso y las vías de desarrollo de la ciudad para mejorar la calidad de vida de la población.

También podemos rescatar la importancia que tiene este estudio por ser un documento importante acerca de la relación entre el congestionamiento y los parámetros que lo originan, el mismo servirá como una guía de consulta para estudios posteriores para posibles mejoras o nuevos diseños de ingeniería y aplicaciones de carácter práctico, de manera que ofrecerá beneficios tanto académicos como sociales determinando mediante la aplicación práctica la determinación de sus parámetros de estudio como ser velocidades, volúmenes, densidad, señalización y semaforización de tránsito vehicular.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Situación problemática

El congestionamiento vehicular es un problema característico de las ciudades que superan un límite en cuanto al tráfico vehicular, ya sea en calles o carreteras, tanto en áreas urbanas en expansión como en aquellas en desarrollo. Este fenómeno ocurre cuando el número de vehículos que ingresan a una vía excede la capacidad de la misma para mantener un flujo de tránsito eficiente, lo que provoca la congestión. A causa del acelerado crecimiento en la ciudad de Tarija, la afluencia masiva de vehículos se convirtió en un problema diario

de congestión de tráfico. Este problema se encuentra focalizado en ciertas calles de la ciudad, donde se manifiesta de manera particular en áreas específicas del casco urbano, las cuales anteriormente no presentaban este tipo de inconvenientes de congestión vehicular.

No realizar un Estudio de Tránsito, en la zona en estudio puede llegar a aumentar el riesgo de accidentes, como colisiones entre vehículos o atropello a los peatones ya que existe una presencia constante de estudiantes y transeúntes en ciertos horarios de mayor afluencia.

Es fundamental llevar a cabo un Estudio del estado actual del tránsito e implementarlo en esta zona, con el propósito de mejorar la circulación de vehículos y garantizar la seguridad tanto de los conductores como de los peatones, mediante la aplicación práctica la determinación de sus parámetros de estudio como ser velocidades, volúmenes, intensidad de tráfico y otros parámetros que nos ayudaran a obtener el estado actual del tráfico vehicular en esa zona

1.2.2 Planteamiento del problema

¿De qué forma un estudio del estado actual del Tránsito, puede contribuir a resolver los problemas de tráfico existentes en la Av. Domingo Paz y calle Bolívar de la zona central de la ciudad de Tarija?

1.3 Justificación

En las últimas décadas, las ciudades han enfrentado un incremento constante en el número de vehículos en circulación, lo que ha generado una creciente demanda de transporte y una red vial urbana cada vez más compleja. Esta situación ha derivado en serios problemas de congestión vehicular, especialmente en las principales arterias urbanas, donde se registran embotellamientos frecuentes que afectan tanto la movilidad como la calidad de vida de los ciudadanos.

Los efectos negativos de esta congestión no se limitan únicamente a la pérdida de tiempo. También se manifiestan en un mayor consumo de combustible, mayor contaminación ambiental, incremento en los niveles de ruido y estrés, además de un aumento en la cantidad de accidentes de tránsito. Asimismo, el tráfico lento obstaculiza el transporte de bienes y servicios, lo que provoca retrasos logísticos, encarecimiento de productos y una disminución en la circulación vehicular.

Frente a estos desafíos, surge la necesidad de implementar estrategias eficientes para gestionar el tránsito urbano. Una de las alternativas más viables es la utilización de vías de flujo rápido en intersecciones críticas, con el objetivo de agilizar la circulación vehicular y reducir los tiempos de espera.

En este contexto, el presente estudio tiene como finalidad evaluar el grado de mejoramiento en la circulación vehicular dentro de una zona de alta congestión. Para ello, se analizará el comportamiento del volumen de tránsito en relación con el nivel de saturación de las vías. La aplicación de la metodología se enfocará en un sector representativo de la ciudad de Tarija, específicamente en las intersecciones de la calle Bolívar y las intersecciones de la Av. Domingo Paz, un punto conocido por su elevada carga vehicular diaria.

El análisis de esta área permitirá obtener información relevante para proponer soluciones prácticas que contribuyan a mejorar la movilidad urbana y optimizar la infraestructura vial existente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar el estado actual del tránsito en la Av. Domingo Paz y calle Bolívar de la zona central de la ciudad de Tarija, mediante aforos establecidos conforme a las normas vigentes de tráfico urbano, con el fin de identificar problemas de circulación y desarrollar medidas para el control y reducción de la congestión vehicular.

1.4.2 Objetivos específicos

- Analizar la reglamentación y procedimientos en la circulación en el contexto vehicular.
- Identificar y delimitar los tramos e intersecciones críticas de la avenida Domingo Paz y la calle Bolívar que presentan mayores niveles de congestión vehicular.
- Elaborar aforos de los vehículos y tiempos de circulación correspondientes a las horas establecidas (horas pico), tomando en cuenta los parámetros descritos en dicho estudio.
- Realizar el cálculo y análisis de la velocidad, volúmenes de tráfico, capacidad, nivel de servicio, semaforización, señalización y estacionamiento de las intersecciones en estudio.
- Analizar y proponer alternativas de solución para una mejor fluidez vehicular en la zona de estudio.
- Establecer el análisis del trabajo realizado en función a los resultados obtenidos.

1.5 Hipótesis

El tránsito vehicular en la Av. Domingo Paz y Calle Bolívar de la zona central de la ciudad de Tarija presenta problemas de congestión y deficiencias en la circulación debido al incremento del flujo vehicular y a la falta de una adecuada organización del tráfico; por lo tanto, mediante el análisis del estado actual del tránsito será posible identificar las causas principales y proponer medidas que contribuyan a mejorar la fluidez y la seguridad vial en el área de estudio.

1.6 Identificación y conceptualización de variables

Variable única: Situación actual.

Tabla N° 1.1 Conceptualización de variable

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Valor /acción
Estado actual del tránsito vehicular en las calles de estudio.	Condición operativa del flujo vehicular en un tramo urbano en un periodo determinado, considerando su comportamiento y nivel de funcionamiento.	Volumen de tránsito	Veh/hr.	Relación tránsito promedio diario y vía en estudio
		Vía	Km.	Relación tránsito promedio diario y vía en estudio
		Velocidad	seg.	Relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo
		Capacidad Vehicular	Veh/hr.	Relación número máximo de vehículos que permite la vía en una hora
		Niveles de Servicio	A, B, C, D, E, F	Relación calidad del flujo vehicular en estado crítico, horas pico
		Señalización	Km/h, seg.	Relación tránsito promedio diario y vía en estudio

Fuente: Elaboración propia.

1.7 Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

1.7.1 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.

$$x = \frac{\sum X_i}{n}$$

x= Media aritmética

$\sum X_i$ = Sumatoria de todas las observaciones

n= Número de observaciones

Desviación estándar

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

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

S= Desviación estándar

X= Media aritmética

X_i = Observación número “i”

N= Número de observaciones

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.

$$x = \bar{x} \pm s$$

1.8 Alcance del proyecto

Este proyecto se centró en el estudio del tráfico vehicular en la calle Bolívar y Av. Domingo Paz de la ciudad de Tarija, para lograr el estudio de este proyecto se realizará aforos de vehículos en las intersecciones más críticas en la zona de estudio lo que nos permitirá conocer cuáles son los tramos que presentan mayor circulación y menor tránsito vehicular.

La condición actual del flujo vehicular será obtenida mediante las mediciones de todos sus componentes, enfocados a la capacidad y nivel de servicio de los tramos estudiados.

El estudio de tráfico vehicular en la zona se muestra por el comportamiento de los vehículos por medio de un aforo manual, en el cual se mostrará los volúmenes que se pueden presentar en las vías de la zona en las horas picos, donde los usuarios se dirigen a sus distintas actividades. Los datos proporcionados en el estudio de campo, son la información básica que nos mostrará la situación actual y real de la cantidad de vehículos que circulan por los tramos en estudio.

El trabajo comenzará con el reconocimiento de la zona, los problemas que existen, las zonas e intersecciones más conflictivas para posteriormente realizar un aforo vehicular, luego se procederá a realizar las mediciones del ancho del carril una vez obtenidos los datos de campo se procederá a realizar el trabajo en gabinete calculando los volúmenes, velocidades, capacidad, nivel de servicio y semaforización.

Para los volúmenes se realizará un resumen de los aforos clasificando según si son vehículos públicos o privados, dependiendo el tamaño si son livianos, medianos o grandes y determinado los giros que realizarán si circulan de frente o si giran hacia la derecha o izquierda. Para la velocidad se obtendrá velocidades de punto para todas las intersecciones y también se tomará en cuenta la velocidad de recorrido total del tramo en estudio.

En la capacidad y nivel de servicio se trabajará con el método HCM para vías interrumpidas. También se calculará los tiempos de ciclos de semáforos de todas las intersecciones cuenten o no con los mismos, en caso de que tengan semáforo se realizará una comparación de los tiempos observados con los calculados, para luego realizar un análisis si la intersección requiere o no la implementación de un semáforo.

La medición del aforo de volúmenes se realizará en puntos estratégicos de mayor relevancia ubicados en el centro de la ciudad, los cuales nos servirán como información básica para el cálculo del tráfico promedio diario y la cantidad de oferta y demanda de estacionamientos.

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

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO EN TRAMOS VIALES

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 medios 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. 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. 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.

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 autos, "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 N° 2.1 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.

2.2.2 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 N° 2.2 Conductor



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

2.2.3 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.

Figura N° 2.3 Peatón



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

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.

2.2.4 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.

2.2.4.1 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 N° 2.4 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 N° 2.5 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 N° 2.6 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.

Figura N° 2.7 Tipo de Tracto camión



Fuente: Elaboración propia

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 N° 2.1 Clasificación de Vehículos

Servicio	Públicos	Privados
Liviano	Automóvil (taxi)	Automóvil
		Jeep
		Vagoneta
		Camioneta
		Minibús
Medianos	Microbús	Camiones
		Micros
		Furgones
		Volqueta
Pesados	Ómnibus	Camión
		Tractor-camión

Fuente: Manual de carreteras SIECA 2° Edición marzo 2004

2.2.4.2 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.

Tabla N° 2.2 Dimensiones de vehículos que circulan en la vía

Tipo de vehículo	Longitud (m)	Ancho (m)	Capacidad
Liviano público (automóvil)	3,90-4,15	1,45-1,65	4-6 pasajeros
Liviano privado (móviles, minibús)	4,00-5,50	1,60-2,20	2-9 pasajeros ≤ 2 toneladas
Mediano público (microbús)	7,00-7,50	2,20-2,30	17-21 pasajeros
Pesado público (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 2° Edición marzo 2004

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.

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

Tráfico promedio diario anual

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

Donde:

TA= Volumen de vehículos que circulan en un año.

TPDA= Tráfico promedio diario anual

Tráfico promedio diario mensual

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

Donde:

TM= Volumen de vehículos que circulan en un mes.

TPDA= Tráfico promedio diario anual

Tráfico promedio diario semanal

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

Donde:

TS= Volumen de vehículos que circulan en una semana.

TPDA= Tráfico promedio diario anual

- **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

El aforo vehicular es el conteo de vehículos que pasan por un punto en un determinado periodo de tiempo. Se utiliza para medir y analizar el flujo de vehículos en una red de carreteras. 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. 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. 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.

Tabla N° 2.3 Planilla de aforos

			Hora	Públicos									Privados									Total
				Liviano			Mediano			Pesado			Liviano			Mediano			Pesado			
				GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Semana 1	Lunes	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Miercoles	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Sabado	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
Semana 2	Lunes	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Miercoles	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Sabado	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
Semana 3	Lunes	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Miercoles	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Sabado	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
Semana 4	Lunes	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Miercoles	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				
	Sabado	8:00 a 9:00																				
		12:00 a 13:00																				
		18:00 a 19:00																				

Media																			
Des. Est.																			
Media+des.																			
Media-des.																			
Media corr																			

Media de medias	Publicos									Privados								
	Liviano			Mediano			Pesado			Liviano			Mediano			Pesado		
	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD
	VOLUMEN EN EL ACCESO 1												Veh/hora					

Maniobra	GI	R	GD	Total
veh/h				
%				

Vehículos Livianos		Veh/h
% Veh. Livianos		%
Medianos		Veh/h
% Med		%
Vehículos Pesados		Veh/h
% Veh Pesados		%
Total		Veh/h
%		%
Vehículos Públicos		Veh/h
% Veh Públicos		%
Vehículos Privados		Veh/h
% Veh Privados		%
Total		Veh/h
%		%

Fuente: Elaboración propia

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.

- Permanente
- Periódicos
- 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. 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.

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 de circulación media
- Velocidad de proyecto

- **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 cruce**

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 cruce nos determinan la calidad del movimiento vehicular a lo largo de la ruta.

- **Velocidad de circulación media**

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:

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Donde:

V_t = Velocidad media temporal

V_i = Velocidad del vehículo i

n= Número total de vehículos observados

Para datos de velocidades de punto agrupados se tiene

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i * j_i}{n}$$

Donde:

n= Número de grupos de velocidad

j_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 N° 2.8 Cronómetro



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 y 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 las 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 N° 2.9 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 espaciamiento 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:

$$V = v * k$$

Donde:

V= Volumen (Veh/Hr)

v= Velocidad (Km/Hr)

k= Densidad (Veh/Km)

2.3.3.2 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.

2.3.3.2.1 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 que 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 multicarril 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.

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.

2.3.4 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:

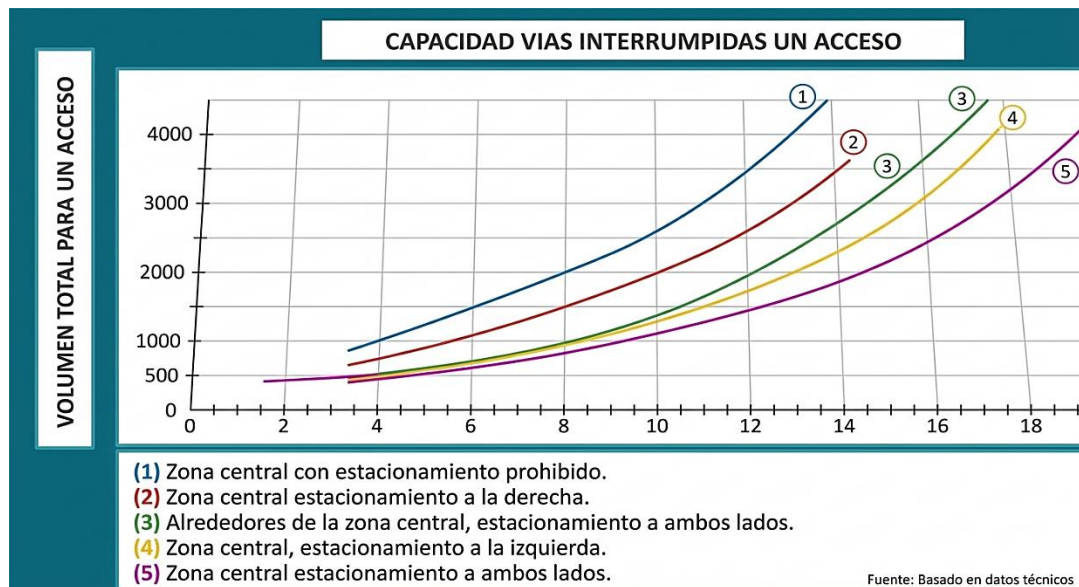
- **Determinación de la capacidad teórica.**
- **Determinación de la capacidad práctica.**
- **Determinación de la capacidad real.**
- **Capacidad teórica**

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

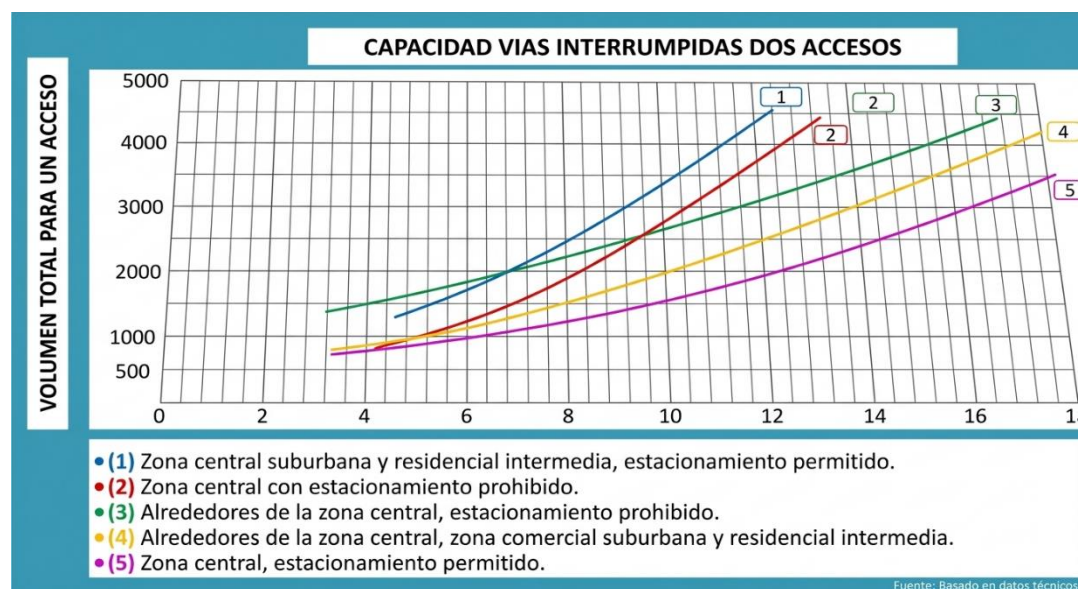
Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener un acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica. Tomando este factor se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Figura N° 2.10 Capacidad ideal para acceso de dos sentidos



Fuente: Manual de Ingeniería de tránsito – Guido Radelat

Figura N° 2.11 Capacidad ideal para acceso de un solo sentidos



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 han determinado dos gráficas o ábacos que nos sirven para determinar una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y ómnibuses y el 20% del volumen realiza movimientos de giros a la izquierda o a la derecha.

Para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0,9, a la capacidad teórica.

$$C_{Prac} = C_{Teorica} * 0,9$$

- **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:

a) 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.

b) 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.

c) 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.

d) 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.

$$C_{real} = C_{prac} * f_{Vp} * f_{GI} * f_{GD} * f_p$$

Donde:

f_{VP} = Factor de vehículos pesados

f_{GI} = Factor por giro izquierdo

f_{GD} = Factor por giro derecho

F_p = Factor por paradas

2.3.5 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 Español⁴⁹, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F.

Nivel de servicio A

Figura N° 2.12 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 N° 2.13 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 N° 2.14 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 N° 2.15 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 N° 2.16 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 volúmenes cercanos a la capacidad de la carretera. El flujo es inestable y puede haber detenciones de duración momentánea.

Nivel de servicio F

Figura N° 2.17 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.

2.3.5.1 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 N° 2.4 para calcular el nivel de servicio.

Tabla N° 2.4 Nivel de servicio

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito
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

2.3.6 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 y símbolos 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.

2.3.6.1 Señales de tránsito

Son los dispositivos para regular el tránsito que comunican un mensaje al usuario de una vía por medio de inscripciones o signos convencionales. Estas señales deben cumplir con los cinco requisitos fundamentales que se exigen a esos dispositivos; es decir desempeñar una función necesaria, llamar la atención, ser claras y sencillas, dar tiempo suficiente para responder e infundir respeto.

2.3.6.1.1 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.

- **Función**

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

a) 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.

b) Señales reglamentarias o restrictivas

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.

c) 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 visibles para los usuarios, con el fin de permitir que se produzca una pronta y adecuada reacción, aun cuando el usuario se acerque a la señal a alta velocidad. Los dispositivos deben cumplir con las siguientes características: buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y leyendas acordes, formas acordes con lo especificado.

a) La retroreflectancia

Corresponde a uno de los parámetros más importantes de una señal vertical, ya que ésta debe ser visualizada tanto de día como de noche.

En períodos nocturnos, la lámina retrorreflectiva con que cuenta una señal, permite que tenga la propiedad de devolver parte de la luz a su fuente de origen, lo que se traduce en que los conductores al iluminarla con los focos del vehículo, puedan apreciarla con mayor claridad.

b) Emplazamiento

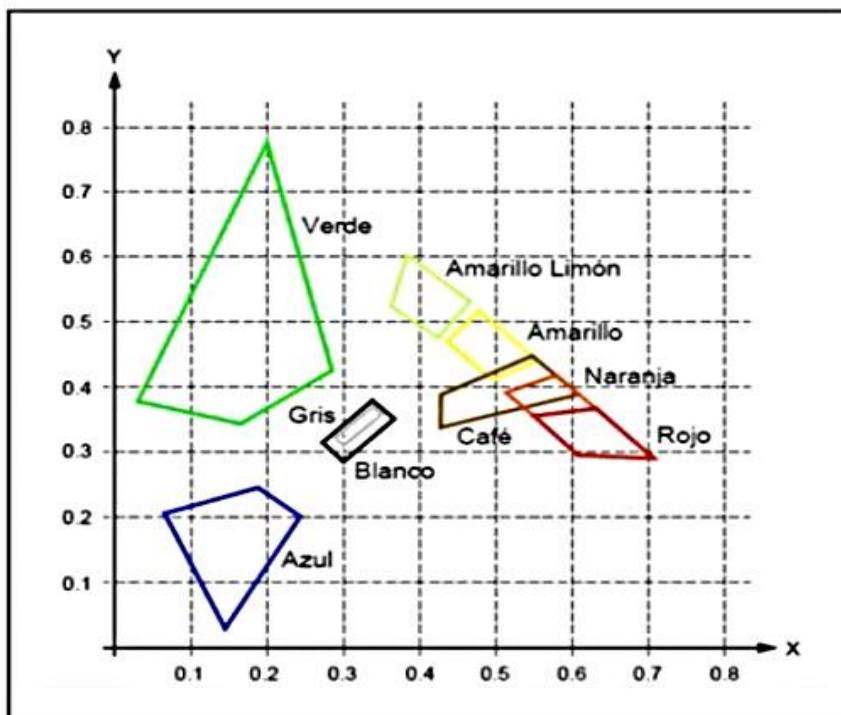
La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran relevancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la reacción oportuna de los diferentes usuarios de una vía. Como criterio general, toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite

su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores.

c) Colores

Las señales verticales se deben construir con los colores especificados para cada una de ellas. Los colores se definirán sobre la base de coordenadas cromáticas y deben estar dentro de los polígonos correspondientes, especificados en el diagrama cromático CIE 1931.

Figura N° 2.18 Diagrama cromático CIE 1931 para señales verticales



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.)

• Ubicación longitudinal

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

En lo que se refiere a la separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir, paralelo al eje de la vía, la tabla N° 2.5. Entrega distancias

mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

Tabla N° 2.5 Distancia mínima (m.) entre señales

Orden en que el conductor vera las señales	Velocidad (km/hr)			
	120-110	100-90	80-60	50-30
Reglamentaria o advertencia-Reglamentaria o advertencia	50	50	30	20
Reglamentaria o advertencia-Informativa	90	80	60	40
Informativa-Reglamentaria o advertencia	60	50	40	30
Informativa-Informativa	110	90	70	50

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.)

- **Ubicación lateral**

La ubicación lateral de una señal vertical, dependerá a la distancia, medida desde el borde de la calzada, a la cual será instalada. Para esto es importante tener presente que el conductor de un vehículo tiene una visibilidad en la forma de un cono de proyección, el que se abre en un ángulo de alrededor de 10° con respecto a su eje visual. Por lo tanto, se deberá asegurar que la señal quedará instalada en esa zona.

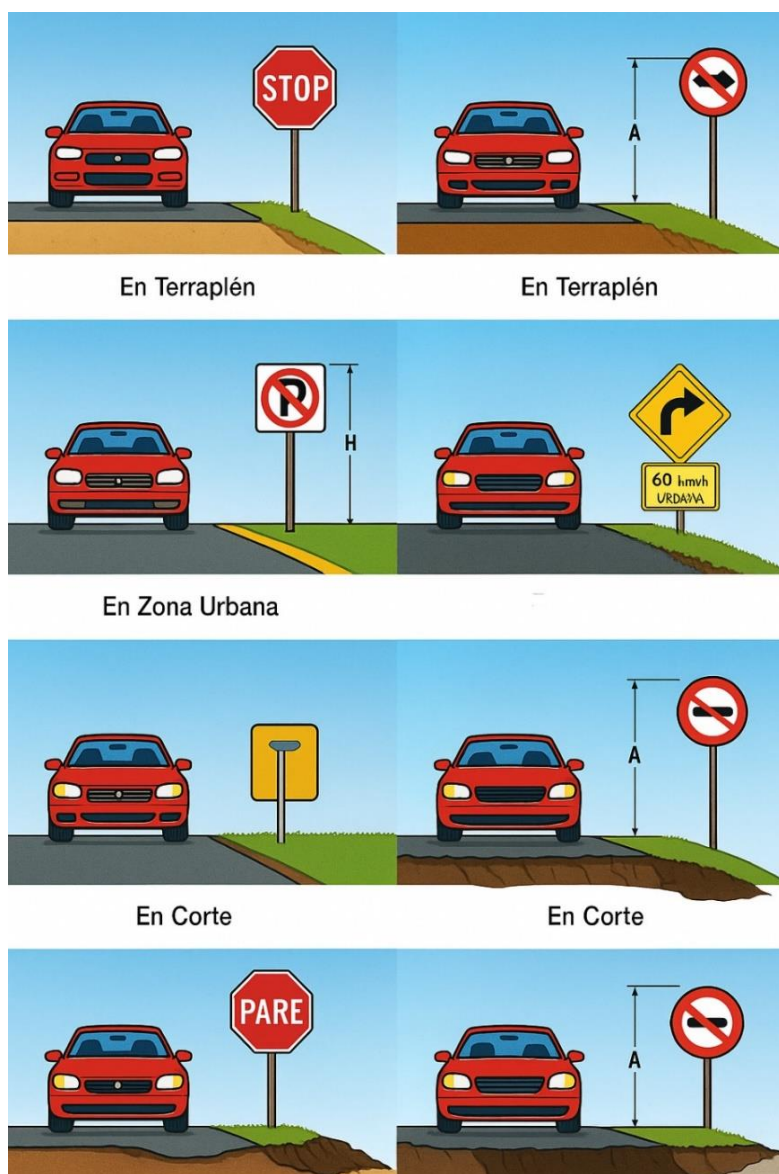
Para una mejor interpretación de la ubicación lateral de una señal vertical, tanto en distancia desde la calzada como en altura, se incluye a continuación tabla N ° 2.6. Y la figura N ° 2.19

Tabla N° 2.6 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)

Tipo de vía	A (m)	H(m)	
	Mínimo	Mínimo	Máximo
Carreteras	2,00	1,50	2,20
Caminos	1,50	1,51	2,20
Vías urbanas	0,60	2,00	2,20

Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.)

Figura N° 2.19 Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Orientación**

Considerando que una lámina retrorreflectante, al ser iluminada por los focos de un vehículo, podría devolver demasiada cantidad de luz al conductor, ocasionando encandilamiento o dificultades para una adecuada comprensión del mensaje de la señal, se deberá instalar la placa de manera tal, que ésta y una línea paralela al eje de la calzada, formen un ángulo levemente superior a los 90° (ángulo recto), recomendándose un valor de 93°. Según se puede apreciar en la Figura N° 2.20.

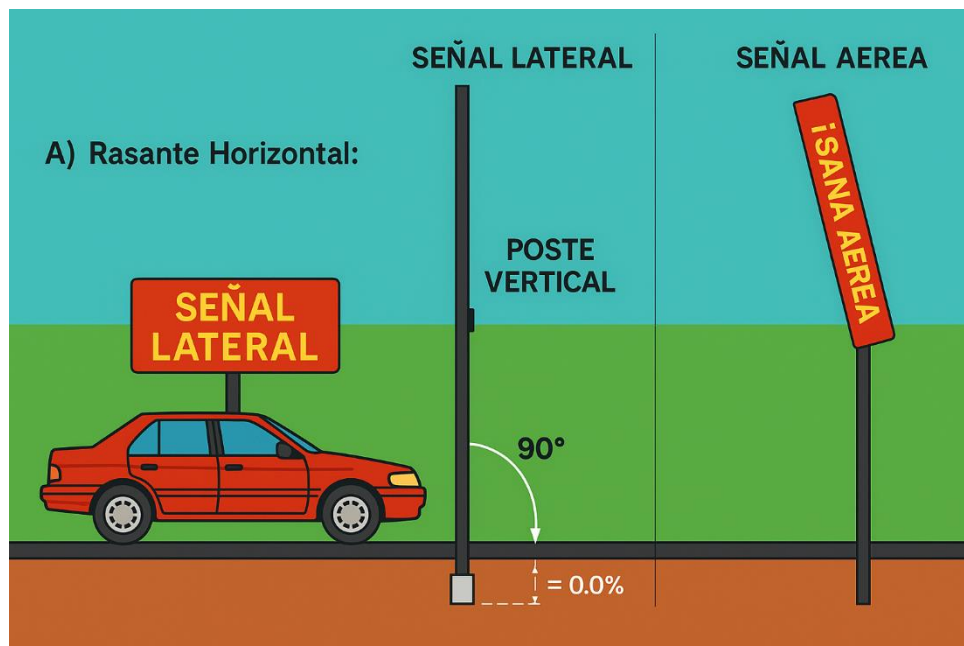
Figura N° 2.20 Orientación de la señal (perspectiva horizontal)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

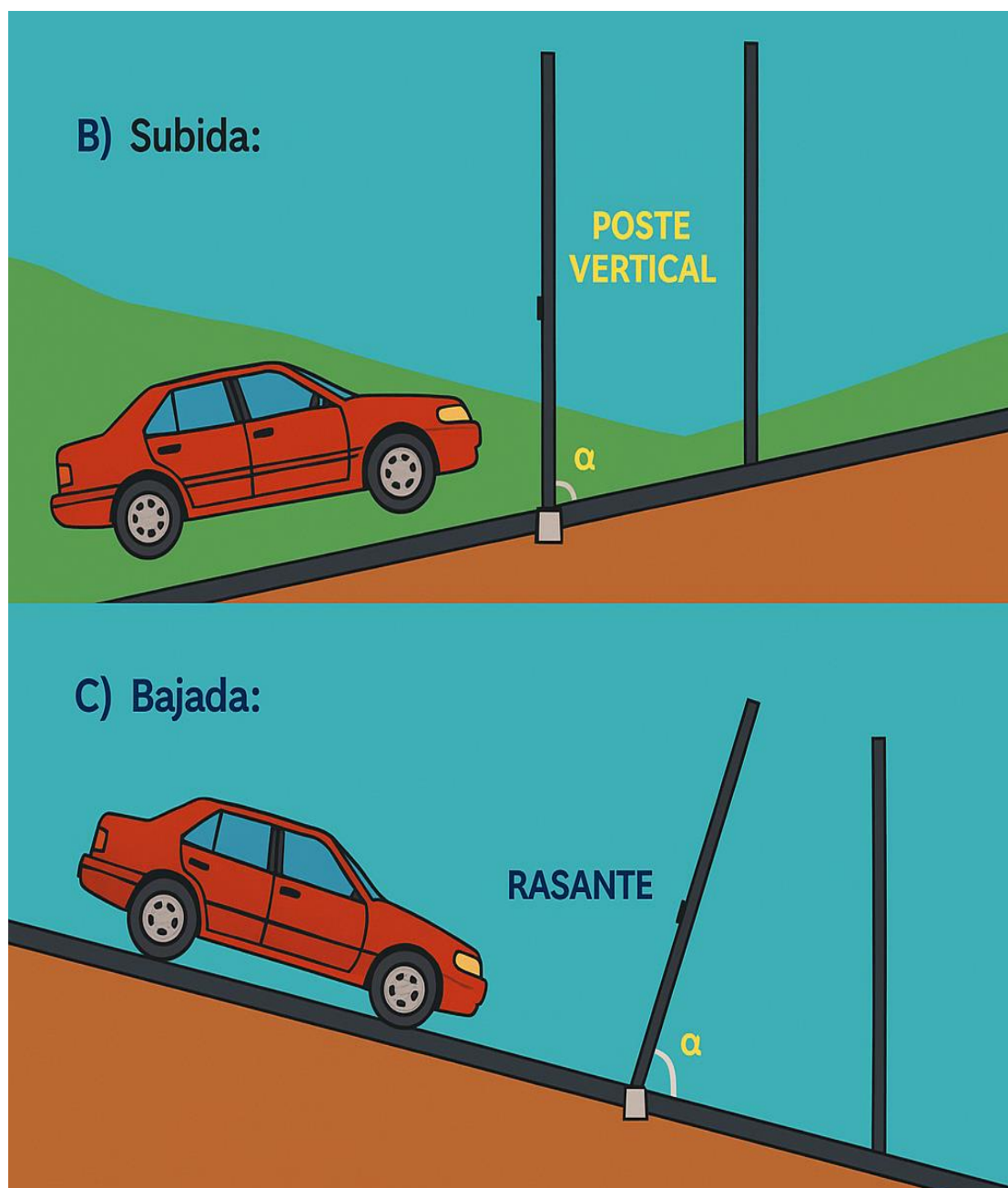
Por otro lado, se debe considerar la orientación de la señal, desde una perspectiva vertical, los criterios anteriores, son válidos para todas las señales verticales, incluyendo señales tipo elevadas.

Figura N° 2.21 Orientación de la señal (perspectiva vertical)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.22 Orientación de la señal (perspectiva vertical)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Tableros**

Los tableros de las señales verticales serán elaborados en lámina de acero galvanizado, aluminio o poliéster reforzado con fibra de vidrio. Los mensajes de las señales serán elaborados sobre figuras retrorreflectivas que cumplan con los requisitos y adheridos a la lámina metálica cumpliendo con las especificaciones.

- **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.

2.3.6.1.2 Señales preventivas

- **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.

Estas señales persiguen que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando las maniobras necesarias para su propia seguridad. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, porque el uso innecesario de ellas, tiende a disminuir el respeto y obediencia a toda la señalización en general.

- **Forma**

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción de CRUZ DE SAN ANDRÉS (SP-33). En la Figura N.º 2.23. Se presenta las formas básicas que caracterizan a este tipo de señales.

- **Color**

Su color de fondo es amarillo. Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro. Todos los colores, utilizados por ejemplo en la señal (SP - 34). Semáforo, con excepción del negro, deben cumplir con lo especificado. 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.

Señales preventivas que consideran otros colores además del amarillo y el negro son:

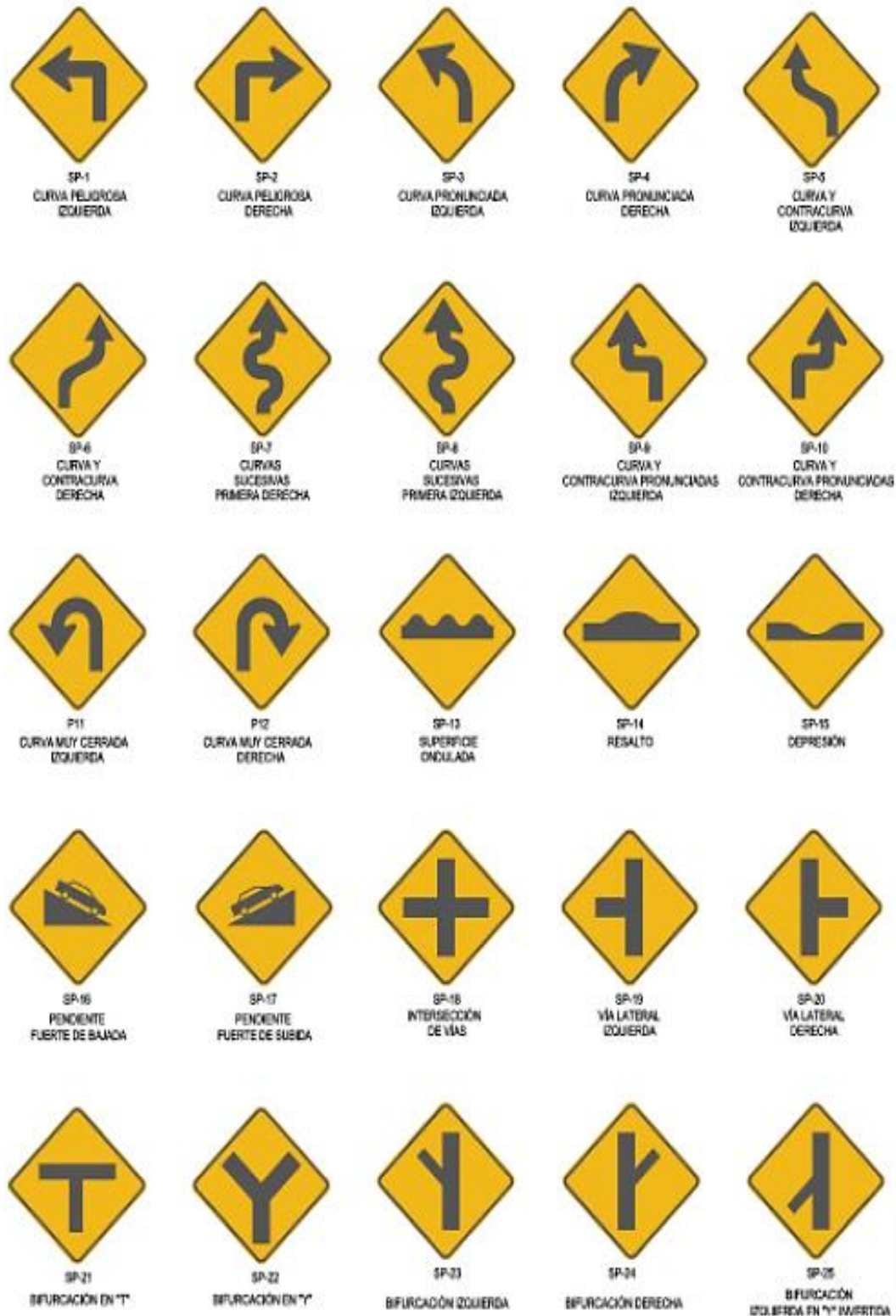
SP-34: Semáforo (amarillo, negro, rojo y verde).

SP-35: Prevención de pare (amarillo, negro, rojo y blanco).

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

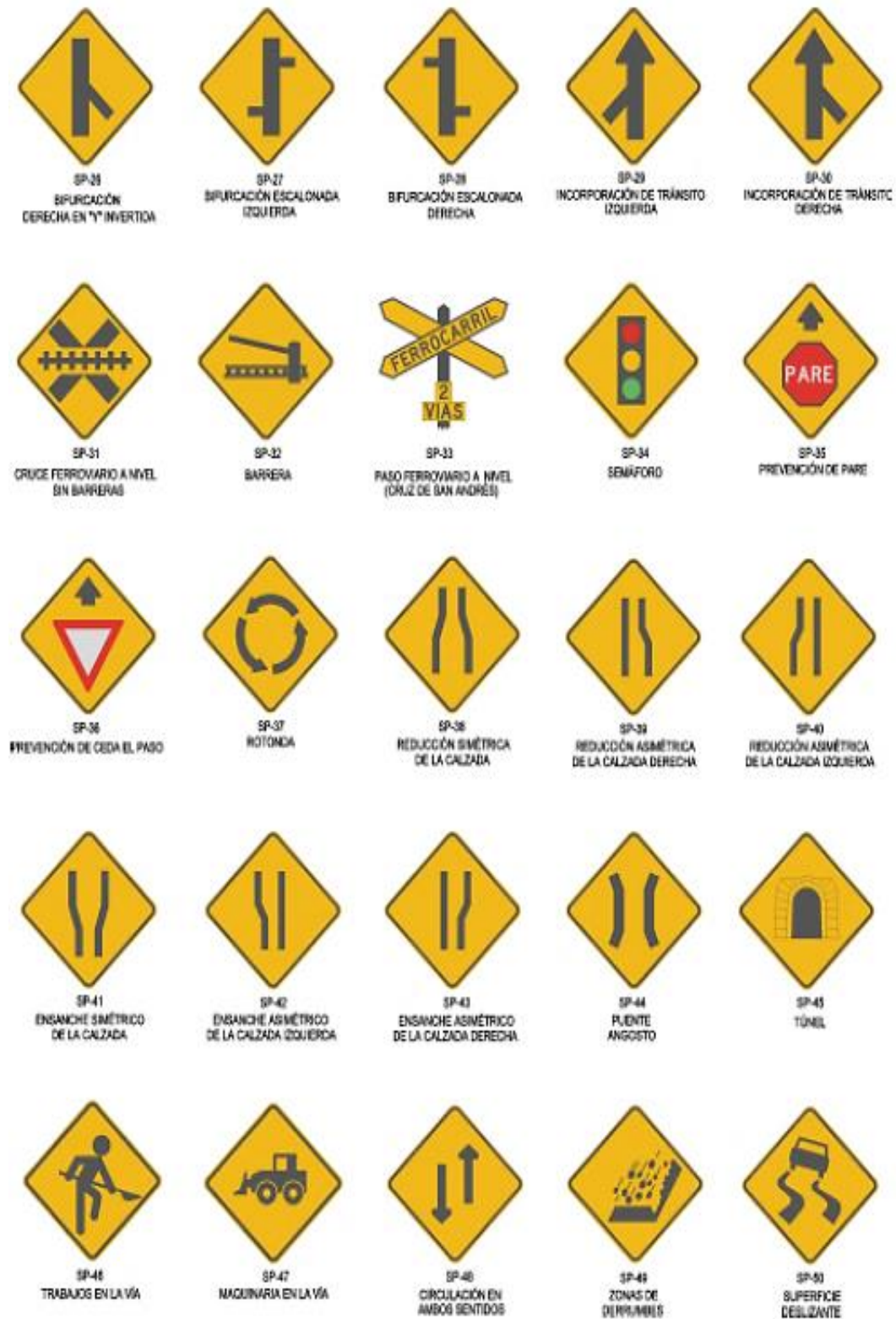
Clasificación

Figura N° 2.23 Señales preventivas 1-25



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.24 Señales preventivas 26-55



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.25 Señales preventivas 56-68



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

2.3.6.1.3 Señales reglamentarias o restrictivas

- **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 debería 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.

- **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.

- **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 CICLO VÍA, serán de fondo azul y símbolo blanco.

La prohibición se indicará con una diagonal que forme 45° con el diámetro horizontal y debe trazarse desde el cuadrante superior izquierdo del círculo hasta el cuadrante inferior derecho. La señal SR-28a PROHIBIDO ESTACIONARSE Y DETENERSE, llevará adicionalmente otra franja diagonal, desde el cuadrante superior derecho hasta el cuadrante inferior izquierdo.

Para el caso de señales reglamentarias, todos los elementos como fondo, caracteres, orlas, símbolos, leyendas, pictogramas de una señal vertical, excepto aquellos de color negro, deberán cumplir con el nivel de retrorreflexión.

- **Clasificación**

A continuación, se representa un resumen con todas las señales.

Figura N° 2.26 Señales reglamentarias 1-25



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.27 Señales reglamentarias 26-43



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Señalización de tránsito horizontal (demarcación)**

Se abordan los conceptos involucrados en la señalización horizontal de tránsito, la que corresponde a demarcaciones tipo líneas, símbolos, letras u otras, entre las que se incluyen las tachas retro reflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito.

Considerando que la señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja frente a otros tipos de señales de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga

su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad vial. No obstante, como desventaja, la visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros.

Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

- **Función**

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.

Las señales no son necesarias ni deben ser usadas para confirmar prescripciones contempladas en la ley; por el contrario, deben ser instaladas previo análisis técnico, solo en aquellos lugares donde estas se justifiquen.

- **Líneas de carril**

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

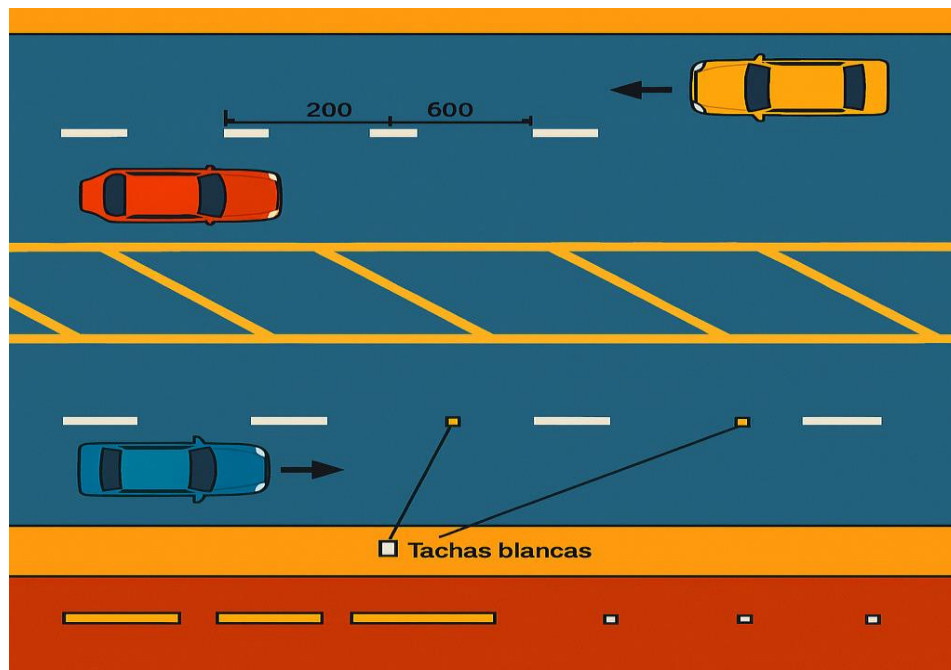
- **Línea blanca discontinua**

Se utiliza para demarcar la separación de carriles de un mismo sentido de flujo en donde si es permitida la maniobra de adelantamiento.

- **Línea segmentada normal**

Se dispondrán en tramos de una vía, donde se permite reglamentariamente la maniobra de cambio de pista, desde una pista normal de circulación a otra de también de circulación normal.

Figura N° 2.28 Líneas de pistas segmentadas

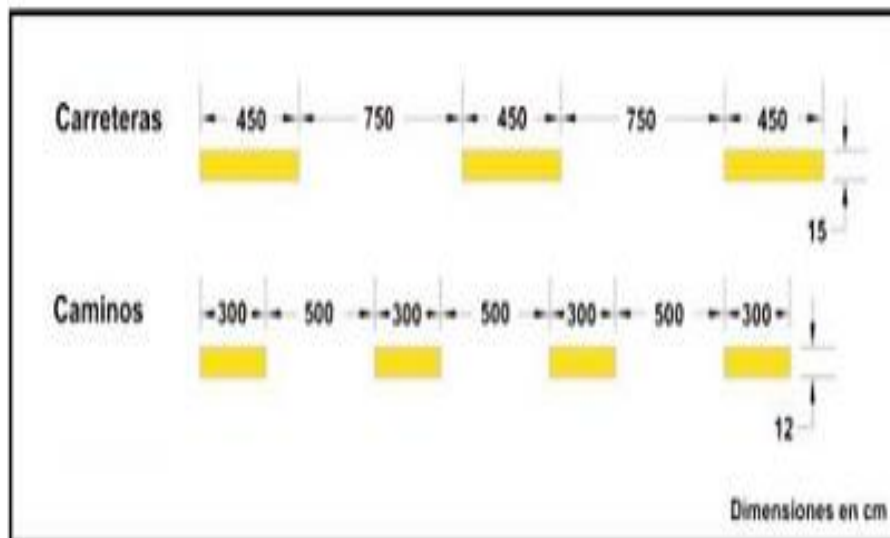


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Líneas segmentadas especiales

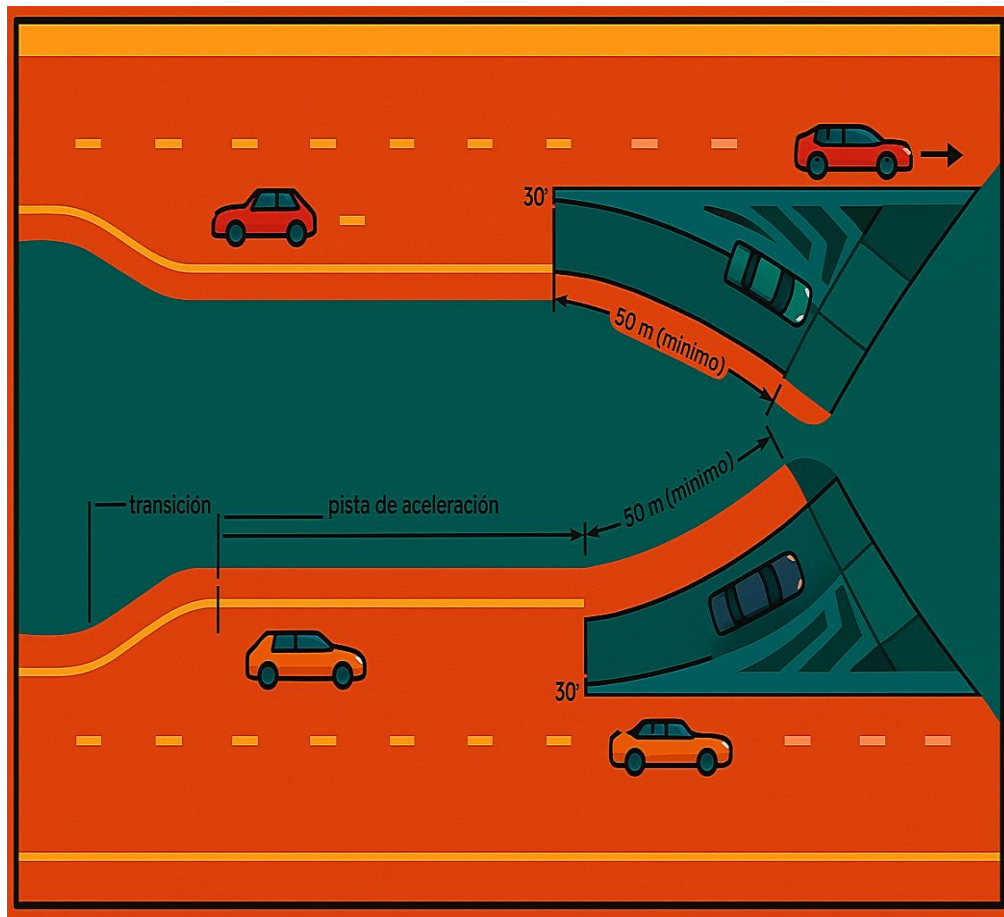
Se utilizan para separar una pista normal de circulación de una pista auxiliar. Las pistas auxiliares corresponden a pistas de cambio de velocidades, pistas de viraje, pistas de salidas directas, pistas de incorporación, pistas lentas, etc.

Figura N° 2.29 Demarcacion para pistas auxiliares de incorporación y egreso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.30 Caso de pista de incorporación y egreso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

2.3.6.1.4 Líneas transversales

Estas líneas 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.

Líneas de detención

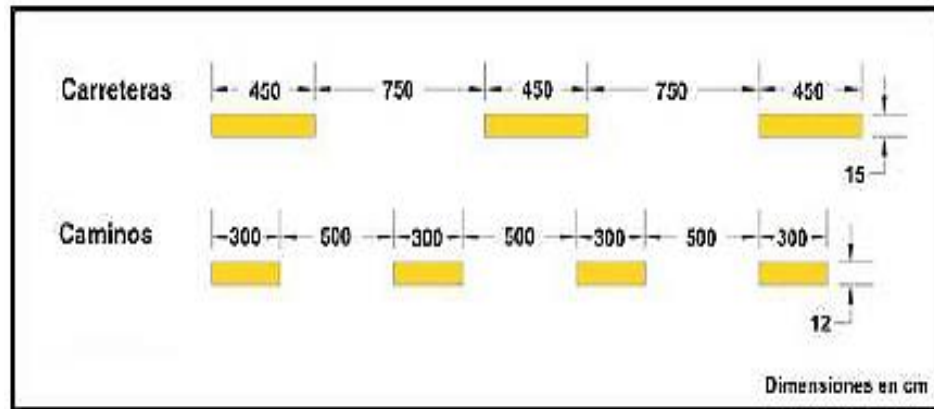
Corresponde a las líneas que indican el lugar, ante el cual, los vehículos que se aproximan a un cruce o paso de peatones, deben detenerse. En vías urbanas con velocidad máxima permitidas iguales o inferiores a 60 km/h., y en el camino, el ancho mínimo debe ser de 20 cm. En cambio, cuando se trate de vías urbanas con velocidades máximas superiores a 60 km/h, y en carreteras, el ancho mínimo será de 30 cm.

Cruce controlado por señal ceda el paso

En este caso la línea de detención corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea segmentada doble y constituyendo un complemento a la señal vertical ceda

el paso (SR-2). Las líneas de detención indican al conductor que enfrenta la señal CEDA EL PASO, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo deberá detenerse, buscando optimizar la visibilidad del conductor sobre la vía prioritaria.

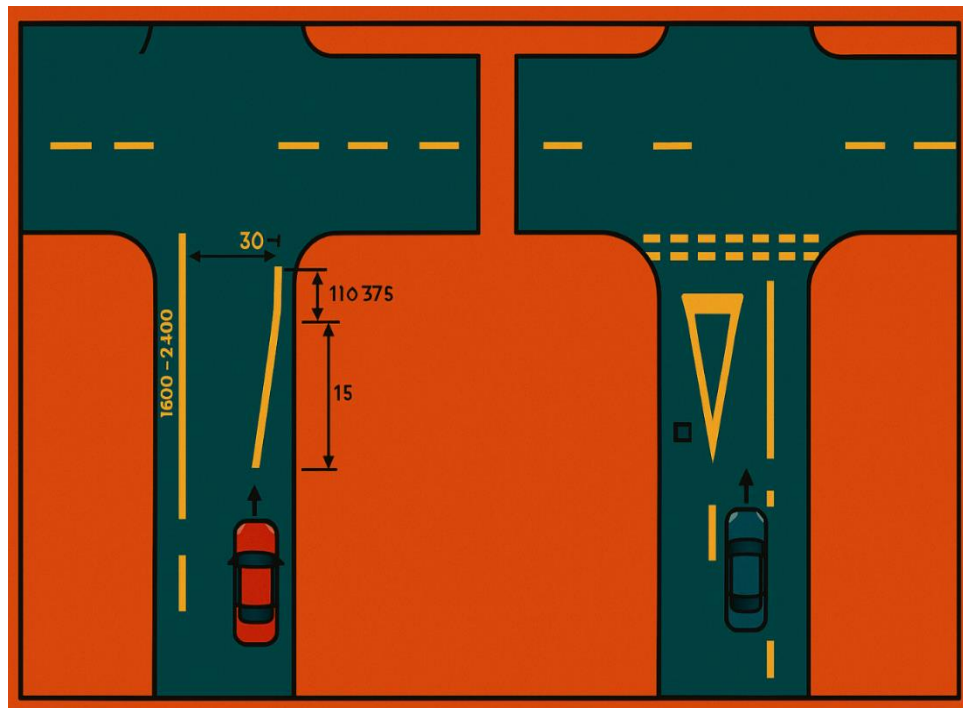
Figura N° 2.31 Línea de detención ceda el paso



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Las líneas de detención deberán demarcarse siempre y deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitud de segmentos y brechas.

Figura N° 2.32 Determinación en cruce regulado señal ceda el paso

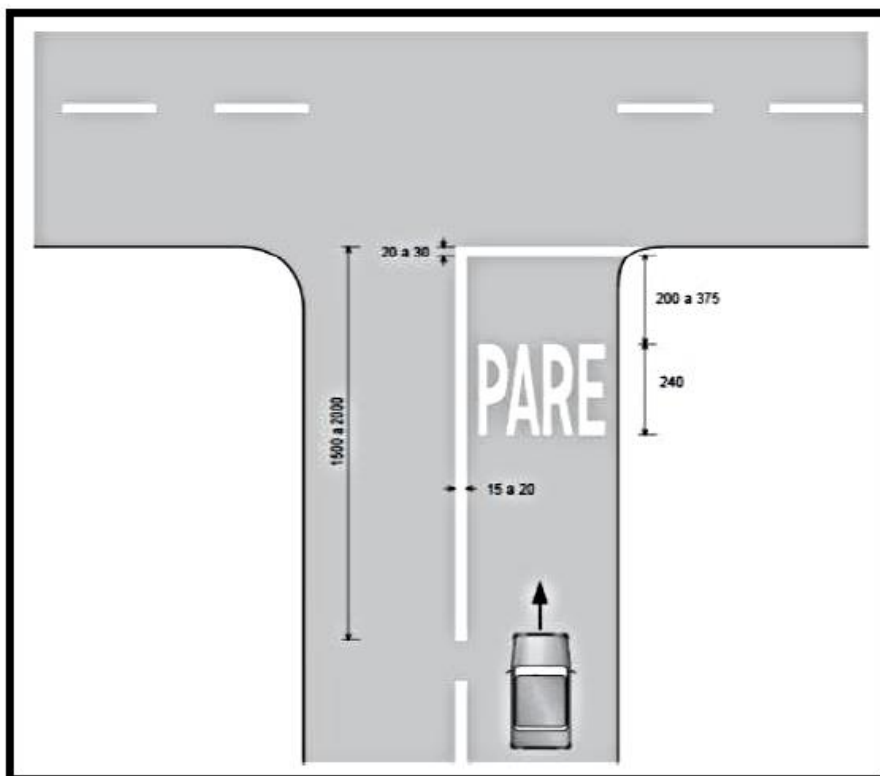


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Cruce controlado por señal pare**

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal PARE, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad. Estas líneas de detención deben demarcarse siempre; y deberá presentar las características, en cuanto a ancho.

Figura N° 2.33 Señalización horizontal en cruce regulado señal pare

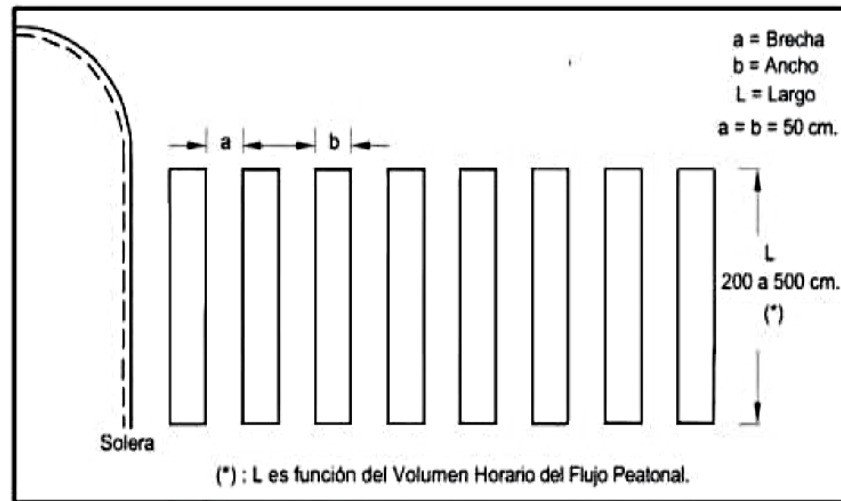


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebra**

Esta demarcación, se utiliza para delimitar una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta. Dicha zona se compone de una línea transversal segmentada, cada segmento tiene un ancho de 50 cm, una brecha de 50 cm y un largo constante que puede variar entre 2,0 - 5,0 m según el volumen del flujo peatonal. El borde de la banda más próxima a cada solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm. de ésta. La línea de detención asociada al cruce peatonal indicará al conductor que enfrenta un paso de cebra, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo deberá detenerse.

Figura N° 2.34 Largo de peatones a un alto flujo peatonal

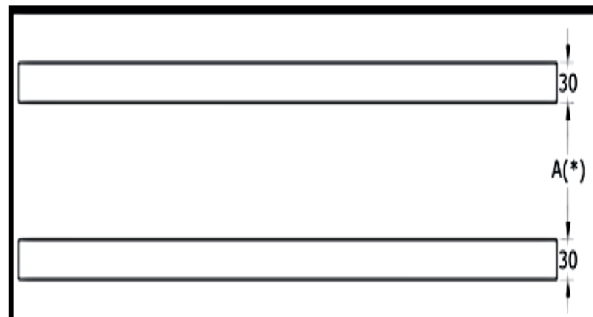


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Líneas para cruce peatonal semaforizados**

Corresponde a las líneas de demarcación, que delimitan el sector de la calzada empleada por los peatones, para realizar el atravesado en cruces regulado por semáforo.

Figura N° 2.35 Dimensiones demarcación peatonal semaforizado



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

La demarcación está conformada por dos líneas paralelas de color blanco, cuyo ancho es de 30 cm. y 50 cm. En caso que la intersección presente desalineamientos geométricos, dichas líneas de demarcación podrán no ser paralelas. No obstante, la línea de detención deberá ubicarse entre 1 metro de la línea transversal más próxima que delimita la senda de cruce. El ancho “A” de la senda peatonal será de 2 m como mínimo. Para flujos peatonales mayores a 500 peatones por hora, el ancho del paso peatonal, deberá ser aumentado en 0,5 metros por cada 250 peatones por hora, con un máximo de 5 metros.

2.3.6.1.5 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. La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos, como amarillo, negro, etc. para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso. Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican, con la excepción de la flecha de advertencia.

- **Flechas**

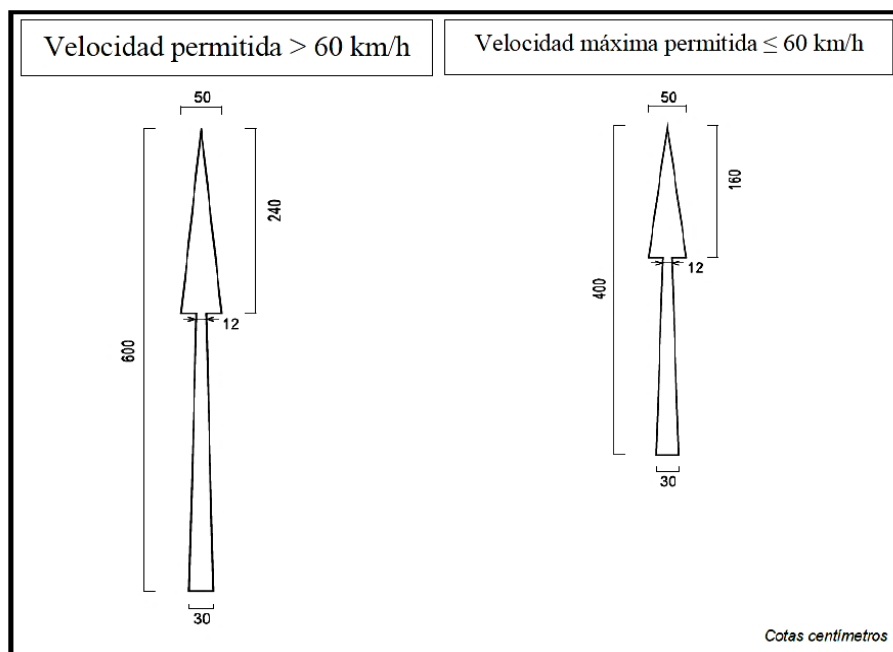
Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos que transitan por una pista de circulación, lo que contribuye a la seguridad y expedición del tránsito.

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

- **Flecha recta**

Ésta flecha indica que la pista donde se ubica, está destinada al tránsito que continúa en línea recta. En general, se utiliza en aproximaciones a intersecciones, empalmes o enlaces.

Figura N° 2.36 Flecha recta



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Flecha de viraje**

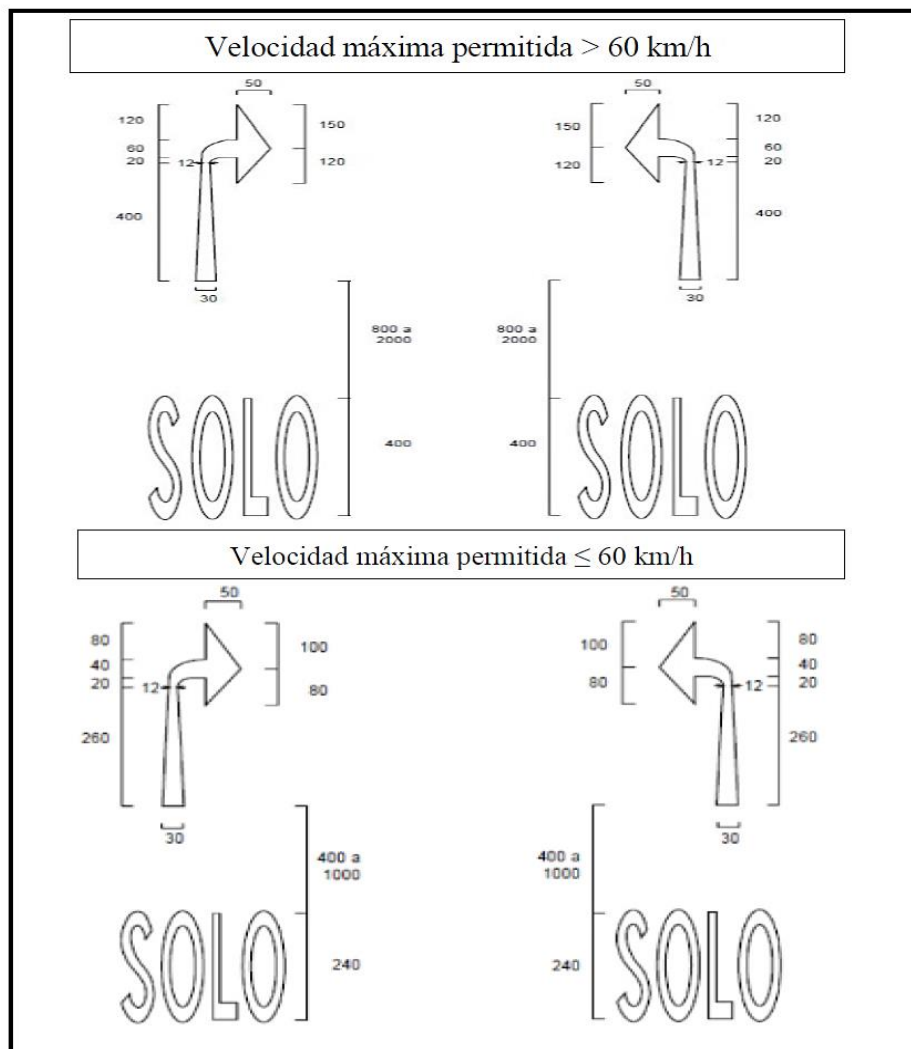
Ésta flecha indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha. En general se utiliza en las proximidades de intersecciones y empalmes para señalar a los conductores las pistas donde sólo es posible virar. Debe ser reforzada con la leyenda “SOLO”

Velocidad permitida > 60 km/h

Velocidad máxima permitida ≤ 60 km/h

En cuanto a las formas y dimensiones, en función del tipo de vía, este símbolo debe cumplir con las características señaladas.

Figura N° 2.37 Flecha de viraje



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

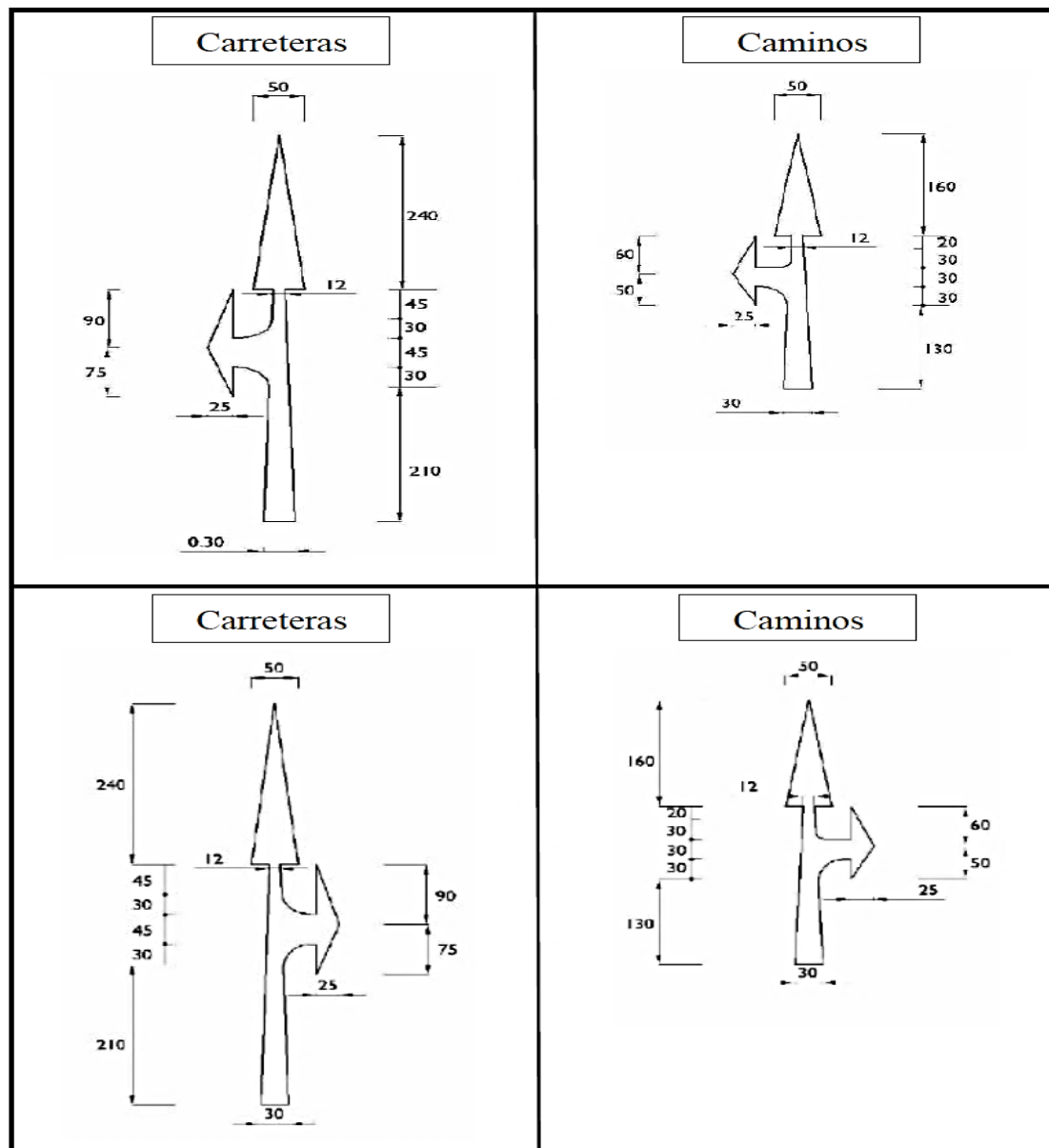
- **Flecha recta y de viraje**

Esta señal indica que la pista donde se ubica, está destinada tanto al tránsito que continúa en línea recta como al que vira en la dirección y sentido indicado por la flecha de viraje. Se utiliza en las proximidades de intersecciones, empalmes y enlaces para advertir a los conductores las maniobras permitidas en las pistas laterales.

Velocidad máxima permitida > 60 km/h

Velocidad máxima permitida $\leq$ 60 km/h

Figura N° 2.38 Flecha recta y de viraje

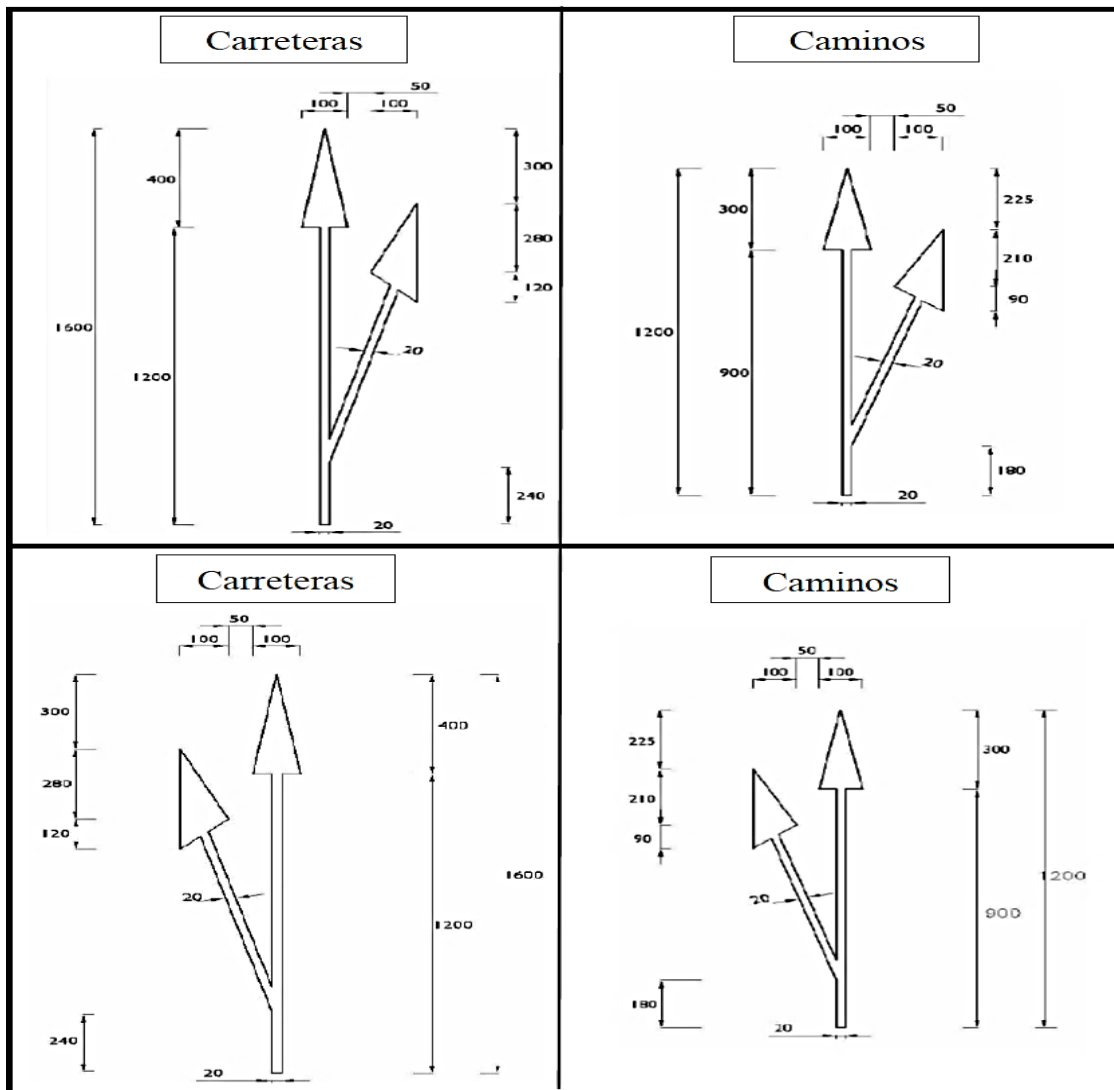


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

- **Flecha recta y de salida**

Ésta flecha se utiliza en autopistas, autovías y vías rurales para indicar donde se puede iniciar la maniobra de salida utilizando una pista de salida o desaceleración. Se ubica en el centro de la pista contigua a las mencionadas.

Figura N° 2.39 Flecha recta y de salida



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

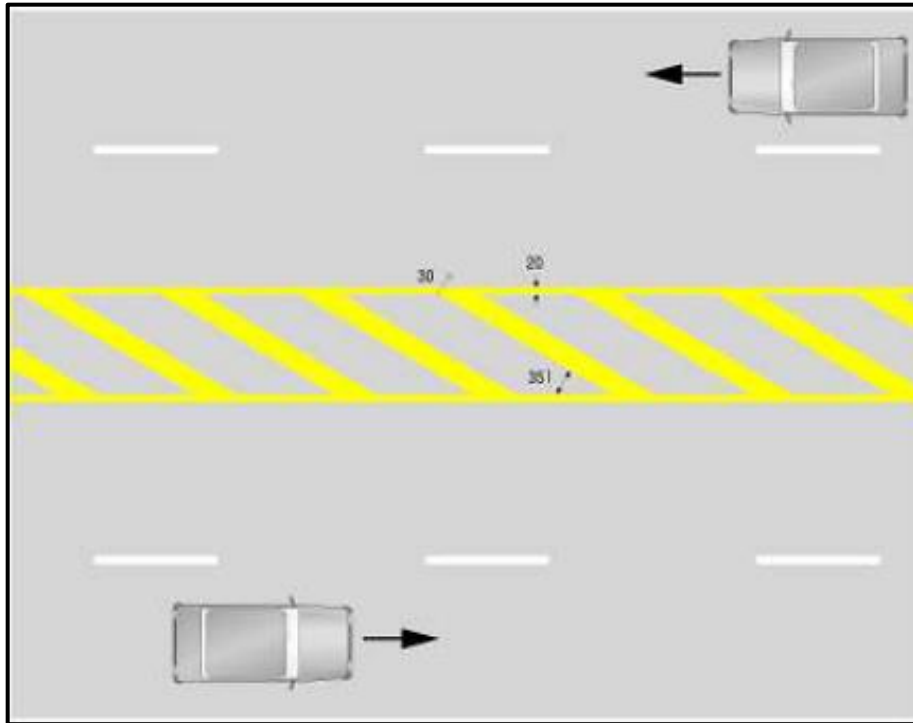
2.3.6.2 Otras demarcaciones

2.3.6.2.1 Achurado

La función de los achurados es de prevenir a los conductores la aproximación de islas y Bandejones, así como canalizar el flujo vehicular. Se distinguen distintos tipos de achurado; en diagonal y en "V" los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones

y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies retranqueadas que se extienden por el costo del separador.

Figura N° 2.40 Achurado



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

En el caso de los achurados en “V” se emplean para anunciar en una isla o bandejon, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.

2.3.6.2.2 Resaltos

El exceso de velocidad es una de las causas de la ocurrencia y la gravedad de los accidentes de tránsito, entonces, para disminuir la velocidad se deberá recurrir al empleo de medidas reductoras de velocidad como son los resaltos.

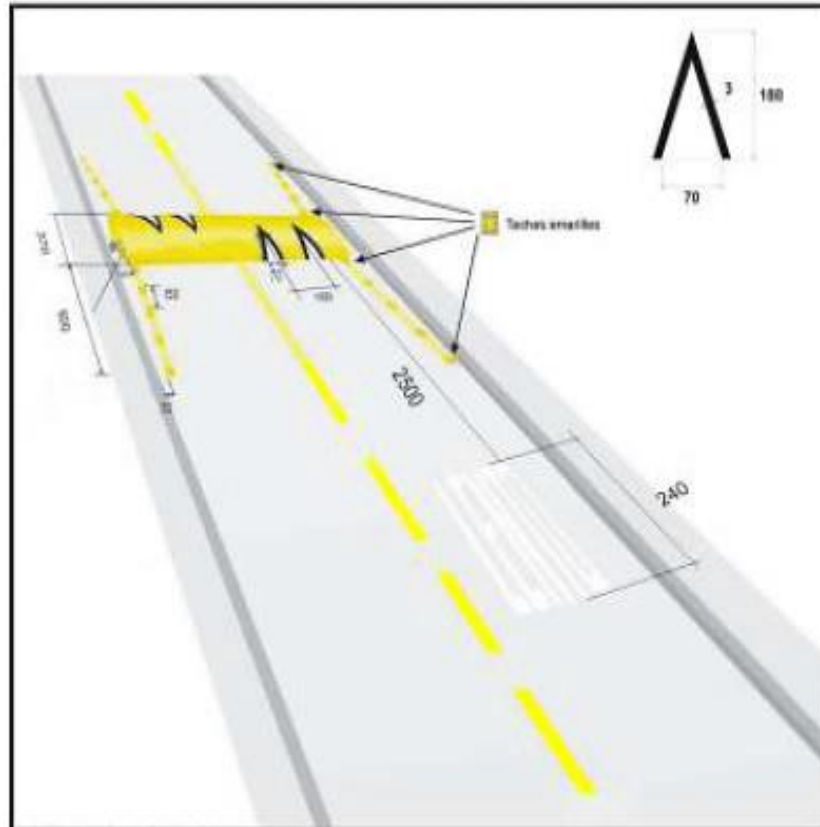
Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos.

La ubicación de estos resaltos se empleará para resolver los siguientes problemas:

- En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.
- Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.

- En cruces y vías para proteger el flujo peatonal.
- Cruces regulados por señales de prioridad, para q los conductores respeten la velocidad.
- Zonas de escuela y plazas de juegos infantiles.

Figura N° 2.41 Resalto



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

2.3.7 Definición y función de los semáforos

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

Los objetivos del diseño de una intersección controlada por semáforos pueden resumirse en:

- Reducir y prevenir accidentes en la intersección y su cercanía inmediata.
- Reducir las demoras que sufren peatones y vehículos al cruzar la intersección, incluyendo evitar el bloqueo de cruces por largas colas.

- Reducir el consumo de combustible en la intersección.
- Reducir la emisión de contaminación del aire y otros factores que deterioran el medio como el ruido.

También es una de las maneras más efectivas de control vehicular y peatonal en una intersección es el uso de semáforos. El factor más importante que determina la necesidad para uso de semáforos en una intersección en sí, es el volumen de tránsito en el acceso a la intersección, así como el volumen de peatones y los accidentes de tránsito.

2.3.7.1 Clasificación de semáforos

La siguiente clasificación de semáforos se ha hecho en base al mecanismo de operación de sus controles. Según esto, tenemos la siguiente división:

2.3.7.1.1 Semáforos para el control de tránsito de vehículos

Semáforos pre sincronizados o de tiempos predeterminados: Un semáforo pre sincronizado es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo predeterminado o a una serie de dichas programaciones establecidas.

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

2.3.7.1.2 Semáforos para el control de pasos peatonales

Los semáforos para peatones son señales de tránsito instaladas para el propósito exclusivo de dirigir el tránsito de peatones en intersecciones semaforizadas.

En zonas de alto volumen peatonal: Comúnmente llamados semáforos para peatones, son los que regulan el tránsito de peatones en intersecciones donde se registra un alto volumen peatonal y se deben instalar en coordinación con semáforos para vehículos.

En zonas escolares: Los semáforos en zonas escolares son dispositivos especiales para el control del tránsito de vehículos, que se colocan en los cruces establecidos en las escuelas con el propósito de prevenir al conductor de la presencia de un cruce peatonal.

2.3.7.1.3 Semáforos especiales

Semáforos de destello o intermitentes: Son aquellos que tienen una o varias lentes de color amarillo o rojo que se iluminan intermitentemente.

Semáforos para regular el uso de canales: Los semáforos para regular el uso de canales son aquellos que controlan el tránsito de vehículos en canales individuales de una calle o carretera.

Están instalaciones se caracterizan por las unidades de señales encima de cada canal de la calzada. Se emplean señales para explicar su significado y propósito.

Semáforos para puentes levadizos: Son aquellos que se instalan en los accesos de puentes levadizos, con el objeto de controlar el tránsito de vehículos en ese lugar.

Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia: Son semáforos convencionales con una adaptación especial para dar prioridad de paso a los vehículos de emergencia.

2.3.7.2 Tipos de semáforos

- **Semáforos vehiculares**
- **Semáforos peatonales**

2.3.7.2.1 Semáforos vehiculares

Los semáforos de acuerdo al tipo de intersección deben ser ubicados en cada uno de los accesos de la intersección totalmente visible a los conductores.

A) Al lado de la vía de tránsito:

- 1.- Postes entre 2.40 y 4.50 metros de alto.
- 2.- Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas).

B) Por encima y dentro de la vía de tránsito:

- 1.- Postes o pedestales en islas.
- 2.- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía.
- 3.- Suspendidos mediante cables (Guayas).

Los accesorios de fijación deben permitir ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable.

- **Ubicación transversal**

El semáforo con soporte del tipo poste se ubicará a 0.60 metros medidos de la orilla exterior de su parte más saliente.

Cuando no exista la acera, se ubicarán de tal manera que la proyección vertical de su parte más saliente coincida con el hombrillo del camino, fuera del acotamiento.

- **Altura**

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

Para semáforos con soporte del tipo poste, Altura mínima 2,50 metros. Altura máxima 4,50 metros. Nos muestra la (Figura 2.42).

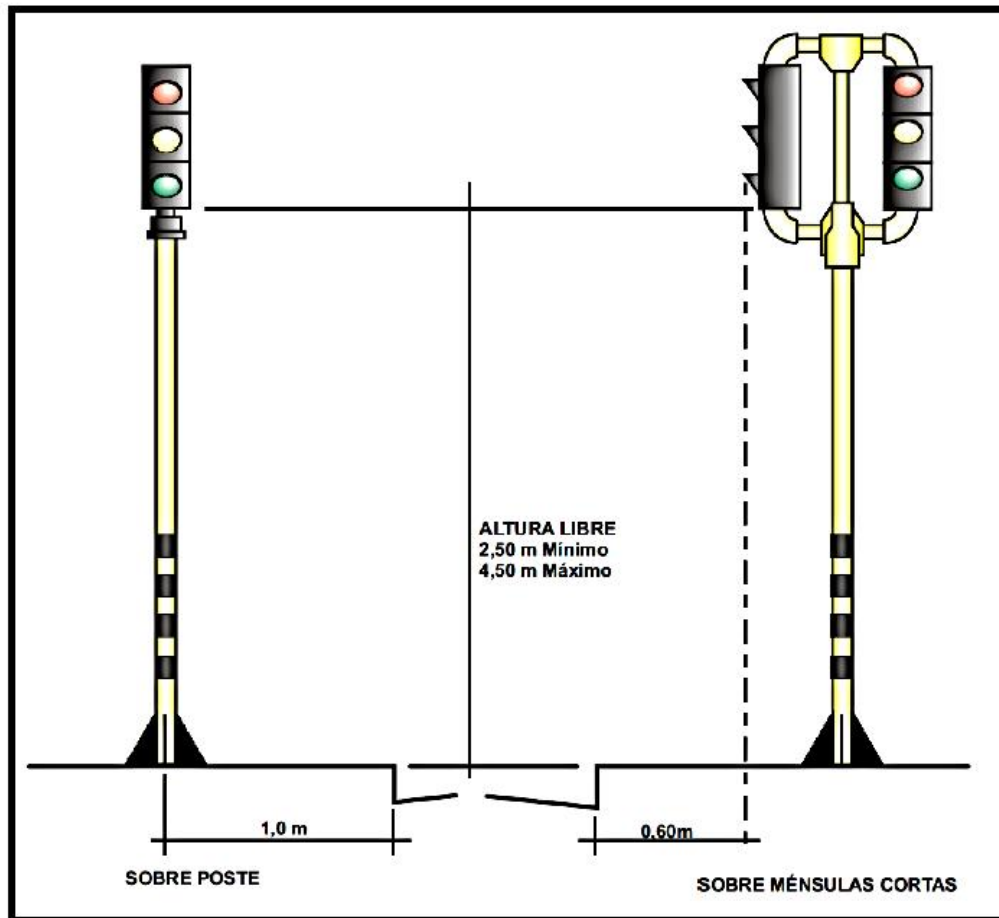
Para semáforos con soporte del tipo ménsula larga (Figura 2.43) Altura mínima 5,30 metros. Altura máxima 6,00 metros.

Para semáforos suspendidos por cables con una altura mínima 5,30 metros. Altura máxima 6,00 metros, (Figura 2.44).

- **Forma**

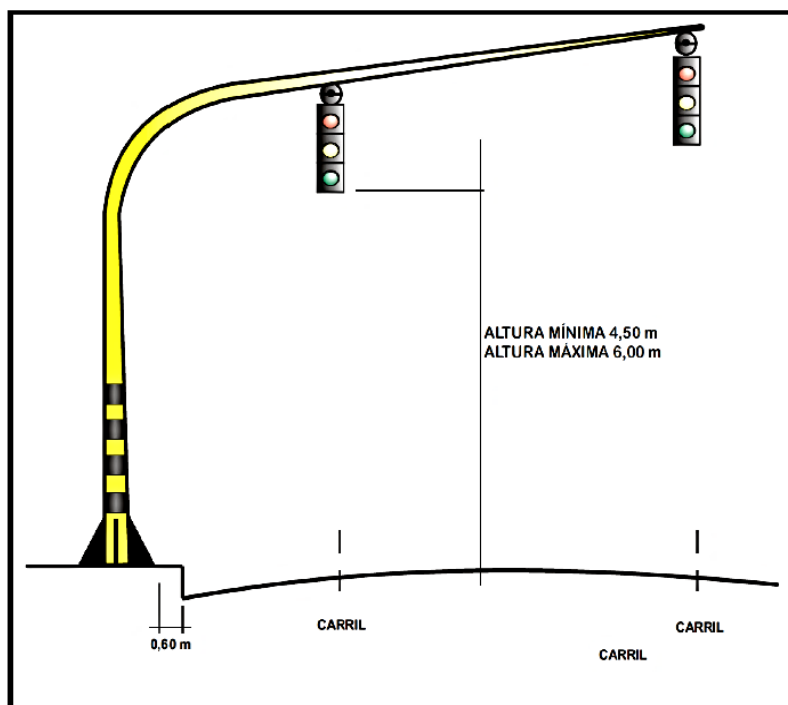
Todas las lentes de los semáforos para control vehicular deberán ser de forma circular, excepto las verdes con flechas, que pueden ser rectangulares.

Figura N° 2.42 Semáforos montados en postes



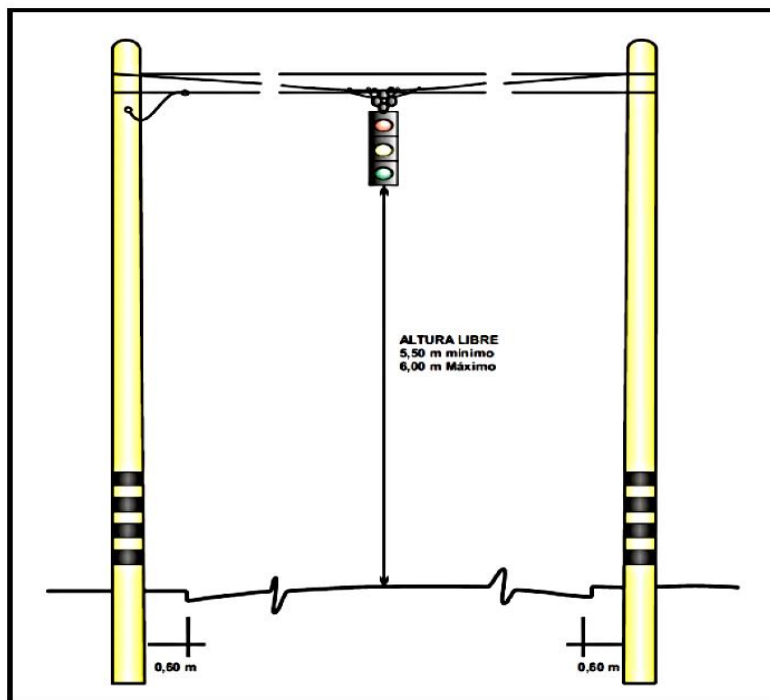
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.43 Semáforo montado en ménsula larga sujeta a parte lateral



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Figura N° 2.44 Semáforo montado suspendido por cables



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

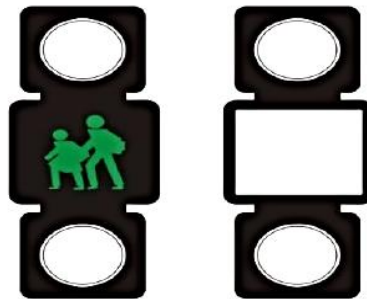
2.3.7.2.2 Semáforos peatonales

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

-La indicación PARE iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá atravesar la calle en dirección a la señal, mientras ésta se encuentra encendida.

-La indicación de PASE iluminada en color verde fijo significa que los peatones al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del que se encuentran frente mismo.

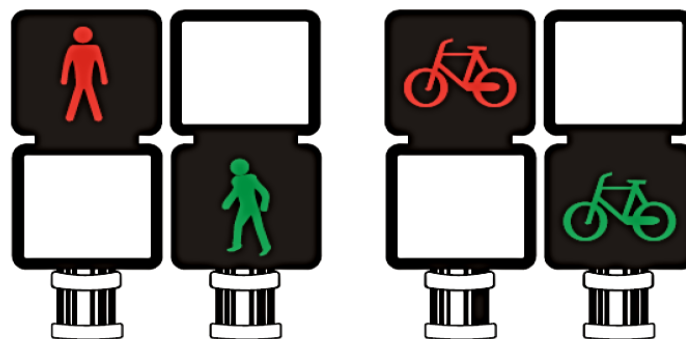
Figura N° 2.45 Semáforo en zonas escolares



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.)

-La indicación de PASE en color verde intermitente significa que un peatón no deberá empezar a cruzar la calle en dirección de la señal, porque la luz de ésta va a cambiar a la indicación de PARE; cualquier peatón que haya iniciado su cruce durante la indicación fija deberá acelerar la marcha y seguir hasta la acera o la isla de seguridad.

Figura N° 2.46 Semáforo para la indicación para dar paso a peatones



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

2.3.7.3 Características de los semáforos vehiculares

Las características físicas de los semáforos son idénticas tanto para los de tiempo predeterminado como para los activados por el tránsito, la única diferencia consiste en el mecanismo que dirige la operación. Están constituidos por los siguientes elementos:

- **Cabeza:** Se denomina cabeza de un semáforo al elemento que contiene las señales luminosas y tiene un número determinado de caras en diversas direcciones y a su vez contiene a las señales luminosas o focos.
- **Caras:** Cada cara de un semáforo contiene 3 o más zonas ópticas o lentes que están formados verticalmente.
- **Focos:** Son lentes ópticos formado cada uno por una lente para un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso en una dirección y un vidrio difusor circular y viseras arriba y a los costados eventualmente.

2.3.7.4 Condiciones para la instalación de semáforos

Los semáforos de tiempos predeterminados deben ser instalados si cubren una o más de las siguientes condiciones.

- Condición N°1. Volumen mínimo de vehículos
- Condición N°2. Interrupción del tránsito continuo
- Condición N°3. Volumen mínimo de peatones
- Condición N°4. Movimiento o circulación progresiva
- Condición N°5. Antecedentes y experiencia sobre accidentes
- Condición N°6. Combinación de las condiciones anteriores

Condición N°1. Volumen mínimo de vehículos

La condición se cumple cuando en la vía principal y en el acceso de mayor flujo de la vía secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la tabla N° 2.7 durante un periodo de 8 horas de un día representativo.

Tabla N° 2.7 Condición N° 1 volúmenes mínimos

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

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

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

Condición N°2. Interrupción del tránsito continuo

La condición de interrupción del tránsito continuo se entiende que es para ser aplicada en donde las condiciones de operación de una vía sean tales, que el tránsito de la vía secundaria sufra un retardo o riesgo indebido al entrar en la vía principal o al cruzarla.

Este requisito se satisface cuando, durante cada una de las ocho horas de un día representativo, en la vía principal y en la aproximación de mayor volumen de la vía secundaria, se tienen los volúmenes mínimos indicados en la Tabla N.º 2.8 y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito.

Tabla N° 2.8 Condición N° 2 demoras en el tránsito

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

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

Los volúmenes en las vías principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la vía secundaria puede ser hacia una dirección durante algunas horas y hacia la otra durante las demás.

Si la velocidad dentro de la cual está comprendido el 85% del tránsito de la vía principal excede a 60 kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población con 10.000 habitantes o menos, el requisito de interrupción de tránsito continuo se reduce al 70% de los volúmenes indicados en la tabla.

Condición No 3. Volumen mínimo de peatones

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

Tabla N° 2.9 Condición N° 3 volumen mínimo de peatones

Tipo de Intersecciones	Total de Veh/hr ambos sentidos		Total peatones/hr	Periodo de Mantenimiento de demanda (hora)
	Calzada no dividida	Calzada dividida>12m		
Fuera de áreas escolares	600	1000	150	8
Corresponde a áreas escolares	800		2500	2

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7ª Edición)

Cuando la velocidad del 80 % de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 km/h, o cuando la intersección se encuentre en poblaciones de menos de 10.000 habitantes, la condición de valores mínimos responde al 70 % de los consignados en la tabla anterior. Un semáforo instalado bajo la anterior condición en una intersección aislada, debe ser del tipo semiactivado por el tránsito con botones operados por los peatones que cruzan la vía principal. En conexión con semáforos para el control del tránsito instalados en cruces escolares, queda entendido que un semáforo no es la única solución al problema de conflictos del tránsito entre los vehículos y los escolares. Los períodos cortos durante los cuales los riesgos son inusualmente altos, con frecuencia son mejor dirigidos mediante el control de un agente de tránsito o patrullas escolares.

En algunas circunstancias, los alumnos responden a las indicaciones del semáforo en forma tan inadecuada que el semáforo puede convertirse en un factor que contribuye a aumentar los accidentes, en vez de disminuirlos.

La reacción ante el control de un agente de tránsito o las patrullas escolares usualmente es menos incierta. Los hechos completos deben ser recopilados, estudiados y analizada la información por ingenieros civiles o de transportes y vías, antes de tomar decisiones sobre la instalación de semáforos cerca de las zonas escolares. Como resultado de estos estudios y en consideración a los métodos de control anteriormente enumerados, los semáforos pueden justificarse sí:

1. Los volúmenes de peatones en un cruce escolar determinado en la vía principal exceden de 250 peatones por hora, durante dos horas.
2. Durante cada una de las mismas dos horas el tránsito de vehículos por el cruce escolar en cuestión excede de 1.600 vehículos.
3. No hay semáforo a menos de 300 metros del cruce.

Los semáforos en cruces de peatones instalados bajo estas condiciones deben ser del tipo activado por los peatones.

Condición N°4. Movimiento o circulación progresiva

El control del movimiento progresivo a veces demanda la instalación de semáforos en intersecciones donde en otras condiciones no serían necesarios, con el objeto de regular eficientemente las velocidades de grupos compactos de vehículos.

Se satisface el requisito correspondiente a movimiento progresivo en los dos (2) siguientes casos:

1. En vías con circulación en un solo sentido o en vías en las que prevalece la circulación en un solo sentido y en las que los semáforos adyacentes están demasiado distantes para conservar el agrupamiento compacto y las velocidades deseadas de los vehículos.
2. En las vías de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no proveen el adecuado agrupamiento de vehículos ni el control de la velocidad y el semáforo propuesto junto con los adyacentes pueden conformar un sistema progresivo de semáforos. Un semáforo instalado atendiendo este requisito debe basarse en la velocidad que comprende el 85% del tránsito, a menos que un estudio del caso específico indique otra situación. En ningún caso debe considerarse la instalación de un semáforo de acuerdo con este requisito, si la separación entre semáforos resultase ser inferior a 300 metros.

Condición N°5. Antecedentes y experiencia sobre accidentes

La opinión general de que los semáforos reducen considerablemente el número de accidentes, rara vez se comprueba en la práctica. Por lo tanto, si ninguno de los requisitos, exceptuando el relativo a los accidentes se satisface, debe suponerse que no será necesario instalar el semáforo.

Los semáforos no deben instalarse con base en un solo accidente grave ni con base en demandas irrazonables o predicciones de accidentes que pudieran ocurrir.

Los requisitos relativos a los antecedentes sobre accidentes se satisfacen sí:

1. Una prueba adecuada de que otros procedimientos menos restrictivos, que se han experimentado en otros casos satisfactoriamente, no han reducido la frecuencia de los accidentes.

2. Ocurrieron cinco (5) o más accidentes en los últimos doce meses, cuyo tipo sea susceptible de corregirse con semáforos y en los que hubo heridos o daños a la propiedad con valor mayor a treinta veces el salario mínimo mensual legal vigente en el país.
3. Existe un volumen de tránsito de vehículos y peatones no menor del 80% de los requerimientos especificados en la condición de volumen mínimo de vehículos, en la condición de interrupción del tránsito continuo o en la condición de volumen mínimo de peatones.
4. La instalación no interrumpe considerablemente el flujo progresivo del tránsito.

Cualquier semáforo instalado bajo la condición de experiencia de accidentes debe ser semi-activado por el tránsito, con dispositivos que provean una coordinación apropiada, si es instalado en una intersección dentro de un sistema coordinado, y normalmente debe ser totalmente activado por el tránsito si es instalado en una intersección aislada.

Condición N°6. Combinación de las condiciones anteriores

Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumple en un 100%, pero dos (2) o más se satisfacen en un 80% del valor indicado para cada uno de ellos, se puede considerar justificada la instalación de semáforos. Las decisiones en estos casos excepcionales deben apoyarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen, debiendo estudiarse la conveniencia de emplear otros métodos que ocasionen menos demoras al tránsito. Todas estas normas están basadas en el empleo de semáforos de tiempo predeterminado, los semáforos activados por el tránsito pueden justificarse con menores volúmenes. Es conveniente que una instalación semafórica de tiempo predeterminado sea desactivada en los periodos de bajos volúmenes de tránsito (siempre que estos se mantengan en periodos de tiempo apreciables) y opere entonces con luces intermitentes de precaución o peligro.

2.3.7.5 Determinación de ciclo y fase

Un semáforo deberá tener un análisis sobre la duración total del ciclo y la distribución de tiempos entre las fases. La opción del tiempo de ciclo es delicado y muy difícil de determinar en forma óptima, solo la experiencia del proyectista y la experiencia en otros trazos urbanos ya semaforizados podrá dar una pauta para la adopción del tiempo de ciclo. La elección del tiempo que dure el ciclo se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 30 a 120 segundos. Pueden proveer dos o tres distribuciones de tiempo

que dará cabida a diferentes volúmenes de demanda en distintos periodos del día. En la determinación de los tiempos debe prestarse mucha atención a las siguientes variables:

- Volumen de demanda vehicular.
- Composición del tráfico.
- Volumen de demanda peatonal.
- Movimiento de giro.

- **Tiempo de fase amarilla**

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

Para asignar un tiempo a esta fase debemos tomar en cuenta la distancia de visibilidad de frenado. La velocidad de circulación media y al ancho de la intersección, teniéndose como relación que involucra estas acciones en las siguientes ecuaciones.

$$Ta = \frac{D}{V} + \frac{a}{V}$$

Primero se calcula la distancia de visibilidad de frenado (D) con la relación:

$$D = \frac{V * t}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f + i)}$$

Donde:

D= Distancia de visibilidad de frenado y la determinación con la relación (m.)

V= Velocidad de circulación media (km/hr)

t= Tiempo de reacción y percepción que para tramos urbanos varía entre (2–2,5 seg.)

f= Coeficiente de fricción de neumático, se toma un valor medio de (0,40)

i= Pendiente longitudinal de la intersección en el sentido del acceso

a= Ancho de la intersección (m.)

- **Tiempo de ciclo**

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

también determinar aproximadamente un ciclo recomendable con las siguientes relaciones.

$$T_c = \frac{1,5 * P + 5}{1 - Y}$$

Donde:

T_c= Tiempo de ciclo (seg.)

P= Tiempo total perdido por ciclo, número de fases por el tiempo de ambar (seg.)

Y= Flujo de saturación (factor de flujo)

- **Tiempo de fase verde y roja**

Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección, si los volúmenes los consideramos como valores totales la relación de equilibrio será:

$$\frac{VA}{tVA} = \frac{VB}{tVB}$$

Donde:

VA= Volumen acceso A (veh/hr)

VB= Volumen acceso B (veh/hr)

tVA= Tiempo de verde en acceso A (seg.)

tVB= Tiempo de verde en acceso B (seg.)

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que los valores del ciclo estarán dados por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de tiempo de fase verde y fase roja al valor de C, las ecuaciones son las siguientes:

$$C = \text{ciclo} - t_a - t_a'$$

$$\text{Ciclo} = t_{VA} + t_{VB} + t_a + t_a'$$

Donde:

C= Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja (seg.)

t_a= Tiempo de fase amarilla (seg.)

t_a'= Tiempo de fase amarilla del otro acceso (seg.)

Si en la ecuación de equilibrio coloco todo en función de una sola variable tendré que la relación es la siguiente:

$$\frac{VA * ta}{C - tVA} = \frac{VB * ta'}{tVB}$$

Esta ecuación de equilibrio que nos permite asegurar los tiempos de fase roja y fase verde varía si los tiempos de fase amarilla son diferentes teniéndose la siguiente relación:

$$\frac{VA * ta}{tVA} = \frac{VB * ta'}{tVB}$$

Cuando existen un conjunto de semáforos ubicados en varias intersecciones que están relacionadas entre sí por el comportamiento de la circulación del tráfico resulta más complejo debido a que es muy posible que cada intersección del conjunto tenga que disponer de diferentes fases o de tiempo de fase en los semáforos

2.3.8 Estacionamiento

2.3.8.1 Definición

Se definen como estacionamiento al área o superficie destinadas a la ocupación por parte de vehículos en un determinado tiempo que pueden estar ubicadas dentro o fuera de la vía. Con el fin de aclarar un poco este concepto vale la pena lo que es una parada corta, parada larga, estacionamiento, parqueo.

- **Parada Corta**

Se entiende por parada corta cuando el vehículo se detiene momentáneamente sobre la vía con el motor encendido y el conductor en su sitio, estas paradas cortas se producen en tiempos pequeños generalmente para el acceso o descenso de pasajeros o usuarios de vehículos ya sea particulares o públicas.

- **Parada Larga**

Se entiende por parada larga cuando el vehículo se detiene sobre la vía con el motor apagado, pero con el conductor en su sitio, este tipo de parada utiliza un tiempo mayor que el anterior, pero sigue siendo de carácter temporal o momentáneo.

- **Parqueo**

Se entiende por parqueo a la detención de vehículos fuera de la vía, dejados en espacios especialmente establecidos para detener el vehículo en forma permanente y por tiempos largos.

2.3.8.2 Causas del estacionamiento

El detener un vehículo ya sea momentánea o en forma permanente se debe a diferentes causas que de acuerdo a estudios realizados normalmente los más usados son:

- Comerciales
- Laborables
- De negocios
- De diversión

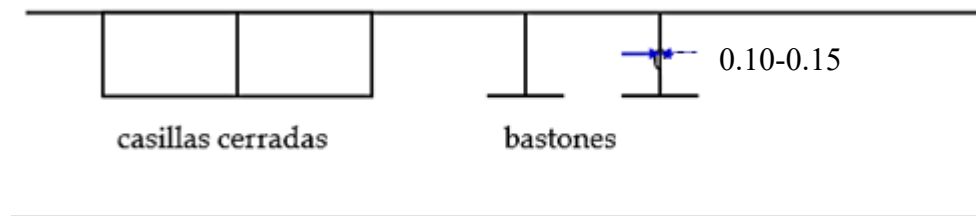
2.3.8.3 Tipos de estacionamientos

Se tienen en la práctica dos tipos de estacionamiento de acuerdo al lugar de su ubicación, es decir:

- Estacionamiento sobre la vía
- Estacionamiento fuera de la vía

a) Estacionamiento sobre la vía

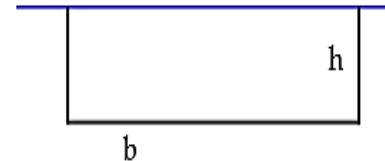
Son aquellos estacionamientos ubicados sobre la vía de circulación ocupando un espacio que inicialmente no está definido para la detención de vehículos, pero que por circunstancias de bajos volúmenes de circulación y de necesidad de espacios para la detención de vehículos momentáneos o permanentes se hace uso de una parte de la vía para ocuparlo como estacionamiento de vehículos. Estos podrán ser estacionamientos paralelos o estacionamientos oblicuos.



El estacionamiento paralelo cuyas casillas de estacionamiento tienen el mismo sentido de la vía de circulación y van inmediatamente antes de la acera. Su delimitación puede realizarse por casillas cerradas por bastones o líneas abiertas utilizando para ello pintura de señalización blanca con espesores de 0,10 a 0,15 más. Las dimensiones que deben tener un estacionamiento en paralelo están de acuerdo a la longitud y ancho de los vehículos que de acuerdo a normas utilizando los anchos promedios y longitudes promedios de los vehículos y en un mayor % que circulan por un trazo urbano se obtienen

las siguientes dimensiones recomendables. Cabe recalcar que en este tipo de estacionamientos si van a ser usados en una vía de trazo urbano se tenga cuidado en restringir tanto a la entrada como a la salida de cada cuadra una longitud igual a $2b$ de acuerdo al diseño de las casillas de estacionamientos está por fines de visibilidad que debe existir en las intersecciones. Esta restricción debe realizarse pintando las caras posterior y lateral de la acera con pintura amarilla

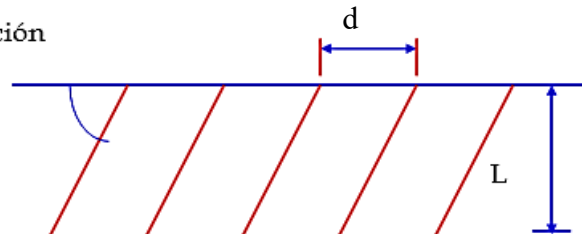
Chico = $b = 4.2$ mts. $h = 2.2$ mts.
 Medianos = $b = 5$ mts. $h = 2.4$ mts.
 Grandes = $b = 6$ mts. $h = 2.5$ mts



Los estacionamientos oblicuos son aquellos donde los cajones o casillas de estacionamientos no son paralelos a la línea de flujo y tiene una inclinación que permite una Optimización de la cantidad de casillas longitudinalmente, pero que para ello requiere también de un mayor espacio transversal al flujo de circulación.

Oblicuos

α ángulo de inclinación



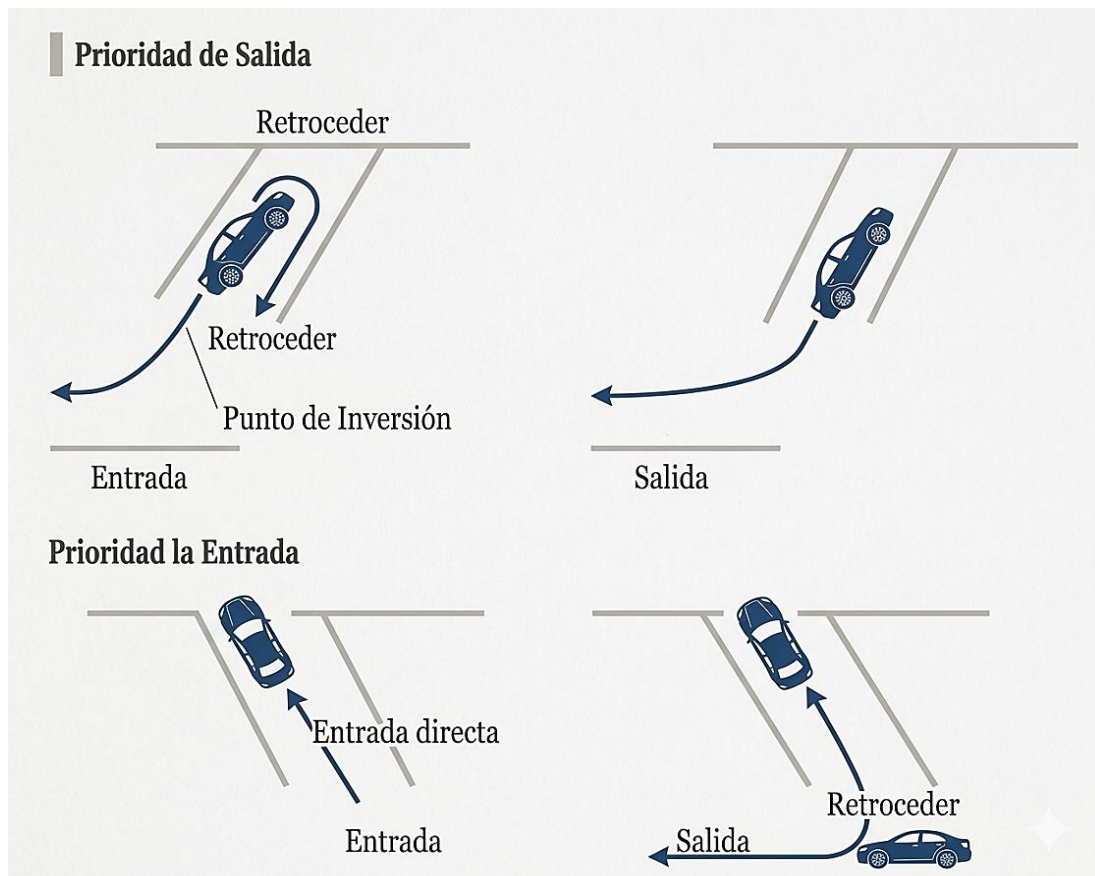
Normalmente en vías de trazo urbano con carriles normales de 2,50; 3,00 ó 3,30 mts, con ancho importante de acuerdo al ángulo de inclinación de las casillas de estacionamiento también van variando las dimensiones tanto en la separación “d” y el alto “L”. Algunos valores están dados en la siguiente Tabla N° 2.10.

Tabla N° 2.10 Valores recomendables

α	Distancia		L
	Mínimos	Máximo	Mínimo
30°	4,87	4,57	2,81
45°	3,96	3,36	3,96
60°	-	3,36	5,82
90°	-	2,74	-

Fuente: HCM Manual de Estacionamiento en vías públicas

De acuerdo a esta tabla podemos concluir diciendo que la elección del tipo de casillas oblicuas para estacionamiento dependerá del espacio disponible y de la maniobrabilidad que se le quiere dar. Estos estacionamientos oblicuos generalmente tienen dos posibilidades de maniobras 1 de entrada y otra de salida, para algunos proyectistas es más importante el ingreso que la salida, pero para otro en forma inversa, es más importante la salida que el ingreso, pero para ello se pueden dar dos sentidos diferentes de casilla de estacionamiento. Cuando la prioridad es de salida se tiene.



2.3.9 Oferta y demanda en estacionamiento dentro de la vía

El objetivo fundamental dentro del estudio de este ya sea para una vía, o zona o en conjunto para todo el trazo urbano es la determinación de la oferta de estacionamiento y la demanda del mismo y a partir de estos dos elementos tratar de encontrar un equilibrio entre ambos.

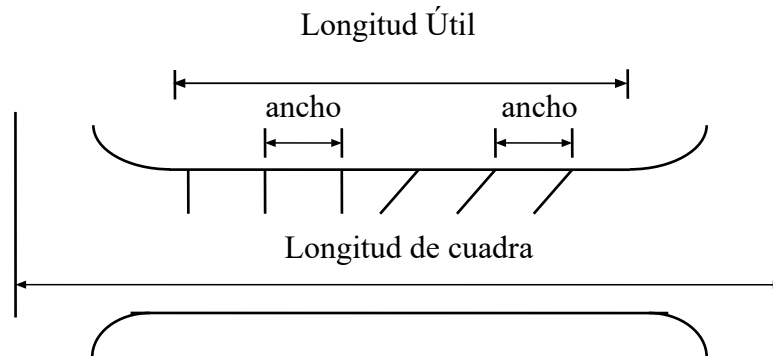
- **Determinación de la oferta de estacionamiento**

La oferta de estacionamiento esta dado por la relación

$$\text{Oferta} = \text{Nro. de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

El número de casillas se obtendrá a través de un levantamiento de la zona de estudio previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento.

El levantamiento consiste en determinar la longitud de las cuadras en la zona de estudio y a partir de ellas determinar las longitudes útiles.



El índice de ocupación es el Nro. de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora.

Este índice de ocupación se determina a través de un aforamiento en la zona de estudio para lo cual se hace un registro de las placas de los vehículos estacionados cada 15 minutos si son estudios de largo alcance podrán realizarse estos registros en 3 horas y en 3 días a la semana y 3 épocas del año si el estudio es corto se debe hacer un registro en una semana en por lo menos 10 horas al día considerando las 10 horas de mayor flujo.

- Demanda de estacionamiento

Para completar un estudio de estacionamiento es imprescindible determinar la demanda ya sea de la zona de estudio o en general la demanda de una ciudad, es muy difícil determinar con exactitud cuál es esa demanda, en virtud de que dependen de una serie de factores o variables como ser población. El número de vehículos en el parque automotor, volúmenes de circulación en la zona de estudio restricciones de estacionamiento, tiempo de estacionamiento, etc.

La influencia de cada una de estas variables en la cantidad de demanda de estacionamiento no es totalmente fija sino también dependerá o varía con relación a las horas de circulación a las zonas de la ciudad al no existir centros que proporcionen estacionamientos, lo que impide tener un valor exacto y único de demanda de estacionamiento sin embargo en la práctica se debe encontrar una metodología que nos permita determinar el valor de demanda de estacionamiento para una zona de estudio y

compararla con la oferta para establecer si existe o no la necesidad de contar con mayor espacios de estacionamiento o restricción de áreas de estacionamiento.

- **Metodología para obtener la demanda**

Para el cálculo de la demanda de estacionamiento observando la cantidad de vehículos estacionados en diferentes momentos del día y días de la semana.

El número del parque automotor actualizado que generalmente está registrado en los organismos de tránsito y en los departamentos de tráfico de los municipios.

Esta información mientras más desglosada sea mejor para el análisis es decir tener registros del parque automotor de vehículos particulares y públicos el registro de vehículos livianos, medianos y pesados, etc. El volumen máximo de circulación si el estudio máximo esta requerido solo a una zona son datos que provienen del estudio de volúmenes tanto como forma horaria y diaria se puede obtener valores de volúmenes de tráfico en circulación, donde se registraran todas las placas que se encuentran estacionadas.

Los tiempos de estacionamiento es una información que necesariamente resultara del aforamiento que se realice en la zona de estudio que consiste en registrar el número de vehículos en periodos de tiempos definidos generalmente en periodos de tiempos de 15 ó 20 minutos de tal manera que vayan identificando el tiempo de permanencia en el estacionamiento de esos valores se determina un promedio.

Para el cálculo de la Demanda se realizará con la siguiente fórmula:

$$\text{Demanda} = \text{Nro. veh estacionados} * \text{Iocupacion (Nº de Placas)}$$

El índice de ocupación es el Nro. de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora, para dicho estudio se tomó el valor de 1. Este índice de ocupación lo asigna el proyectista

Demanda Futura

Para periodo de 5, 10 y 20 años

$$Df = \text{Nro. Vehículos estacionados} * (1 + 0,05)^n * I$$

Donde:

I= Índice de Ocupación

n= Nro. de años proyectados 5,10 y 20.

CAPÍTULO III

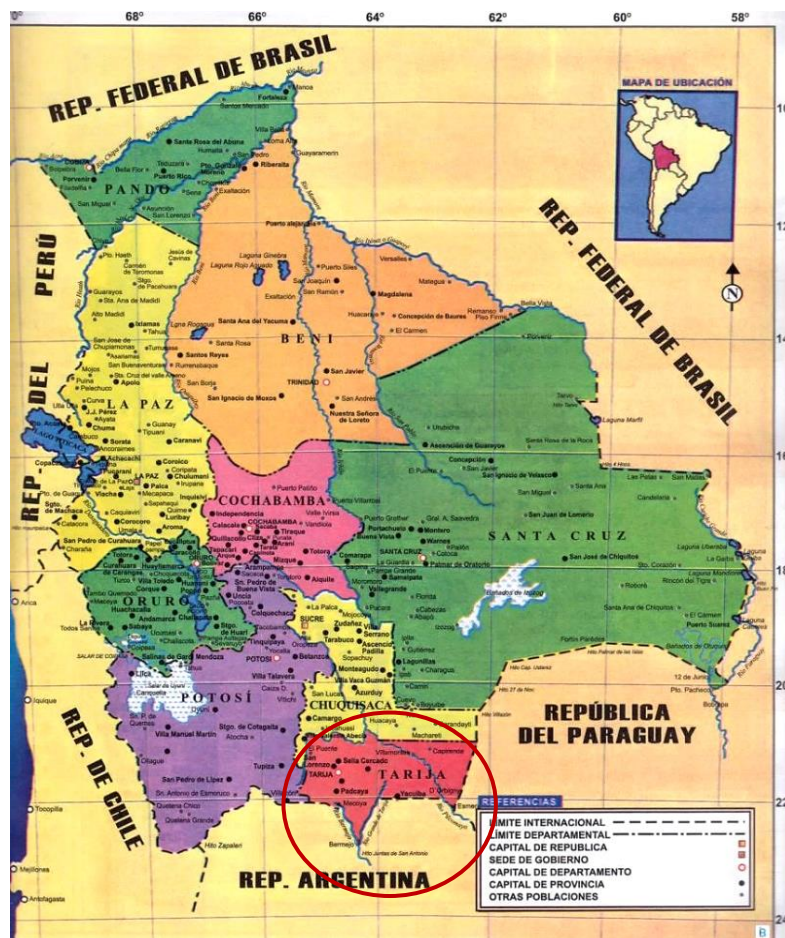
APLICACIÓN PRÁCTICA-ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Ubicación

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

La zona en estudio forma parte de los Distritos 1, 2, 3, 4 y 5, precisándose en la calle Bolívar y la Av. Domingo Paz que atraviesa los barrios Virgen de Fátima, Las Panosas, El Molino, San Roque y La Pampa. Estos barrios comprenden una densidad poblacional de 18.759 habitantes según los datos estadísticos a detalle del censo realizado el año 2012 por el INE, a la fecha actual no se cuenta con los datos estadísticos a detalle por barrios de la ciudad de Tarija.

Figura N° 3.1 Mapa de Bolivia



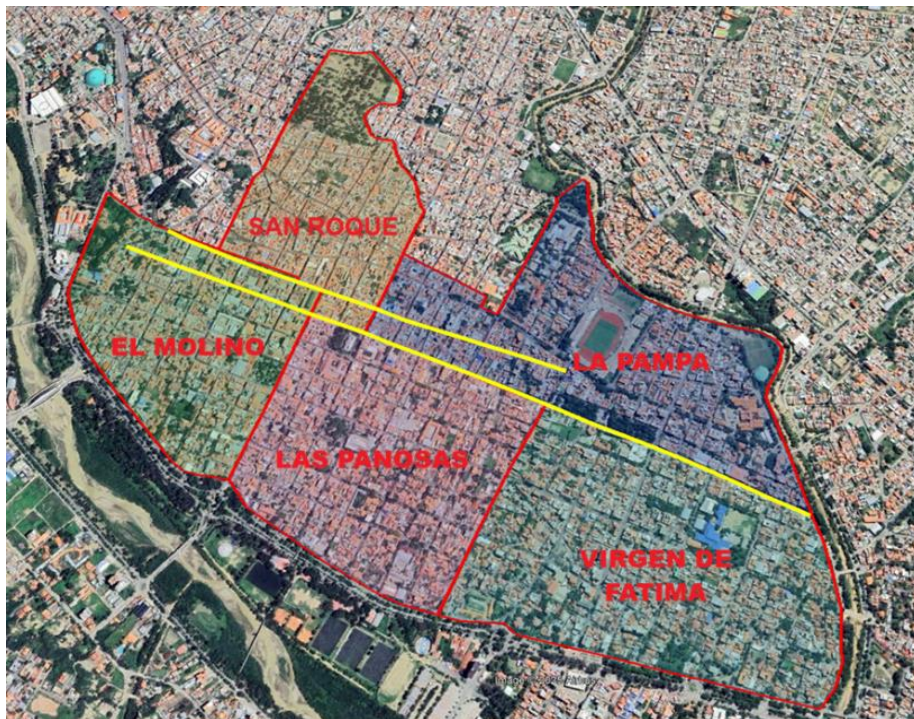
Fuente: Atlas de Bolivia.

Figura N° 3.2 Plano regional de Tarija



Fuente: Atlas de Bolivia.

Figura N° 3.3 Plano de la zona de estudio



Fuente: Google Earth.

Tabla N° 3.1 Coordenadas de la zona de estudio

Calle/avenida	Inicio		Final	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Calle Bolívar	21°32'14.33"S	64°43'7.27"O	21°31'49.06"S	64°44'20.94"O
Av. Domingo Paz	21°31'47.22"S	64°44'16.67"O	21°32'0.80"S	64°43'32.50"O

Fuente: Elaboración propia

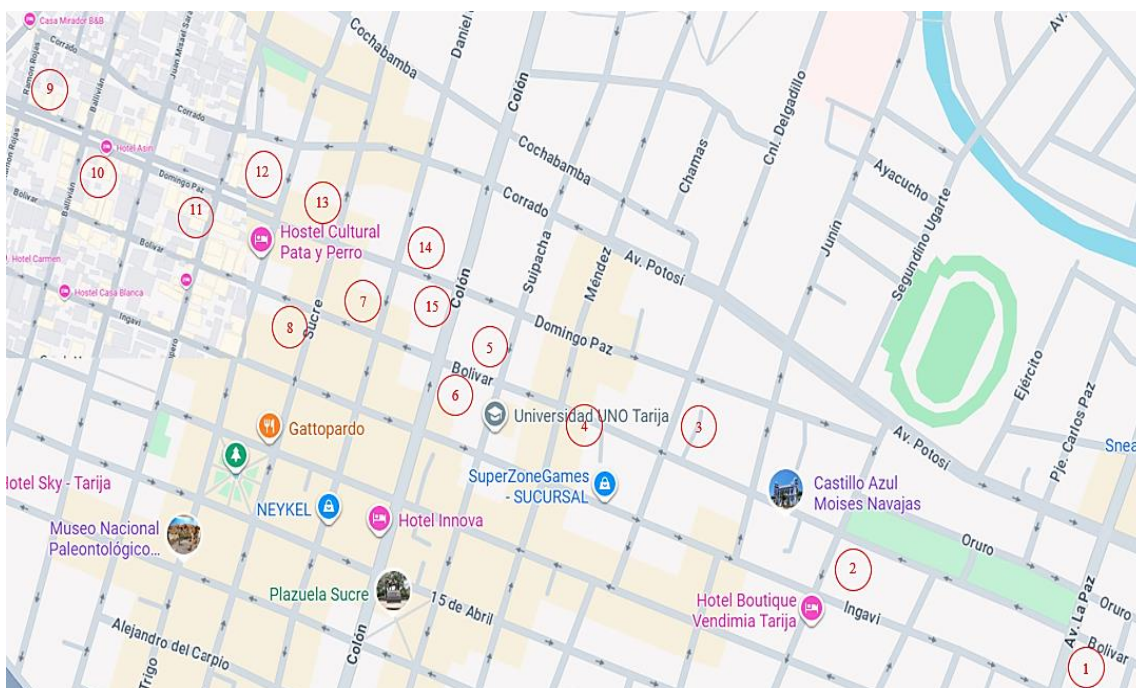
El estudio del proyecto se realizará en el centro de la ciudad de Tarija que cuentan con los requisitos necesarios para ejecutarlo, es por esto que la aplicación práctica del estudio requiere de datos específicos de estos tramos.

3.2 Características de los tramos

Los tramos de estudio se encuentran ubicados en la ciudad de Tarija que cuenta con las siguientes características:

El estudio abarca longitudinalmente la calle Bolívar desde la avenida Los Membrillos hasta la calle Ingavi y la Av. Domingo Paz desde la calle San Juan hasta la calle O'Connor. El tramo de estudio cuenta con 15 intersecciones, 8 intersecciones en la calle Bolívar y 7 intersecciones en la Av. Domingo Paz los cuales serán nuestros puntos de aforo para determinar el volumen vehicular y sus velocidades.

Figura N° 3.4 Plano de las intersecciones en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.5 Plano de los tramos de la zona de estudio vista satelital

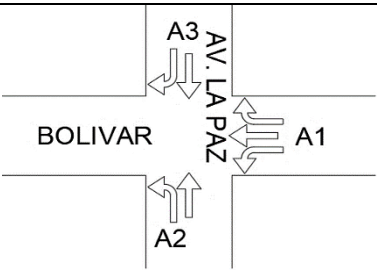
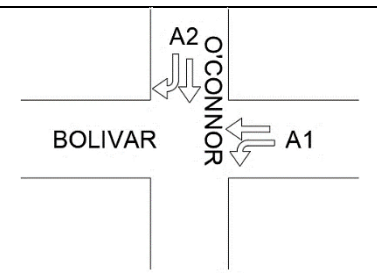
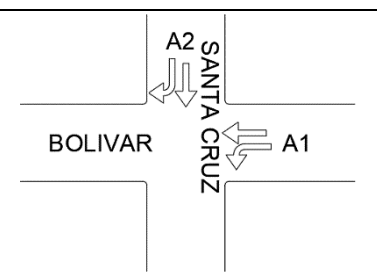
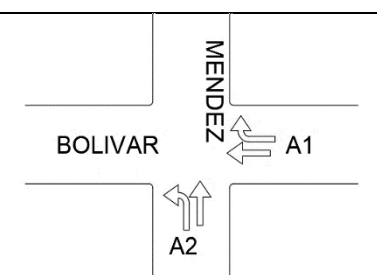
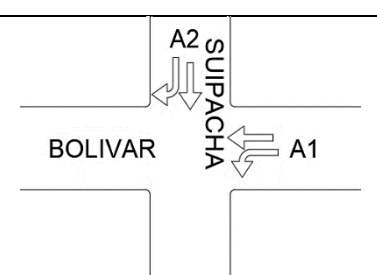


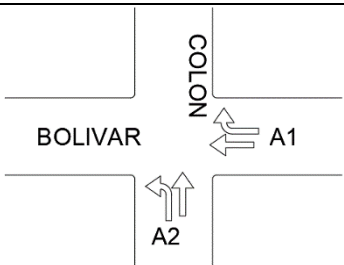
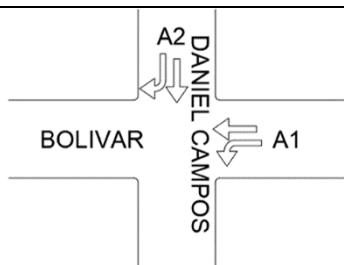
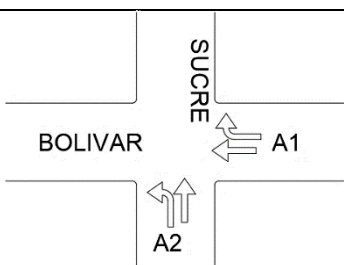
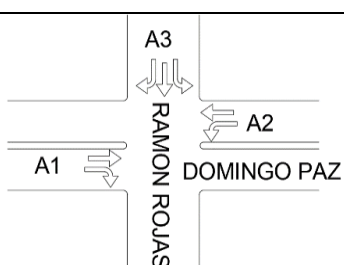
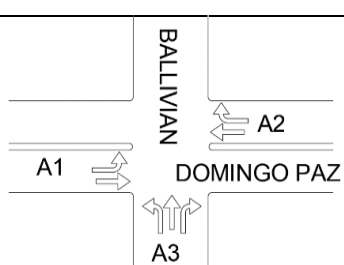
Fuente: Google Earth

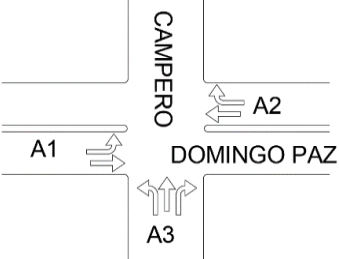
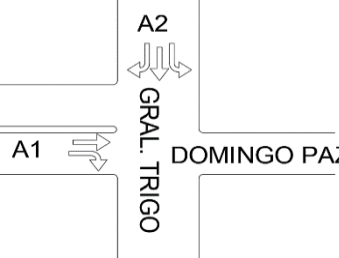
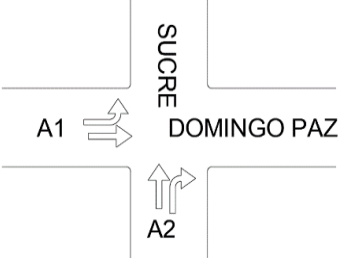
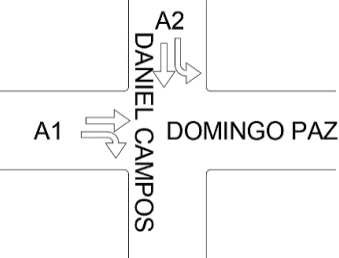
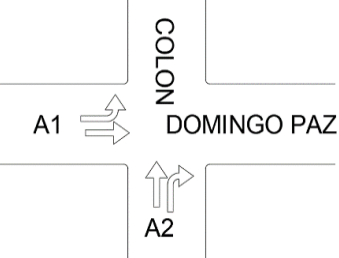
Tabla N° 3.2 Intersecciones en la zona de estudio

Nro	Lista de intersecciones
1	Calle Bolívar y Av. La Paz
2	Calle Bolívar y Calle O Connor
3	Calle Bolívar y Calle Santa Cruz
4	Calle Bolívar y Calle Méndez
5	Calle Bolívar y Calle Suipacha
6	Calle Bolívar y Calle Colón
7	Calle Bolívar y Calle Daniel Campos
8	Calle Bolívar y Calle Sucre
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero
12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon

Fuente: Elaboración propia

Intersección 1 Calle Bolívar y Av. La Paz	
	En la intersección se presenta: 3 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la Av. La Paz con 2 accesos La calle Bolívar cuenta con un ancho de 8,95 metros y la Avenida La Paz con cada acceso de 5,45 metros.
Intersección 2 Calle Bolívar y Calle O Connor	
	En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle O Connor con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 7,65 metros y la calle O Connor con un ancho de 8,05 metros.
Intersección 3 Calle Bolívar y Calle Santa Cruz	
	En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Santa Cruz con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 6,00 metros y la calle Santa Cruz con un ancho de 5,50 metros.
Intersección 4 Calle Bolívar y Calle Méndez	
	En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Méndez con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 5,40 metros y la calle Méndez con un ancho de 5,30 metros.
Intersección 5 Calle Bolívar y Calle Suipacha	
	En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Suipacha con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 5,40 metros y la calle Suipacha con un ancho de 5,30 metros.

Intersección 6 Calle Bolívar y Calle Colón		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Colón con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 5,30 metros y la calle Colón con un ancho de 10,55 metros.
Intersección 7 Calle Bolívar y Calle Daniel Campos		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Daniel Campos con 1 acceso. La calle Bolívar cuenta con un ancho de 10,55 metros y la calle Daniel Campos con un ancho de 5,35 metros.
Intersección 8 Calle Bolívar y Calle Sucre		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; La calle Bolívar cuenta con 1 acceso y la calle Sucre con 1 acceso La calle Bolívar cuenta con un ancho de 5,35 metros y la calle Sucre con un ancho de 3,05 metros.
Intersección 9 Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas		
		En la intersección se presenta: 3 accesos; La Av. Domingo Paz cuenta con 2 acceso y la calle Ramon Rojas con 1 acceso. La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 6,15 metros en cada acceso y la calle Ramon Rojas con un acceso de 5,30 metros.
Intersección 10 Av. Domingo Paz y Calle Ballivián		
		En la intersección se presenta: 3 accesos; La Av. Domingo Paz cuenta con 2 acceso y la calle Ballivián con 1 acceso. La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 6,12 metros en cada acceso y la calle Ballivián con un acceso de 5,30 metros.

Intersección 11 Av. Domingo Paz y Calle Campero		
		En la intersección se presenta: 3 accesos; La Av. Domingo Paz cuenta con 2 acceso y la calle Campero con 1 acceso. La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 6,00 metros en cada acceso y la calle Campero con un acceso de 5,30 metros.
Intersección 12 Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; la Av. Domingo Paz cuenta con 1 acceso y la calle Gral. Trigo con 1 acceso. La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 6,00 metros en cada acceso y la calle Gral. Trigo con un acceso de 5,50 metros.
Intersección 13 Av. Domingo Paz y Calle Sucre		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; la Av. Domingo Paz cuenta con 1 acceso y la calle Sucre con 1 acceso La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 5,30 metros y la calle Sucre con un ancho de 5,30 metros.
Intersección 14 Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; la Av. Domingo Paz cuenta con 1 acceso y la calle Daniel Campos con 1 acceso. La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 5,30 metros y la calle Daniel Campos con un ancho de 5,30 metros.
Intersección 15 Av. Domingo Paz y Calle Colon		
		En la intersección se presenta: 2 accesos; la Av. Domingo Paz cuenta con 1 acceso y la calle Colon con 1 acceso La Av. Domingo Paz cuenta con un ancho de 5,30 metros y la calle Colon con un ancho de 5,30 metros.

3.3 Estudio del tráfico en el área de estudio

3.3.1 Ubicación de tramos de estudio

Las intersecciones elegidas para el estudio en la avenida Domingo Paz y la calle Bolívar fueron seleccionadas porque en estos puntos se concentran la mayoría de los problemas de tránsito que se presentan en la zona central de la ciudad de Tarija.

Para la selección de estas intersecciones se observa que se registran una alta cantidad de circulación de vehículos, especialmente en determinados horarios del día es decir en horarios pico, lo que provoca congestión, demoras y dificultad para circular con normalidad con fluidez en dichas intersecciones, por esta razón, resultan adecuadas para analizar cómo se comporta el tránsito en toda la zona de estudio.

También se consideró la presencia constante de peatones, ya que se trata de un sector con actividad comercial, administrativa y de servicios, esta situación genera cruces frecuentes de personas, lo que incrementa los conflictos entre vehículos y peatones, sobre todo cuando no existe un control adecuado del tránsito y una educación vial de manera eficiente tanto de transeúntes y conductores.

Otro aspecto importante es que la avenida Domingo Paz y la calle Bolívar cumplen una función principal de conexión, permitiendo el acceso y salida hacia distintos sectores de la ciudad, eso hace que sus intersecciones sean puntos clave donde se acumula el tránsito y se evidencian problemas de circulación.

Además, en estos lugares se observan maniobras frecuentes de giro, paradas de transporte público y estacionamiento en vía, situaciones que reducen el espacio disponible para la circulación y afectan la fluidez del tránsito.

Por otro lado, se tomó en cuenta que algunas intersecciones presentan deficiencias en la señalización y control del tránsito, lo que contribuye al desorden vehicular y aumenta el riesgo de conflictos y accidentes.

Por todo lo mencionado anteriormente, las intersecciones seleccionadas representan de manera clara los problemas de tránsito existentes en la zona central de Tarija, permitiendo evaluar la situación actual y plantear recomendaciones prácticas para mejorar la circulación y la seguridad vial.

Para el respectivo estudio del tráfico se tomaron dichas intersecciones donde la cantidad de tramos son los siguientes:

Tabla N° 3.3 Tramos de Estudio

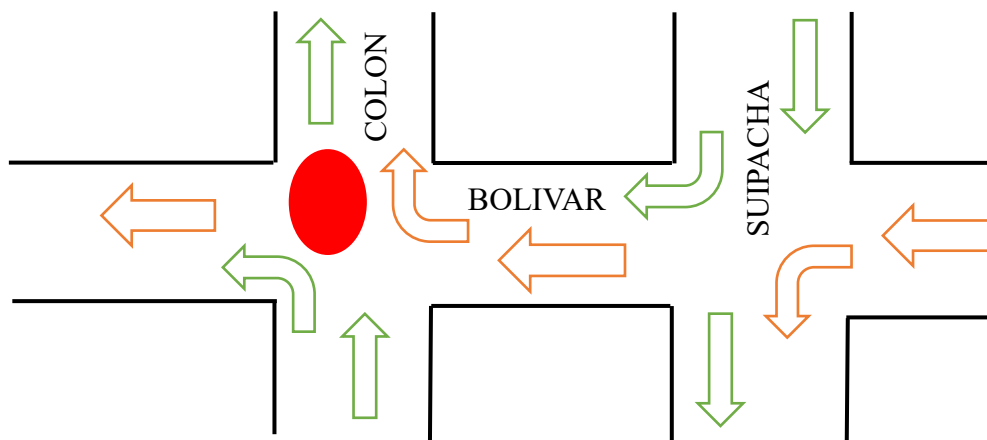
Nro de intersección	Intersección	Nro de Tramo	Lista de tramos
1	Calle Bolivar y Av. La Paz	1	Calle Bolivar entre Av. La Paz y Las Rosas
		2	Av. La Paz entre Bolivar e Ingavi
		3	Av. La Paz entre Bolivar y Oruro
2	Calle Bolivar y Calle O Connor	4	Calle Bolivar entre O Connor y Ejercito
		5	Calle O Connor entre Bolivar y Domingo Paz
3	Calle Bolivar y Calle Santa Cruz	6	Calle Bolivar entre Santa Cruz y Junin
		7	Calle Santa Cruz entre Bolivar y Domingo Paz
4	Calle Bolivar y Calle Méndez	8	Calle Bolivar entre Méndez y Santa Cruz
		9	Calle Méndez entre Bolivar e Ingavi
5	Calle Bolivar y Calle Suipacha	10	Calle Bolivar entre Suipacha y Méndez
		11	Calle Suipacha entre Bolivar y Domingo Paz
6	Calle Bolivar y Calle Colón	12	Calle Bolivar entre Colon y Suipacha
		13	Calle Colón entre Bolivar e Ingavi
7	Calle Bolivar y Calle Daniel Campos	14	Calle Bolivar entre Daniel Campos y Colon
		15	Calle Daniel Campos entre Bolivar y Domingo Paz
8	Calle Bolivar y Calle Sucre	16	Calle Bolivar entre Sucre y Daniel Campos
		17	Calle Sucre entre Bolivar e Ingavi
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	18	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas e Ingavi
		19	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas y Ballivian
		20	Calle Ramón Rojas entre Domingo Paz y Corrado
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	21	Av. Domingo Paz entre Ballivián y Ramon Rojas
		22	Av. Domingo Paz entre Ballivián y J. M. Saracho
		23	Calle Ballivián entre Domingo Paz y Bolivar
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	24	Av. Domingo Paz entre Campero y J. M. Saracho
		25	Av. Domingo Paz entre Campero y Gral. Trigo
		26	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar
12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	27	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero
		28	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	29	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo
		30	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	31	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre
		32	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon	33	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos
		34	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar

Fuente: Elaboración propia

El plano de todas las intersecciones estudiadas se encuentra en Anexo VIII.

Se realizará el procedimiento y cálculos de la intersección 6 (Calle Bolívar y Calle Colón) que nos permitan demostrar el estudio que se realizó en toda el área.

- Calle Bolívar y Colón



3.3.2 Aforo de volúmenes

3.3.2.1 Aforos de volúmenes de un día para determinar las horas pico

Se realizó el aforo de un día hábil (viernes 8 de agosto), desde las 7 de la mañana hasta las 9 de la noche en un tramo del centro de la ciudad, aforando los vehículos que circulan por la calle Bolívar, determinamos la cantidad de vehículos por hora para graficar en un histograma y establecer las horas pico del día, del cual se eligió las que tenían mayor cantidad por hora, mediante ese criterio obtuvimos las horas pico del día para todos los puntos ya mencionados y así realizar el estudio de velocidades, capacidad, estacionamiento y semaforización. La persona encargada del aforo se coloca al centro del tramo y realiza el conteo de vehículos, utilizando un cronómetro controla el tiempo, observando y anotando la cantidad de vehículos pasan por la ubicación en la que se encuentra luego se procede a realizar el histograma que nos permita decidir qué hora serán las picos del centro de la ciudad.

Tabla N° 3.4 Resumen de horario de volúmenes en la calle Bolívar

Horas	Volúmenes (veh/hr)
6:00 - 7:00	340
7:00 - 8:00	532
8:00 - 9:00	625
9:00 - 10:00	504
10:00 - 11:00	544
11:00 - 12:00	578

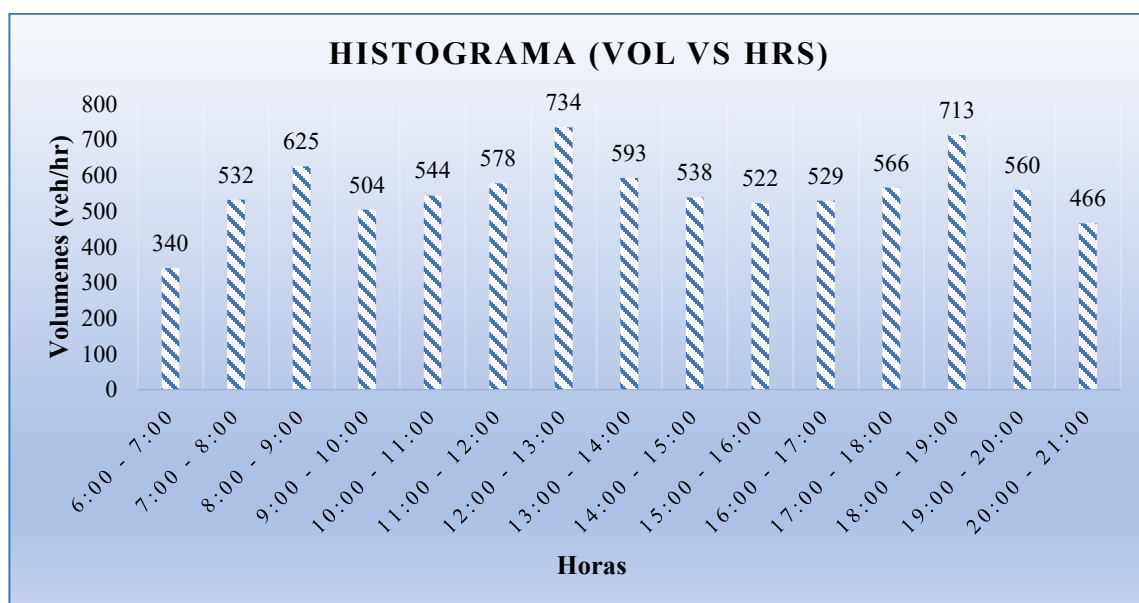
12:00 - 13:00	734
13:00 - 14:00	593
14:00 - 15:00	538
15:00 - 16:00	522
16:00 - 17:00	529
17:00 - 18:00	566
18:00 - 19:00	713
19:00 - 20:00	560
20:00 - 21:00	466

Fuente: Elaboración propia

La tabla recopilada de datos de aforo nos indica la cantidad de vehículos que circulan por dicho punto en cada hora tomando sus registros respectivos, para la determinación horas pico, se ubicó cómo punto de aforo la calle Bolívar, estableciendo que las horas de máximo volumen son: 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 pm.

Este gráfico es un histograma que muestra el volumen de vehículos por hora (Veh/Hora) a lo largo de un día, desde las 7:00 hasta las 21:00.

Figura N° 3.6 Horas pico de los aforos en la calle Bolivar entre Colon y Suipacha



Fuente: Elaboración propia

En el eje X representa las horas del día, desde las 7:00 hasta las 21:00 y el eje indica el volumen de tráfico expresados en vehículos por hora (Veh/Hora).

El gráfico muestra las horas pico en el tráfico vehicular del centro de la ciudad, identificando tres periodos críticos los cuales son 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 pm. donde circulan la mayor cantidad de vehículos por hora.

08:00 - 9:00 am= Donde circulan 625 vehículos por hora.

12:00 - 13:00 pm= Donde circulan 734 vehículos por hora.

18:00 - 19:00 pm= Donde circulan 713 vehículos por hora.

Las tablas e imágenes del aforo para la hora pico se encuentra en el Anexo I.

Tabla N° 3.5 Volúmenes de vehículos de la calle Bolivar entre Colon y Suipacha

				Públicos									Privados												
				Hora			Liviano			Mediano			Pesado			Liviano			Mediano				Pesado		
							GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD		GI	R	GD
Semana 1	Lunes	8:00 a 9:00	0	305	96	0	72	2	0	0	0	0	255	78	0	48	0	0	0	0	856				
		12:00 a 13:00	0	302	99	0	74	3	0	0	0	0	265	81	0	51	0	0	0	0	875				
		18:00 a 19:00	0	295	91	0	68	1	0	0	0	0	239	65	0	40	0	0	0	0	799				
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	308	99	0	75	5	0	0	0	0	258	81	0	51	0	0	0	0	877				
		12:00 a 13:00	0	300	97	0	72	1	0	0	0	0	263	79	0	49	0	0	0	0	861				
		18:00 a 19:00	0	294	90	0	67	0	0	0	0	0	238	64	0	39	0	0	0	0	792				
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66	0	42	0	0	0	0	0	225	48	0	18	0	0	0	0	674				
		12:00 a 13:00	0	272	69	0	44	0	0	0	0	0	235	51	0	21	0	0	0	0	692				
		18:00 a 19:00	0	265	61	0	38	0	0	0	0	0	209	35	0	10	0	0	0	0	618				
Semana 2	Lunes	8:00 a 9:00	0	297	96	0	76	1	0	0	0	0	253	85	0	39	0	0	0	0	847				
		12:00 a 13:00	0	305	99	0	75	1	0	0	0	0	262	84	0	38	0	0	0	0	864				
		18:00 a 19:00	0	313	91	0	74	0	0	0	0	0	271	82	0	37	0	0	0	0	868				
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	300	99	0	79	4	0	0	0	0	256	88	0	42	0	0	0	0	868				
		12:00 a 13:00	0	303	97	0	73	0	0	0	0	0	260	82	0	36	0	0	0	0	851				
		18:00 a 19:00	0	312	90	0	72	0	0	0	0	0	270	81	0	36	0	0	0	0	861				
	Domingo	8:00 a 9:00	0	267	66	0	46	0	0	0	0	0	223	55	0	9	0	0	0	0	666				
		12:00 a 13:00	0	275	69	0	45	0	0	0	0	0	232	54	0	8	0	0	0	0	683				
		18:00 a 19:00	0	283	61	0	44	0	0	0	0	0	241	52	0	7	0	0	0	0	688				

Semana 3	Lunes	8:00 a 9:00	0	301	96	0	73	1	0	0	0	0	280	81	0	36	0	0	0	0	868
		12:00 a 13:00	0	298	99	0	72	1	0	0	0	0	289	89	0	35	0	0	0	0	883
		18:00 a 19:00	0	285	91	0	71	2	0	0	0	0	298	88	0	34	0	0	0	0	869
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	295	99	0	76	4	0	0	0	0	283	84	0	39	0	0	0	0	880
		12:00 a 13:00	0	291	97	0	70	1	0	0	0	0	287	87	0	33	0	0	0	0	866
		18:00 a 19:00	0	294	90	0	70	1	0	0	0	0	297	87	0	33	0	0	0	0	872
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66	0	43	0	0	0	0	0	250	61	0	6	0	0	0	0	701
		12:00 a 13:00	0	272	69	0	42	0	0	0	0	0	259	59	0	5	0	0	0	0	706
		18:00 a 19:00	0	265	61	0	41	0	0	0	0	0	268	58	0	4	0	0	0	0	697
Semana 4	Lunes	8:00 a 9:00	0	265	96	0	70	2	0	0	0	0	307	86	0	33	0	0	0	0	859
		12:00 a 13:00	0	260	99	0	69	3	0	0	0	0	316	85	0	32	0	0	0	0	864
		18:00 a 19:00	0	255	91	0	68	3	0	0	0	0	325	83	0	31	0	0	0	0	856
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	250	99	0	73	5	0	0	0	0	310	89	0	36	0	0	0	0	862
		12:00 a 13:00	0	245	97	0	77	1	0	0	0	0	314	83	0	30	0	0	0	0	847
		18:00 a 19:00	0	240	90	0	77	2	0	0	0	0	324	82	0	30	0	0	0	0	845
	Domingo	8:00 a 9:00	0	235	66	0	45	0	0	0	0	0	277	56	0	3	0	0	0	0	682
		12:00 a 13:00	0	230	69	0	49	0	0	0	0	0	286	55	0	2	0	0	0	0	691
		18:00 a 19:00	0	235	61	0	48	0	0	0	0	0	295	53	0	1	0	0	0	0	693

Fuente: Elaboración propia

Calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora en cada columna

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

Por ejemplo

$$x = \frac{305 + 302 + 295 + 308 + 300 + 294 + 275 + 272 + 265 \dots \dots \dots + 240 + 235 + 230 + 235}{36}$$

$$x = 280$$

Luego calculamos la desviación estándar para cada columna

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x - X)^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{36-1} * (305 - 280)^2 + (302 - 280)^2 (295 - 280)^2 \dots \dots \dots (235 - 280)^2}$$

$$S = 24$$

Posteriormente calculamos el rango superior e inferior sumando y restando la media con la desviación respectivamente.

Rango superior

Definido por la media más la desviación estándar

$$rango\ superior = 280 + 24$$

$$rango\ superior = 304$$

Rango inferior

Definido por la media menos la desviación estándar

$$rango\ inferior = 280 - 24$$

$$rango\ inferior = 256$$

En la siguiente tabla se identifican los valores medios que se encuentran fuera del rango previamente calculado. Los valores dentro de la casilla de color identifica el valor fuera del rango. Por lo tanto, se calcula la media excluyendo dichos valores:

Tabla N° 3.6 Volúmenes fuera del rango superior e inferior

		Hora	Liviano		
			GI	R	GD
Semana I	Lunes	8:00 a 9:00	0	305	96
		12:00 a 13:00	0	302	99
		18:00 a 19:00	0	295	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	308	99
		12:00 a 13:00	0	300	97
		18:00 a 19:00	0	294	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66
		12:00 a 13:00	0	272	69
		18:00 a 19:00	0	265	61

Semana 2	Lunes	8:00 a 9:00	0	297	96
		12:00 a 13:00	0	305	99
		18:00 a 19:00	0	313	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	300	99
		12:00 a 13:00	0	303	97
		18:00 a 19:00	0	312	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	267	66
		12:00 a 13:00	0	275	69
		18:00 a 19:00	0	283	61
Semana 3	Lunes	8:00 a 9:00	0	301	96
		12:00 a 13:00	0	298	99
		18:00 a 19:00	0	285	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	295	99
		12:00 a 13:00	0	291	97
		18:00 a 19:00	0	294	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66
		12:00 a 13:00	0	272	69
		18:00 a 19:00	0	265	61
Semana 4	Lunes	8:00 a 9:00	0	265	96
		12:00 a 13:00	0	260	99
		18:00 a 19:00	0	255	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	250	99
		12:00 a 13:00	0	245	97
		18:00 a 19:00	0	240	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	235	66
		12:00 a 13:00	0	230	69
		18:00 a 19:00	0	235	61

Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a calcular el promedio de los nuevos valores, los que se encuentran dentro del rango de valores, calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora en la columna de ejemplo obtenemos el siguiente resultado:

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

Donde:

n= Es la nueva cantidad de valores determinados al descartar los valores que se encuentran fueran del rango establecido, siendo este 24.

Por ejemplo

$$x = \frac{302 + 295 + 300 + 294 + 275 + 272 + 265 + 294 \dots \dots \dots + 272 + 265 + 265 + 260}{24}$$

$$x = 285$$

Tabla N° 3.7 Volúmenes dentro del rango superior e inferior

		Hora	Liviano		
			GI	R	GD
Semana 1	Lunes	8:00 a 9:00	0	0	96
		12:00 a 13:00	0	302	99
		18:00 a 19:00	0	295	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	0	99
		12:00 a 13:00	0	300	97
		18:00 a 19:00	0	294	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66
		12:00 a 13:00	0	272	69
		18:00 a 19:00	0	265	61
Semana 2	Lunes	8:00 a 9:00	0	297	96
		12:00 a 13:00	0	0	99
		18:00 a 19:00	0	0	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	300	99
		12:00 a 13:00	0	303	97
		18:00 a 19:00	0	0	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	267	66
		12:00 a 13:00	0	275	69
		18:00 a 19:00	0	283	61
Semana 3	Lunes	8:00 a 9:00	0	301	96
		12:00 a 13:00	0	298	99
		18:00 a 19:00	0	285	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	295	99
		12:00 a 13:00	0	291	97
		18:00 a 19:00	0	294	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66
		12:00 a 13:00	0	272	69
		18:00 a 19:00	0	265	61

Semana 4	Lunes	8:00 a 9:00	0	265	96
		12:00 a 13:00	0	260	99
		18:00 a 19:00	0	0	91
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	0	99
		12:00 a 13:00	0	0	97
		18:00 a 19:00	0	0	90
	Domingo	8:00 a 9:00	0	0	66
		12:00 a 13:00	0	0	69
		18:00 a 19:00	0	0	61
		MEDIA	0	285	95

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla muestra los valores finales de las 4 semanas en la calle Bolívar entre Colon y Suipacha.

Tabla N° 3.8 Volúmenes finales de la calle Bolivar entre Colon y Suipacha

		Hora	Públicos									Privados									Total
			Liviano			Mediano			Pesado			Liviano			Mediano			Pesado			
			GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	GI	R	GD	
Semana 1	Lunes	8:00 a 9:00	0	305	96	0	72	2	0	0	0	0	255	78	0	48	0	0	0	0	856
		12:00 a 13:00	0	302	99	0	74	3	0	0	0	0	265	81	0	51	0	0	0	0	875
		18:00 a 19:00	0	295	91	0	68	1	0	0	0	0	239	65	0	40	0	0	0	0	799
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	308	99	0	75	5	0	0	0	0	258	81	0	51	0	0	0	0	877
		12:00 a 13:00	0	300	97	0	72	1	0	0	0	0	263	79	0	49	0	0	0	0	861
		18:00 a 19:00	0	294	90	0	67	0	0	0	0	0	238	64	0	39	0	0	0	0	792
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66	0	42	0	0	0	0	0	225	48	0	18	0	0	0	0	674
		12:00 a 13:00	0	272	69	0	44	0	0	0	0	0	235	51	0	21	0	0	0	0	692
		18:00 a 19:00	0	265	61	0	38	0	0	0	0	0	209	35	0	10	0	0	0	0	618
Semana 2	Lunes	8:00 a 9:00	0	297	96	0	76	1	0	0	0	0	253	85	0	39	0	0	0	0	847
		12:00 a 13:00	0	305	99	0	75	1	0	0	0	0	262	84	0	38	0	0	0	0	864
		18:00 a 19:00	0	313	91	0	74	0	0	0	0	0	271	82	0	37	0	0	0	0	868
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	300	99	0	79	4	0	0	0	0	256	88	0	42	0	0	0	0	868
		12:00 a 13:00	0	303	97	0	73	0	0	0	0	0	260	82	0	36	0	0	0	0	851
		18:00 a 19:00	0	312	90	0	72	0	0	0	0	0	270	81	0	36	0	0	0	0	861
	Domingo	8:00 a 9:00	0	267	66	0	46	0	0	0	0	0	223	55	0	9	0	0	0	0	666
		12:00 a 13:00	0	275	69	0	45	0	0	0	0	0	232	54	0	8	0	0	0	0	683
		18:00 a 19:00	0	283	61	0	44	0	0	0	0	0	241	52	0	7	0	0	0	0	688

Semana 3	Lunes	8:00 a 9:00	0	301	96	0	73	1	0	0	0	0	280	81	0	36	0	0	0	0	868
		12:00 a 13:00	0	298	99	0	72	1	0	0	0	0	289	89	0	35	0	0	0	0	883
		18:00 a 19:00	0	285	91	0	71	2	0	0	0	0	298	88	0	34	0	0	0	0	869
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	295	99	0	76	4	0	0	0	0	283	84	0	39	0	0	0	0	880
		12:00 a 13:00	0	291	97	0	70	1	0	0	0	0	287	87	0	33	0	0	0	0	866
		18:00 a 19:00	0	294	90	0	70	1	0	0	0	0	297	87	0	33	0	0	0	0	872
	Domingo	8:00 a 9:00	0	275	66	0	43	0	0	0	0	0	250	61	0	6	0	0	0	0	701
		12:00 a 13:00	0	272	69	0	42	0	0	0	0	0	259	59	0	5	0	0	0	0	706
		18:00 a 19:00	0	265	61	0	41	0	0	0	0	0	268	58	0	4	0	0	0	0	697
Semana 4	Lunes	8:00 a 9:00	0	265	96	0	70	2	0	0	0	0	307	86	0	33	0	0	0	0	859
		12:00 a 13:00	0	260	99	0	69	3	0	0	0	0	316	85	0	32	0	0	0	0	864
		18:00 a 19:00	0	255	91	0	68	3	0	0	0	0	325	83	0	31	0	0	0	0	856
	Miércoles	8:00 a 9:00	0	250	99	0	73	5	0	0	0	0	310	89	0	36	0	0	0	0	862
		12:00 a 13:00	0	245	97	0	77	1	0	0	0	0	314	83	0	30	0	0	0	0	847
		18:00 a 19:00	0	240	90	0	77	2	0	0	0	0	324	82	0	30	0	0	0	0	845
	Domingo	8:00 a 9:00	0	235	66	0	45	0	0	0	0	0	277	56	0	3	0	0	0	0	682
		12:00 a 13:00	0	230	69	0	49	0	0	0	0	0	286	55	0	2	0	0	0	0	691
		18:00 a 19:00	0	235	61	0	48	0	0	0	0	0	295	53	0	1	0	0	0	0	693
	Media		0	280	85	0	63	1	0	0	0	0	270	73	0	28	0	0	0	0	799
	Des. Est.		0	24	15	0	14	2	0	0	0	0	30	15	0	16	0	0	0	0	115
	Media+Des.		0	304	100	0	77	3	0	0	0	0	300	88	0	43	0	0	0	0	915
	Media-Des.		0	255	71	0	49	0	0	0	0	0	240	57	0	12	0	0	0	0	684
	Media corregida		0	285	95	0	71	1	0	0	0	0	271	78	0	34	0	0	0	0	835

Maniobra	GI	R	GD	Total
veh/h	0	660	174	835
%	0	79	21	100

Vehículos Livianos	729	Veh/h
% Veh. Livianos	87	%
Medianos	106	Veh/h
% Med	13	%
Vehículos Pesados	0	Veh/h
% Veh Pesados	0	%
Total	835	Veh/h
%	100	%
Vehículos Públicos	452	Veh/h
% Veh Públicos	54	%
Vehículos Privados	383	Veh/h
% Veh Privados	46	%
Total	835	Veh/h
%	100	%

Fuente: Elaboración propia

La tabla corresponde al aforo de las 4 semanas para el tráfico vehicular en la calle Bolívar entre Colon y Suipacha, analizando los distintos tipos de vehículos en sus respectivas direcciones de circulación. Se observa el comportamiento de volúmenes de vehículos en tres días de la semana, dos días hábiles Martes y Jueves y un día no hábil el Sábado, donde podemos verificar que la cantidad de vehículos que circula por hora en esos días son los siguientes:

Vehículos livianos 729 vehículos/hora, medianos 106 vehículos/hora y pesados 0 vehículos/hora; haciendo un total de 835 vehículos/hora que pasan por dicho tramo.

A continuación, se muestra una tabla resumen de todos los vehículos que circulan en el área de estudio.

Tabla N° 3.9 Resumen de volúmenes de vehiculos de las calles de estudio

Nro de intersección	Intersección	Nro de tramo	Lista de tramos	Vol veh/hr
1	Calle Bolivar y Av. La Paz	1	Calle Bolivar entre Av. La Paz y Las Rosas	563
		2	Av. La Paz entre Bolivar e Ingavi	445
		3	Av. La Paz entre Bolivar y Oruro	484
2	Calle Bolivar y Calle O Connor	4	Calle Bolivar entre O Connor y Ejercito	572
		5	Calle O Connor entre Bolivar y Domingo Paz	565
3	Calle Bolivar y Calle Santa Cruz	6	Calle Bolivar entre Santa Cruz y Junin	591
		7	Calle Santa Cruz entre Bolivar y Domingo Paz	457
4	Calle Bolivar y Calle Méndez	8	Calle Bolivar entre Méndez y Santa Cruz	615
		9	Calle Méndez entre Bolivar e Ingavi	485
5	Calle Bolivar y Calle Suipacha	10	Calle Bolivar entre Suipacha y Méndez	721
		11	Calle Suipacha entre Bolivar y Domingo Paz	693
6	Calle Bolivar y Calle Colón	12	Calle Bolivar entre Colon y Suipacha	835
		13	Calle Colón entre Bolivar e Ingavi	975
7	Calle Bolivar y Calle Daniel Campos	14	Calle Bolivar entre Daniel Campos y Colon	991
		15	Calle Daniel Campos entre Bolivar y Domingo Paz	873
8	Calle Bolivar y Calle Sucre	16	Calle Bolivar entre Sucre y Daniel Campos	854
		17	Calle Sucre entre Bolivar e Ingavi	717
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	18	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas e Ingavi	536
		19	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas y Ballivian	471
		20	Calle Ramón Rojas entre Domingo Paz y Corrado	465
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	21	Av. Domingo Paz entre Ballivián y Ramon Rojas	551
		22	Av. Domingo Paz entre Ballivián y J. M. Saracho	451
		23	Calle Ballivián entre Domingo Paz y Bolivar	535
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	24	Av. Domingo Paz entre Campero y J. M. Saracho	591
		25	Av. Domingo Paz entre Campero y Gral. Trigo	521
		26	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar	951

12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	27	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero	845
		28	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado	739
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	29	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo	925
		30	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar	851
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	31	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	937
		32	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado	908
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon	33	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos	885
		34	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar	826

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los datos de volúmenes de todas las calles y avenidas del área de estudio y se realizó las gráficas correspondientes para luego poder evaluar en el análisis de resultados el comportamiento de los vehículos que circulan por cada tramo, las tablas e imágenes se encuentran en el Anexo II.

3.3.3 Procedimiento de medición de velocidad de punto

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico se estableció el área donde se generan mayor congestionamiento y demoras de circulación en el centro de la ciudad de Tarija, respectivamente en quince intersecciones de zonas más congestionadas de la zona de estudio. El aforo de velocidad del transporte público y privado se realizará en los puntos específicos, se procedió para la medición con 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.

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 fue de 25 metros de distancia el tramo 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.

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 y observar así la calidad de circulación con la que cuenta el tramo, frente a diversos factores de tránsito vehicular, que provocan congestionamiento y así poder realizar la evaluación de tráfico que presenta las principales calles del centro de la ciudad de Tarija.

3.3.3.1 Aforos de velocidad

Para proceder a la medición de las velocidades en la zona de estudio 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 el tramo de estudio; luego se controló el tiempo en que tarda en pasar por esa distancia medida, registrando 5 vehículos, un vehículo cada 10 minutos por hora.

Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico (08:00–09:00, 12:00–13:00 y 18:00–19:00) tres días de la semana (2 hábiles y uno no hábil), durante las 4 semanas para completar el mes.

Para calcular las velocidades 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)

Figura N° 3.7 Intersección Bolívar y Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.10 Velocidad de vehículos en la intersección 6

Semana 1							
Tiempo en segundos							
Día	N°	Acceso 1			Acceso 2		
		(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)	(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)
Hábil	1	9.60	9.75	9.57	6.73	5.36	5.03
	2	9.41	9.56	9.38	6.25	6.24	4.87
	3	9.53	9.68	9.50	6.67	4.74	5.81
	4	9.45	9.60	9.42	5.90	5.26	5.52
	5	9.60	9.75	9.57	5.09	6.30	5.07
Hábil	1	9.33	9.48	9.30	6.08	6.48	5.30
	2	9.23	9.38	9.20	4.84	5.01	4.69
	3	9.79	9.94	9.76	5.61	5.77	6.52
	4	8.40	8.55	8.37	6.34	4.98	6.36
	5	8.88	9.03	8.85	5.03	6.09	5.44
Inhábil	1	8.95	9.10	8.92	5.51	4.49	4.95
	2	8.98	9.13	8.95	5.29	5.02	4.99
	3	9.50	9.65	9.47	5.63	5.78	4.95
	4	9.38	9.53	9.35	6.24	4.24	5.64
	5	9.28	9.43	9.25	6.36	5.33	4.47
Promedio		9.29	9.44	9.26	5.84	5.41	5.31

Semana 2							
Tiempo en segundos							
Día	N°	Acceso 1			Acceso 2		
		(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)	(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)
Hábil	1	9.33	9.48	9.30	7.08	5.71	5.38
	2	9.14	9.29	9.11	6.60	6.59	5.22
	3	9.26	9.41	9.23	7.02	5.09	6.16
	4	9.18	9.33	9.15	6.25	5.61	5.87
	5	9.33	9.48	9.30	5.44	6.65	5.42
Hábil	1	9.06	9.21	9.03	6.43	6.83	5.65
	2	8.96	9.11	8.93	5.19	5.36	5.04
	3	9.52	9.67	9.49	5.96	6.12	6.87
	4	8.13	8.28	8.10	6.69	5.33	6.71
	5	8.61	8.76	8.58	5.38	6.44	5.79
Inhábil	1	8.68	8.83	8.65	5.86	4.84	5.30
	2	8.71	8.86	8.68	5.64	5.37	5.34
	3	9.23	9.38	9.20	5.98	6.13	5.30
	4	9.11	9.26	9.08	6.59	4.59	5.99
	5	9.01	9.16	8.98	6.71	5.68	4.82
Promedio		9.02	9.17	8.99	6.19	5.76	5.66

Semana 3							
Tiempo en segundos							
Día	Nº	Acceso 1			Acceso 2		
		(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)	(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)
Hábil	1	8.76	8.91	8.73	7.34	5.97	5.64
	2	8.57	8.72	8.54	6.86	6.85	5.48
	3	8.69	8.84	8.66	7.28	5.35	6.42
	4	8.61	8.76	8.58	6.51	5.87	6.13
	5	8.76	8.91	8.73	5.70	6.91	5.68
Hábil	1	8.49	8.64	8.46	6.69	7.09	5.91
	2	8.39	8.54	8.36	5.45	5.62	5.30
	3	8.95	9.10	8.92	6.22	6.38	7.13
	4	7.56	7.71	7.53	6.95	5.59	6.97
	5	8.04	8.19	8.01	5.64	6.70	6.05
Inhábil	1	8.11	8.26	8.08	6.12	5.10	5.56
	2	8.14	8.29	8.11	5.90	5.63	5.60
	3	8.66	8.81	8.63	6.24	6.39	5.56
	4	8.54	8.69	8.51	6.85	4.85	6.25
	5	8.44	8.59	8.41	6.97	5.94	5.08
Promedio		8.45	8.60	8.42	6.45	6.02	5.92

Semana 4							
Tiempo en segundos							
Día	Nº	Acceso 1			Acceso 2		
		(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)	(08:00-09:00)	(12:00-13:00)	(18:00-19:00)
Hábil	1	8.42	8.57	8.39	8.16	6.79	6.46
	2	8.23	8.38	8.20	7.68	7.67	6.30
	3	8.35	8.50	8.32	8.10	6.17	7.24
	4	8.27	8.42	8.24	7.33	6.69	6.95
	5	8.42	8.57	8.39	6.52	7.73	6.50
Hábil	1	8.15	8.30	8.12	7.51	7.91	6.73
	2	8.05	8.20	8.02	6.27	6.44	6.12
	3	8.61	8.76	8.58	7.04	7.20	7.95
	4	7.22	7.37	7.19	7.77	6.41	7.79
	5	7.70	7.85	7.67	6.46	7.52	6.87
Inhábil	1	7.77	7.92	7.74	6.94	5.92	6.38
	2	7.80	7.95	7.77	6.72	6.45	6.42
	3	8.32	8.47	8.29	7.06	7.21	6.38
	4	8.20	8.35	8.17	7.67	5.67	7.07
	5	8.10	8.25	8.07	7.79	6.76	5.90
Promedio		8.11	8.26	8.08	7.27	6.84	6.74

Semana 1				
Acceso 1	Acceso 2			
9.33	5.52			
Semana 2				
Acceso 1	Acceso 2			
9.06	5.87			
Semana 3				
Acceso 1	Acceso 2			
8.49	6.13			
Semana 4				
Acceso 1	Acceso 2			
8.15	6.95			
		Acceso 1	Acceso 2	
Promedio final		8.75	6.11	s
Distancia		25	25	m
Velocidad m/s		2.86	4.09	m/s
Velocidad km/h		10.28	14.72	km/h

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.11 Resumen de velocidad de punto de las calles de estudio

Nro	Acceso 1 Km/h		Acceso 2 Km/h		Acceso 3 Km/h	
Intersección 1	Calle Bolívar	12.37	Av. La Paz	11.26	Av. La Paz	10.95
Intersección 2	Calle Bolívar	17.02	Calle O Connor	10.15		
Intersección 3	Calle Bolívar	14.33	Calle Santa Cruz	10.26		
Intersección 4	Calle Bolívar	11.95	Calle Méndez	13.22		
Intersección 5	Calle Bolívar	12.25	Calle Suipacha	11.02		
Intersección 6	Calle Bolívar	10.28	Calle Colón	14.72		
Intersección 7	Calle Bolívar	10.11	Calle Daniel Campos	13.88		
Intersección 8	Calle Bolívar	10.81	Calle Sucre	10.08		
Intersección 9	Av. Domingo Paz	21.15	Av. Domingo Paz	18.26	Calle Ramon Rojas	19.36
Intersección 10	Av. Domingo Paz	20.69	Av. Domingo Paz	17.63	Calle Ballivián	18.61
Intersección 11	Av. Domingo Paz	18.37	Av. Domingo Paz	16.22	Calle Campero	14.31
Intersección 12	Av. Domingo Paz	16.22	Calle Gral. Trigo	10.41		
Intersección 13	Av. Domingo Paz	12.36	Calle Sucre	15.22		
Intersección 14	Av. Domingo Paz	11.95	Calle Daniel Campos	11.65		
Intersección 15	Av. Domingo Paz	14.38	Calle Colon	13.62		

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo los datos de medición de tiempos en todas las calles y se determinó las velocidades de vehículos tanto del transporte público como privado el detalle se encuentra en Anexo III.

3.3.4 Densidad vehicular

3.3.4.1 Determinación de la densidad vehicular

La densidad vehicular es el número de vehículos que ocupa cierta longitud dada de una carretera o carril y generalmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km).

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen(Veh/h)}}{\text{Velocidad(Km/h)}}$$

3.3.4.1.1 Densidad vehicular en la intersección 6 calle Bolívar y Colon

Acceso 1 Calle Bolívar

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{835 \text{ (Veh/h)}}{10,28 \text{ (Km/h)}}$$

$$\text{Densidad de Vehículos} = 81,23 \text{ Veh/km}$$

Acceso 2 Calle Colon

$$\text{Densidad de Vehículos} = \frac{975 \text{ (Veh/h)}}{14,72 \text{ (Km/h)}}$$

$$\text{Densidad de Vehículos} = 66,24 \text{ Veh/km}$$

Tabla N° 3.12 Resumen de densidad vehicular de las calles de estudio

Nro	Acceso 1	Densidad Veh/km	Acceso 2	Densidad Veh/km	Acceso 3	Densidad Veh/km
Intersección 1	Calle Bolívar	45.51	Av. La Paz	39.52	Av. La Paz	44.20
Intersección 2	Calle Bolívar	33.61	Calle O Connor	55.67		
Intersección 3	Calle Bolívar	41.24	Calle Santa Cruz	44.54		
Intersección 4	Calle Bolívar	51.46	Calle Méndez	36.69		
Intersección 5	Calle Bolívar	58.86	Calle Suipacha	62.89		
Intersección 6	Calle Bolívar	81.23	Calle Colón	66.24		
Intersección 7	Calle Bolívar	98.02	Calle Daniel Campos	62.90		
Intersección 8	Calle Bolívar	79.00	Calle Sucre	71.13		
Intersección 9	Av. Domingo Paz	25.34	Av. Domingo Paz	25.79	Calle Ramon Rojas	24.02
Intersección 10	Av. Domingo Paz	26.63	Av. Domingo Paz	25.58	Calle Ballivián	28.75
Intersección 11	Av. Domingo Paz	32.17	Av. Domingo Paz	32.12	Calle Campero	66.46
Intersección 12	Av. Domingo Paz	52.10	Calle Gral. Trigo	70.99		
Intersección 13	Av. Domingo Paz	74.84	Calle Sucre	55.91		
Intersección 14	Av. Domingo Paz	78.41	Calle Daniel Campos	77.94		
Intersección 15	Av. Domingo Paz	61.54	Calle Colon	60.65		

Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Capacidad vehicular

3.3.5.1 Determinación de la capacidad

Para el cálculo de la capacidad de tráfico de un tramo como por ejemplo la calle Bolívar y Colon, se puede seguir el procedimiento:

Recolección de Datos

- **Características de la Vía**

Longitud de la sección: Medir la distancia exacta de intersección 6 calle Bolívar y Colon

Ancho de la vía: Medir el ancho de la calle Bolívar.

Restricciones de estacionamiento: Determinar si hay estacionamientos en el tramo.

- **Volumen de Tráfico**

Conteo de tráfico: Realizar conteos vehiculares en las horas pico.

Tipos de vehículos: Registrar la proporción de diferentes tipos de vehículos (livianos, medianos, pesados).

- **Aplicación de Factores**

Los Factores a Considerar son los siguientes:

Ancho de carril: La capacidad disminuye si los carriles son más estrechos.

Estacionamiento: La capacidad se reduce si hay vehículos estacionados en la vía.

Intersecciones: La proximidad de intersecciones que afectan el flujo vehicular.

Giros: De acuerdo al porcentaje de giros que realizan los vehículos afecta su Capacidad ya que de acuerdo a su fórmula disminuye su capacidad.

3.3.5.1.1 Cálculo de la capacidad de la calle Bolívar entre Colón y Suipacha

Para poder realizar el cálculo de la capacidad vehicular en calle Bolívar entre Colón y Suipacha se deberá tomar en cuenta los siguientes datos propios de dicho tramo.

Volumen de circulación= 835 Veh/Hrs.

Ancho de acceso= 5,30 m

Zona central con estacionamiento prohibido

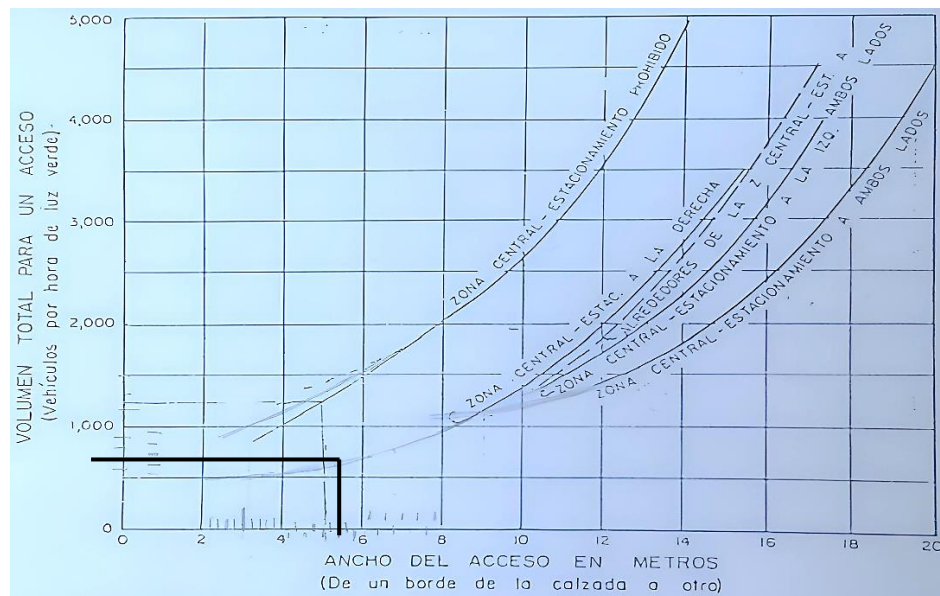
Parada antes de la intersección

% giro derecho= 21 %

% giro izquierdo= 0 %

% Vehículos pesados= 0 %

Figura N° 3.8 Ábaco de capacidad teórica



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco 700 Veh/Hrs

Capacidad Práctica:

$$C. \text{ práctica} = C. \text{ teórica} * 0,9$$

$$C. \text{ práctica} = 700 * 0,9$$

$$C. \text{ práctica} = 630 \text{ Veh/Hrs}$$

Factor de reducción por vehículos pesados:

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso

$$VP = 0 \%$$

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

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

$$FVP = 1,00$$

Factor de reducción por giro izquierda

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

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

$$FGI = 1 - \frac{0}{100}$$

$$FGI = 1,00$$

Factor de reducción por giro derecha

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

$$FGI = 1 - \frac{21 - 10}{100}$$

$$FGD = 0,89$$

Factor por paradas antes de la intersección

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

$$FP = 0,90$$

Capacidad real

$$\text{Cap. Real} = C. \text{ Prac} * fVp * fGI * fGD * Fp$$

$$\text{Cap. Real} = 630 * 1,00 * 1,00 * 0,89 * 0,90$$

$$\text{Cap. Real} = 502 \text{ Veh/Hrs}$$

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

Volumen horario 835 Veh/Hrs

Cap. Real= 502 Veh/Hrs

$$\frac{V}{C} = \frac{835}{502} = 1,66$$

Cálculo del nivel de servicio

Mediante la Tabla se tienen el nivel del servicio:

Nivel de servicio	Descripción del flujo de transito	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	$> 1,0$

Nivel de servicio: F Es un flujo “Forzado”

Se obtuvo los datos de Capacidad vehicular y Nivel de Servicio en vehículos, el cálculo se encuentra en Anexo IV.

Tabla N° 3.13 Resumen de Capacidad vehicular de las calles de estudio

Nro de intersección	Intersección	Nro de tramo	Lista de tramos	Vol veh/hr	Capacidad Real	V/C	Nivel de Servicio	Tipo de Flujo
1	Calle Bolívar y Av. La Paz	1	Calle Bolívar entre Av. La Paz y Las Rosas	563	887	0,63	D	Próximo a flujo inestable
		2	Av. La Paz entre Bolívar e Ingavi	445	561	0,79	E	Flujo inestable
		3	Av. La Paz entre Bolívar y Oruro	484	553	0,88	E	Flujo inestable
2	Calle Bolívar y Calle O Connor	4	Calle Bolívar entre O Connor y Ejercito	572	680	0,84	E	Flujo inestable
		5	Calle O Connor entre Bolívar y Domingo Paz	565	792	0,71	E	Flujo inestable
3	Calle Bolívar y Calle Santa Cruz	6	Calle Bolívar entre Santa Cruz y Junin	591	599	0,99	E	Flujo inestable
		7	Calle Santa Cruz entre Bolívar y Domingo Paz	457	573	0,80	E	Flujo inestable
4	Calle Bolívar y Calle Méndez	8	Calle Bolívar entre Méndez y Santa Cruz	615	548	1,12	F	Flujo forzado
		9	Calle Méndez entre Bolívar e Ingavi	485	599	0,81	E	Flujo inestable
5	Calle Bolívar y Calle Suipacha	10	Calle Bolívar entre Suipacha y Méndez	721	617	1,17	F	Flujo forzado
		11	Calle Suipacha entre Bolívar y Domingo Paz	693	583	1,19	F	Flujo forzado
6	Calle Bolívar y Calle Colón	12	Calle Bolívar entre Colón y Suipacha	835	502	1,66	F	Flujo forzado
		13	Calle Colón entre Bolívar e Ingavi	975	758	1,29	F	Flujo forzado
7	Calle Bolívar y Calle Daniel Campos	14	Calle Bolívar entre Daniel Campos y Colón	991	918	1,08	F	Flujo forzado
		15	Calle Daniel Campos entre Bolívar y Domingo Paz	873	617	1,41	F	Flujo forzado

8	Calle Bolívar y Calle Sucre	16	Calle Bolívar entre Sucre y Daniel Campos	854	517	1,65	F	Flujo forzado
		17	Calle Sucre entre Bolívar e Ingavi	717	428	1,68	F	Flujo forzado
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	18	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas e Ingavi	536	599	0,90	E	Flujo inestable
		19	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas y Ballivián	471	573	0,82	E	Flujo inestable
		20	Calle Ramón Rojas entre Domingo Paz y Corrado	465	580	0,80	E	Flujo inestable
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	21	Av. Domingo Paz entre Ballivián y Ramon Rojas	551	561	0,98	E	Flujo inestable
		22	Av. Domingo Paz entre Ballivián y J. M. Saracho	451	624	0,72	E	Flujo inestable
		23	Calle Ballivián entre Domingo Paz y Bolívar	535	563	0,95	E	Flujo inestable
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	24	Av. Domingo Paz entre Campero y J. M. Saracho	591	611	0,97	E	Flujo inestable
		25	Av. Domingo Paz entre Campero y Gral. Trigo	521	605	0,86	E	Flujo inestable
		26	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolívar	951	580	1,64	F	Flujo forzado
12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	27	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero	845	617	1,37	F	Flujo forzado
		28	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado	739	519	1,42	F	Flujo forzado
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	29	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo	925	624	1,48	F	Flujo forzado
		30	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolívar	851	580	1,47	F	Flujo forzado
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	31	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	937	617	1,52	F	Flujo forzado
		32	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado	908	573	1,58	F	Flujo forzado
15	Av. Domingo Paz y Calle Colón	33	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos	885	599	1,48	F	Flujo forzado
		34	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolívar	826	624	1,32	F	Flujo forzado

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Señalización

Para obtener los diferentes tipos de señalización se hizo una inspección visual en todas las intersecciones, en anexos se encontrará las tablas por cada intersección y sus accesos a continuación presentamos un resumen de todas las intersecciones en la siguiente tabla:

Tabla N° 3.14 Señalización en intersecciones

Resumen de señalización horizontal															
Tipo	Intersección														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Flechas direccionales	✓		✓			✓		✓				✓			✓
Línea amarilla continua						✓			✓		✓				
Línea de eje segmentada		✓		✓		✓						✓	✓		✓
Línea de paso de peatonal				✓	✓					✓					
Paso peatonal tipo cebra				✓			✓		✓		✓			✓	
Resalto	✓				✓									✓	
Tachas	✓			✓					✓	✓		✓			✓
Resumen de señalización vertical															
Cilindro de tránsito	✓				✓							✓	✓		✓
Letrero de circulación obligatoria	✓	✓				✓		✓						✓	✓
Letrero de giro a la derecha obligatorio		✓				✓							✓		
Letrero de indicador de Rotonda			✓						✓			✓			✓
Letrero de ingreso y salida de vehículos	✓				✓			✓			✓			✓	
Letrero de no estacionar		✓													✓
Letrero de nombres de calle y sus sentidos				✓									✓	✓	
Letrero de pare	✓								✓		✓				✓
Letrero de paso peatonal			✓											✓	
Letrero de parqueo								✓							
Letrero de reductores de velocidad(resaltos)					✓							✓			✓
Letrero de velocidad Máxima 20km/h	✓		✓					✓	✓				✓		✓

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Semaforización

Se hizo un análisis en cada intersección para ver si cumple las condiciones para instalar semáforos según el manual de capacidad de la AASTHO debe cumplir por lo menos 2 de las 6 condiciones.

Tabla N° 3.15 Intersecciones y volúmenes en el área de estudio

Nro de intersección	Intersección	Nro de tramo	Lista de tramos	Vol veh/hr
1	Calle Bolivar y Av. La Paz	1	Calle Bolivar entre Av. La Paz y Las Rosas	563
		2	Av. La Paz entre Bolivar e Ingavi	445
		3	Av. La Paz entre Bolivar y Oruro	484
2	Calle Bolivar y Calle O Connor	4	Calle Bolivar entre O Connor y Ejercito	572
		5	Calle O Connor entre Bolivar y Domingo Paz	565
3	Calle Bolivar y Calle Santa Cruz	6	Calle Bolivar entre Santa Cruz y Junin	591
		7	Calle Santa Cruz entre Bolivar y Domingo Paz	457
4	Calle Bolivar y Calle Méndez	8	Calle Bolivar entre Méndez y Santa Cruz	615
		9	Calle Méndez entre Bolivar e Ingavi	485
5	Calle Bolivar y Calle Suipacha	10	Calle Bolivar entre Suipacha y Méndez	721
		11	Calle Suipacha entre Bolivar y Domingo Paz	693
6	Calle Bolivar y Calle Colón	12	Calle Bolivar entre Colon y Suipacha	835
		13	Calle Colón entre Bolivar e Ingavi	975
7	Calle Bolivar y Calle Daniel Campos	14	Calle Bolivar entre Daniel Campos y Colon	991
		15	Calle Daniel Campos entre Bolivar y Domingo Paz	873
8	Calle Bolivar y Calle Sucre	16	Calle Bolivar entre Sucre y Daniel Campos	854
		17	Calle Sucre entre Bolivar e Ingavi	717
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	18	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas e Ingavi	536
		19	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas y Ballivian	471
		20	Calle Ramón Rojas entre Domingo Paz y Corrado	465
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	21	Av. Domingo Paz entre Ballivián y Ramon Rojas	551
		22	Av. Domingo Paz entre Ballivián y J. M. Saracho	451
		23	Calle Ballivián entre Domingo Paz y Bolivar	535
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	24	Av. Domingo Paz entre Campero y J. M. Saracho	591
		25	Av. Domingo Paz entre Campero y Gral. Trigo	521
		26	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar	951

12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	27	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero	845
		28	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado	739
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	29	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo	925
		30	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar	851
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	31	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	937
		32	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado	908
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon	33	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos	885
		34	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar	826

Fuente: Elaboración propia

1ra Condición

Tabla N° 3.16 Volumen mínimo de vehículos

N° Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle	Calle	Calle	Calle
Principal	Secundaria	Principal	Secundaria
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 o mas	500	200

Fuente: (Cal y Mayor, 2007, pág. 393)

Tabla N° 3.17 Análisis 1ra condición

1ra Condición					
Intersección	N.º Carriles en cada acceso		Principal	Secundario	Observación
1	1	1	563	484	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
2	1	1	572	565	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
3	1	1	591	457	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
4	1	1	615	485	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
5	1	1	721	693	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
6	1	2	835	975	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
7	2	1	991	873	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple

8	1	1	854	717	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
9	1	1	536	465	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
10	1	1	551	535	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
11	1	1	591	951	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
12	1	1	845	739	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
13	1	1	925	851	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
14	1	1	937	908	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
15	1	1	885	826	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple

Fuente: Elaboración propia

2da Condición de demoras en el trafico

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

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

Tabla N° 3.18 2da Condición de demoras en el trafico

No Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle	Calle	Calle	Calle
Principal	Secundaria	Principal	Secundaria
1	1	750	75
2 o mas	1	900	75
2 o mas	2 o mas	900	100
1	2 o mas	750	100

Fuente: (Cal y Mayor, 2007, pág. 393)

Tabla N° 3.19 Análisis 2da condición

2da Condición					
Intersección	N.º Carriles en cada acceso		Principal	Secundario	Observación
1	1	1	563	484	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
2	1	1	572	565	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple

3	1	1	591	457	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
4	1	1	615	485	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
5	1	1	721	693	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
6	1	2	835	975	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
7	2	1	991	873	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
8	1	1	854	717	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
9	1	1	536	465	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
10	1	1	551	535	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
11	1	1	591	951	La calle principal NO cumple y la calle secundaria SI cumple
12	1	1	845	739	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
13	1	1	925	851	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
14	1	1	937	908	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple
15	1	1	885	826	La calle principal SI cumple y la calle secundaria SI cumple

Fuente: Elaboración propia

3ra Condición Volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos de tiempo predeterminado cuando los volúmenes de peatones sea los siguientes valores de la tabla

Tabla N° 3.20 3ra Condición mínima de peatones

Tipo de Intersecciones	veh/hora		Total peatones/hr	Periodo de Mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con Cantero Central		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área Escolar	800		2500	2

Fuente: (Cal y Mayor, 2007, pág. 394)

Tabla N° 3.21 Recuentos de volúmenes de peatones

Nro	Intersecciones	Principal	Secundario	Volumen Peatones/Hr
1	Calle Bolívar y Av. La Paz	501	429	931
2	Calle Bolívar y Calle O Connor	246	282	530
3	Calle Bolívar y Calle Santa Cruz	273	255	531
4	Calle Bolívar y Calle Méndez	306	315	625
5	Calle Bolívar y Calle Suipacha	360	279	644
6	Calle Bolívar y Calle Colón	435	399	840
7	Calle Bolívar y Calle Daniel Campos	456	369	832
8	Calle Bolívar y Calle Sucre	288	249	545
9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	126	144	279
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	177	153	340
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	216	186	413
12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	405	372	789
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	264	285	562
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	198	216	428
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon	255	288	558

Fuente: Elaboración propia

El conteo de peatones se realizó por en cada intersección de la zona de estudio de la ciudad en los lugares más frecuentados por los peatones para el cruce de las mismas el resumen se presenta y detalla a continuación:

Tabla N° 3.22 Análisis de 3ra condición

Intersección	Principal	Secundario	Total, peatone s/hr	Observación
1	501	429	931	Ya existe semáforo
2	246	282	530	Ya existe semáforo
3	273	255	531	No existe semáforo
4	306	315	625	Ya existe semáforo
5	360	279	644	Ya existe semáforo
6	435	399	840	Ya existe semáforo
7	456	369	832	Ya existe semáforo
8	288	249	545	Ya existe semáforo
9	126	144	279	No existe semáforo
10	177	153	340	Ya existe semáforo
11	216	186	413	Ya existe semáforo
12	405	372	789	Ya existe semáforo
13	264	285	562	Ya existe semáforo
14	198	216	428	Ya existe semáforo
15	255	288	558	Ya existe semáforo

Fuente: Elaboración propia

4ta Condición del sistema coordinado de semáforos

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

Tabla N° 3.23 4ta condición

Intersección	Tipo de avenida	Observación
1	Sistema lineal	Ya existe semáforo
2	Sistema lineal	Ya existe semáforo
3	Sistema lineal	No existe semáforo
4	Sistema lineal	Ya existe semáforo
5	Sistema lineal	Ya existe semáforo
6	Sistema lineal	Ya existe semáforo
7	Sistema lineal	Ya existe semáforo
8	Sistema lineal	Ya existe semáforo
9	Av. doble sentido	No existe semáforo
10	Av. doble sentido	Ya existe semáforo
11	Av. doble sentido	Ya existe semáforo
12	Av. doble sentido	Ya existe semáforo
13	Av. doble sentido	Ya existe semáforo
14	Av. doble sentido	Ya existe semáforo
15	Av. doble sentido	Ya existe semáforo

Fuente: Elaboración propia

5ta Condición de prevención de accidentes

Para cumplir con esta condición es necesario que se verifique los siguientes eventos:

- a) Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados
- b) Que no existan ninguna medida preventiva adecuada
- c) Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Tabla N° 3.24 Análisis de 5ta condición

Intersección	Condiciones		
1	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
2	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
3	No hubo accidentes en las intersecciones	Existe señalización horizontal y vertical	No pasa el 80%
4	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
5	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
6	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
7	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
8	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
9	No hubo accidentes en las intersecciones	Existe señalización horizontal y vertical	No pasa el 80%
10	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
11	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
12	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
13	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
14	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	
15	No hubo accidentes en las intersecciones	Ya existe semáforo	

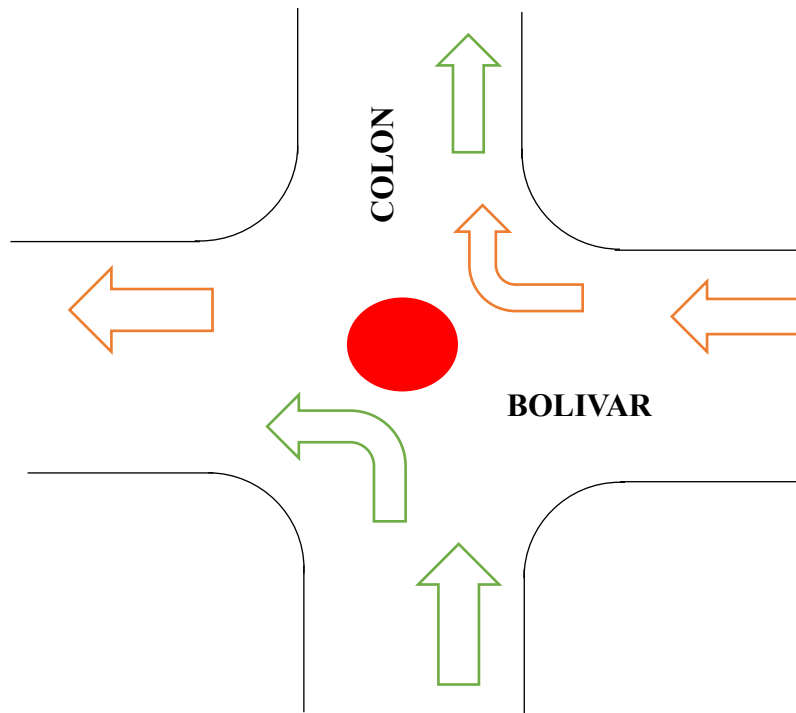
Fuente: Elaboración propia

6ta Condición Combinación de condiciones

Puede justificarse la instalación de semáforos cuando ninguna condición aislada es satisfecha pero cuando dos o más de ellas excede el 80% de los valores establecidos para cada una. Es conveniente que una instalación semaforizada cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados.

En esta condición no cumple las intersecciones 3, 4, 9 y 10 las cuales cuentan con semáforo y se realizará el cálculo que corresponde.

Cálculo en la intersección 6



Tomando los volúmenes por mayor magnitud en la elección de tiempos.

Se tiene como distancia promedio para las cuadras, un valor de 63 m.

Datos		
VA=	835	veh/hr
dA=	59.0	m
vA=	10.28	km/hr
VB=	975	veh/hr
dB=	65.0	m
vB=	14.72	km/hr
d media	63.0	m
Vel media	12.50	km/hr

$$C = \frac{3,6 * d}{V}$$

$$C = \frac{3,6 * 63}{12,50}$$

$$C = 18,14 \approx 19$$

Valor mínimo 35-120 seg.

Adoptamos valor mínimo de 50 seg.

Tiempo de fase amarilla rango 2-5 seg.

Adoptamos valor mínimo de 3 seg.

Ecuaciones:

$$tC = tA + tB + tamB + tamB$$

$$tA + tB = tC - tamB - tamB$$

$$tA + tB = 47 - tamB$$

$$\frac{V_a}{t_a} * tamA = \frac{V_B}{t_B} * tamB$$

Despejando:

$$tA = tB * \left(\frac{V_A}{V_B} * \frac{tamA}{tamB} \right)$$

Reemplazando ecuación 1 en 2:

$$tB = \frac{47}{\left(\frac{V_A}{V_B} * \frac{tamA}{tamB} \right) + 1}$$

$$tB = 25,32 \approx 26$$

Reemplazando tB en ecuación 1:

$$50 = tB + tA - tam$$

$$tA = 50 - 26 - 3$$

$$tA = 21$$

Los tiempos de las fases serán:

Calle principal

t= 26 seg

t= 3 seg

t= 21 seg



Calle secundaria

t= 21 seg

t= 3 seg

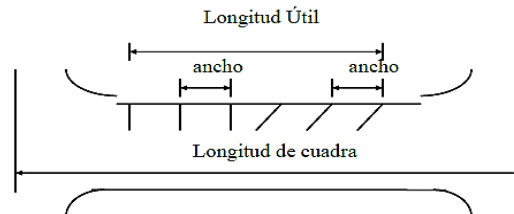
t= 26 seg



El ciclo correspondiente para la intersección seg. de 50 seg, el cálculo y el procedimiento de las demás intersecciones se demuestra en el Anexo V.

3.3.8 Estacionamiento

El estudio se realizó en tramos del centro de la ciudad Tarija las cuales son calles y Avenidas principales de la ciudad. Se realizó la observación de todas las áreas designadas para el estacionamiento de vehículos donde se incluyó tanto estacionamientos públicos como privados.



Para el cálculo de la Demanda se realizará con la siguiente fórmula:

$$\text{Demanda} = \text{Nro. veh estacionados} * \text{Índice de ocupación (Nº de Placas)}$$

Para el cálculo de Oferta se realizará con la siguiente fórmula:

$$\text{Oferta} = \text{Nro. de Casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

3.3.8.1 Estacionamiento de vehículos

El objetivo fundamental del estacionamiento de vehículos se enfoca en identificar las áreas críticas donde la infraestructura actual de estacionamiento es insuficiente para satisfacer la creciente demanda vehicular, proponiendo soluciones basadas en un análisis detallado de los datos obtenidos en campo y a partir de estos dos elementos tratar de encontrar un equilibrio entre ambos.

3.3.8.1.1 Estacionamiento en la calle Bolívar entre Colon y Suipacha

Oferta

La oferta de estacionamiento está dada por la relación:

$$\text{Oferta} = \text{Nro. de casillas} * \text{Índice de Ocupación}$$

El número de casillas se obtuvo a través de un levantamiento de la calle Bolívar entre Colon y Suipacha previo a la determinación de las medidas de diseño para cada casilla de estacionamiento. El levantamiento consiste en determinar la longitud de la cuadra y a partir de ello calcular las longitudes útiles.

El índice de ocupación es el Nro. de veces que puede ocupar un mismo espacio de estacionamiento en un tiempo determinado que normalmente es de 1 día o 1 hora, para dicho estudio se tomó el valor de 1. Este índice de ocupación lo asigna el proyectista de acuerdo a su criterio y de acuerdo a la zona donde se realizará el proyecto.

Datos:

$L_{\text{tramo}} = 59,00 \text{ m}$

$L_{\text{casilla}} = 6 \text{ m}$ Largo de vehículo de carga (vehículo mediano)

$I = 1$ Índice de Ocupación

Oferta del tramo = $L_{\text{tramo}}/L_{\text{casilla}} - 2 = 9,83 - 2 = 7,83 = 8$ Casillas

Oferta = Nro. casillas * Iocupación = $8 * 1 = 8$ Casillas

Demanda

Para completar un estudio de estacionamiento es imprescindible determinar la demanda de la intersección 6 calle Bolívar entre Colon y Suipacha, este análisis considera factores como el índice de ocupación y proyecciones de crecimiento en la cantidad de vehículos, permitiendo la identificación de posibles déficits y la necesidad de ajustes en la infraestructura existente. Para el índice de ocupación se determinó a través de un aforo en la calle de estudio para lo cual se hizo un registro de las placas de los vehículos estacionados cada 15 minutos en las horas pico del tramo. Los resultados de la necesidad de estacionamiento en la zona de estudio se obtendrán a partir de una relación entre la oferta y la demanda siendo esta última determinada por una relación:

$$\text{Demanda} = \text{Nro. Vehículos estacionados} * \text{Índice de ocupación}$$

Tabla N° 3.25 Vehículos estacionados

N°	Vehículo
1	4046 USA
2	5002 PAP
3	5268 AAH
4	1292 PPX
5	1827 LTT
6	1040 ECK
7	1092 GPE

Fuente: Elaboración propia

Datos:

$I = 1$ Índice de Ocupación

Demanda = Nro. Veh estacionados * Iocupación = $7 * 1 = 7$ Casillas

Demanda Futura

Para periodo de 5 años

$n = 5$ años

$I = 1$ Índice de Ocupación

$$Df = \text{Nro. Vehículos estacionados} * (1+0,05)^{n*I}$$

$$Df = 7 * (1+0,05)^5 * I$$

$$Df = 8,93 = 9 \text{ Casillas}$$

Incremento de casilla=9-7 casillas

Incremento de casilla= 2 casillas

Para periodo de 10 años

$$n = 10 \text{ años}$$

I= 1 Índice de Ocupación

$$Df = \text{Nro. Vehículos estacionados} * (1+0,05)^{n*I}$$

$$Df = 7 * (1+0,05)^{10} * I$$

$$Df = 11,40 = 12 \text{ Casillas}$$

Incremento de casilla= 12-7 casillas

Incremento de casilla= 5 casillas

Para periodo de 20 años

$$n = 20 \text{ años}$$

I= 1 Índice de Ocupación

$$Df = \text{Nro. Vehículos estacionados} * (1+0,05)^{n*I}$$

$$Df = 7 * (1+0,05)^{20} * I$$

$$Df = 18,57 = 19 \text{ Casillas}$$

Incremento de casilla= 19-7 casillas

Incremento de casilla= 12 casillas

El cálculo se muestra en la tabla y se demuestra el procedimiento en el Anexo VI

Tabla N° 3.26 Resumen de Oferta y Demanda de Estacionamientos de Vehículos

Calle	Vehículos estacionados	I ocupación	Demanda Actual	5 años	10 años	20 años	Oferta	Longitud de calle
Calle Bolívar entre Colon y Suipacha	7	1	7	9	11	19	8	89.00
Calle Bolívar entre Suipacha y Méndez	5	1	5	6	8	13	11	76.85
Calle Bolívar entre Daniel Campos y Colon	4	1	4	5	7	11	11	79.91
Calle Bolívar entre Sucre y Daniel Campos	2	1	2	3	3	5	11	79.97
Av. Domingo Paz entre Campero y Ballivián	4	1	4	5	7	11	10	73.51

Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	3	1	3	4	5	8	12	83.69
Calle Santa Cruz entre Bolívar y Av. Domingo Paz	5	1	5	6	8	13	12	85.40
Calle Méndez entre Bolívar e Ingavi	2	1	2	3	3	5	10	72.63
Calle Colón entre Bolívar e Ingavi	6	1	6	8	10	16	11	77.58
Calle Ramón Rojas entre Av. Domingo Paz y Corrado	1	1	1	1	2	3	12	81.49
Calle Campero entre Av. Domingo Paz y Bolívar	4	1	4	5	7	11	12	81.49
Calle Sucre entre Av. Domingo Paz y Bolívar	3	1	3	4	5	8	12	83.59
Calle Daniel Campos entre Av. Domingo Paz y Corrado	6	1	6	8	10	16	11	76.96
Calle Colón entre Av. Domingo Paz y Bolívar	2	1	2	3	3	5	12	85.60

Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis de resultados

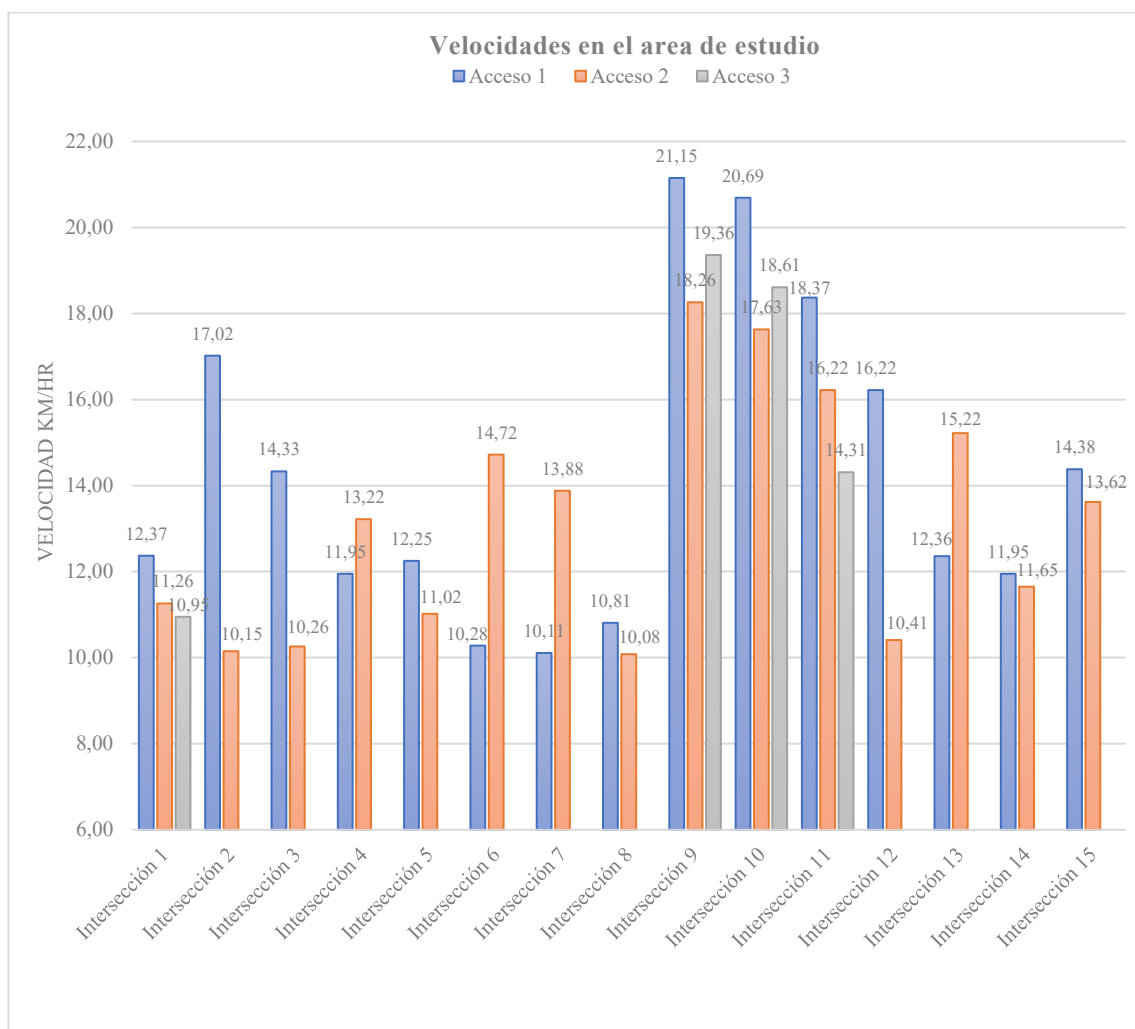
Con el transcurso del tiempo, el aumento explosivo de la población y con ello el nacimiento de barrios, urbanizaciones, se tiene como consecuencia el incremento del parque automotor en el centro de la ciudad, tanto de servicio público como del servicio privado ocasionando congestionamiento del tráfico vehicular por las arterias de la ciudad en las horas pico por lo cual se hace necesario realizar un análisis de la velocidad del transporte urbano. Primeramente, se presentará el análisis de la velocidad de punto, de volúmenes, densidades, luego capacidades y finalmente el estacionamiento de vehículos.

3.4.1 Análisis Velocidad de punto

3.4.1.1 Comportamiento de la velocidad en los tramos estudiados

A través del gráfico se observa la velocidad del transporte público y privado en el centro de la ciudad Tarija donde se puede verificar que la velocidad vehicular es muy amplia provocando una circulación más fluida y un menor tráfico de vehículos, esto debido al ancho de calzada ya que en varios tramos del área estudiada el ancho de calzada son suficientes para la cantidad de volumen vehicular, especialmente por la circulación de los vehículos medianos públicos y privados ya que son los vehículos que llevan y descargan pasajeros en todo el centro de la ciudad, donde se observa que los vehículos circulan con mayor velocidad es en la intersección 9 (Acceso 1) a 21,15 km/h y más lento en la intersección 8 (Acceso 2) a 10,08 km/h.

Figura N° 3.9 Velocidad en los tramos estudiados



Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Análisis de Volúmenes en los tramos estudiados

3.4.2.1 Comportamiento de los volúmenes en los tramos estudiados

Tabla N° 3.27 Volúmenes en los tramos estudiados

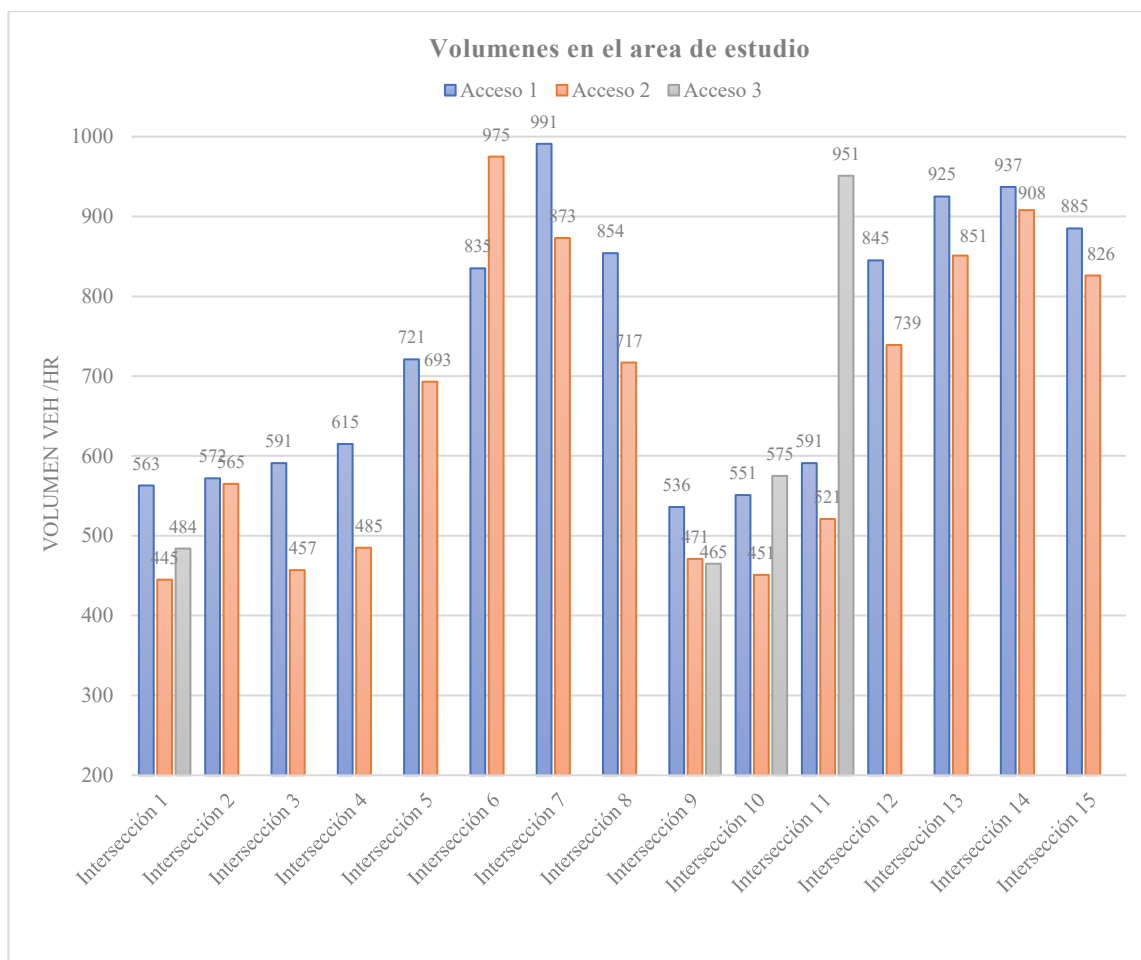
Nro	Acceso 1 Veh/h		Acceso 2 Veh/h		Acceso 3 Veh/h	
Intersección 1	Calle Bolívar	563	Av. La Paz	445	Av. La Paz	484
Intersección 2	Calle Bolívar	572	Calle O Connor	565		
Intersección 3	Calle Bolívar	591	Calle Santa Cruz	457		
Intersección 4	Calle Bolívar	615	Calle Méndez	485		
Intersección 5	Calle Bolívar	721	Calle Suipacha	693		
Intersección 6	Calle Bolívar	835	Calle Colón	975		
Intersección 7	Calle Bolívar	991	Calle Daniel Campos	873		
Intersección 8	Calle Bolívar	854	Calle Sucre	717		

Intersección 9	Av. Domingo Paz	536	Av. Domingo Paz	471	Calle Ramon Rojas	465
Intersección 10	Av. Domingo Paz	551	Av. Domingo Paz	451	Calle Ballivián	575
Intersección 11	Av. Domingo Paz	591	Av. Domingo Paz	521	Calle Campero	951
Intersección 12	Av. Domingo Paz	845	Calle Gral. Trigo	739		
Intersección 13	Av. Domingo Paz	925	Calle Sucre	851		
Intersección 14	Av. Domingo Paz	937	Calle Daniel Campos	908		
Intersección 15	Av. Domingo Paz	885	Calle Colon	826		

Fuente: Elaboración propia

Analizando la tabla se observa la cantidad de vehículos que circulan por los tramos de la ciudad de Tarija tanto del transporte público y privado, podemos observar que la mayor cantidad que circulan por el centro de la ciudad es en la intersección 7 (Acceso 1) con 991 veh/hr y con menor cantidad de aforo vehicular en la intersección 1 (Acceso 2) con 445 veh/hr.

Figura N° 3.10 Grafica de Volúmenes de aforo en el área de estudio



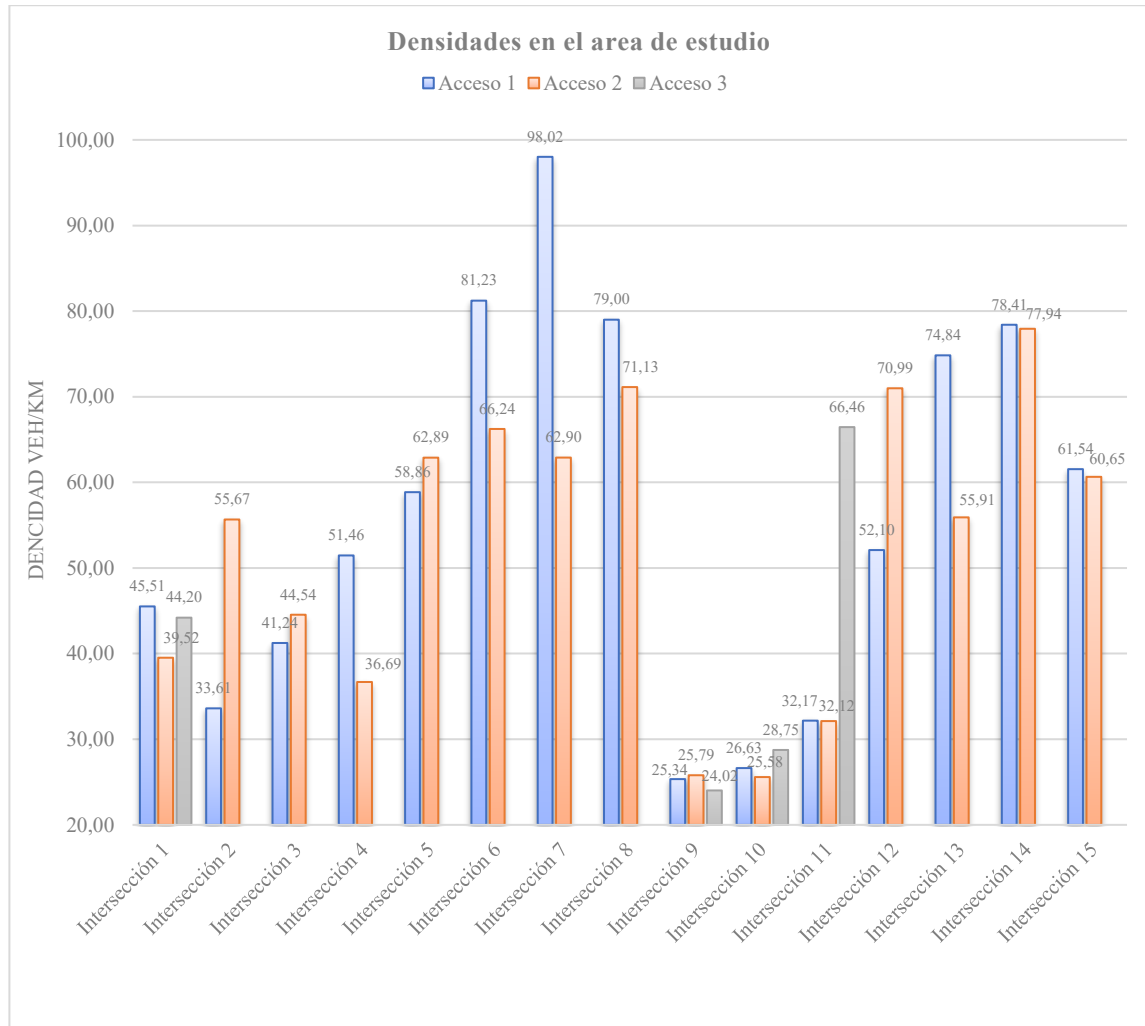
Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Análisis de Densidad Vehicular

Se puede visualizar en el gráfico que la Densidad vehicular que presenta la mayor cantidad que circulan por el centro de la ciudad es en la intersección 7 (Acceso 1) comparada con la densidad vehicular en la intersección 9 (Acceso 3) es mucho más amplia debido al ancho de su calzada, el aforo vehicular y la velocidad que se produce en dichos tramos ocasionando mayor y menor congestionamiento vehicular. Se puede visualizar en el gráfico que la Densidad vehicular que presenta la mayor cantidad que circulan por el centro de la ciudad es en la intersección 7 (Acceso 1) con 98.02 veh/km y con menor cantidad de densidad vehicular en la intersección 9 (Acceso 3) con 24.02 veh/km.

3.4.3.1 Comportamiento de la Densidad Vehicular en los tramos estudiados

Figura N° 3.11 Comportamiento de la Densidad Vehicular



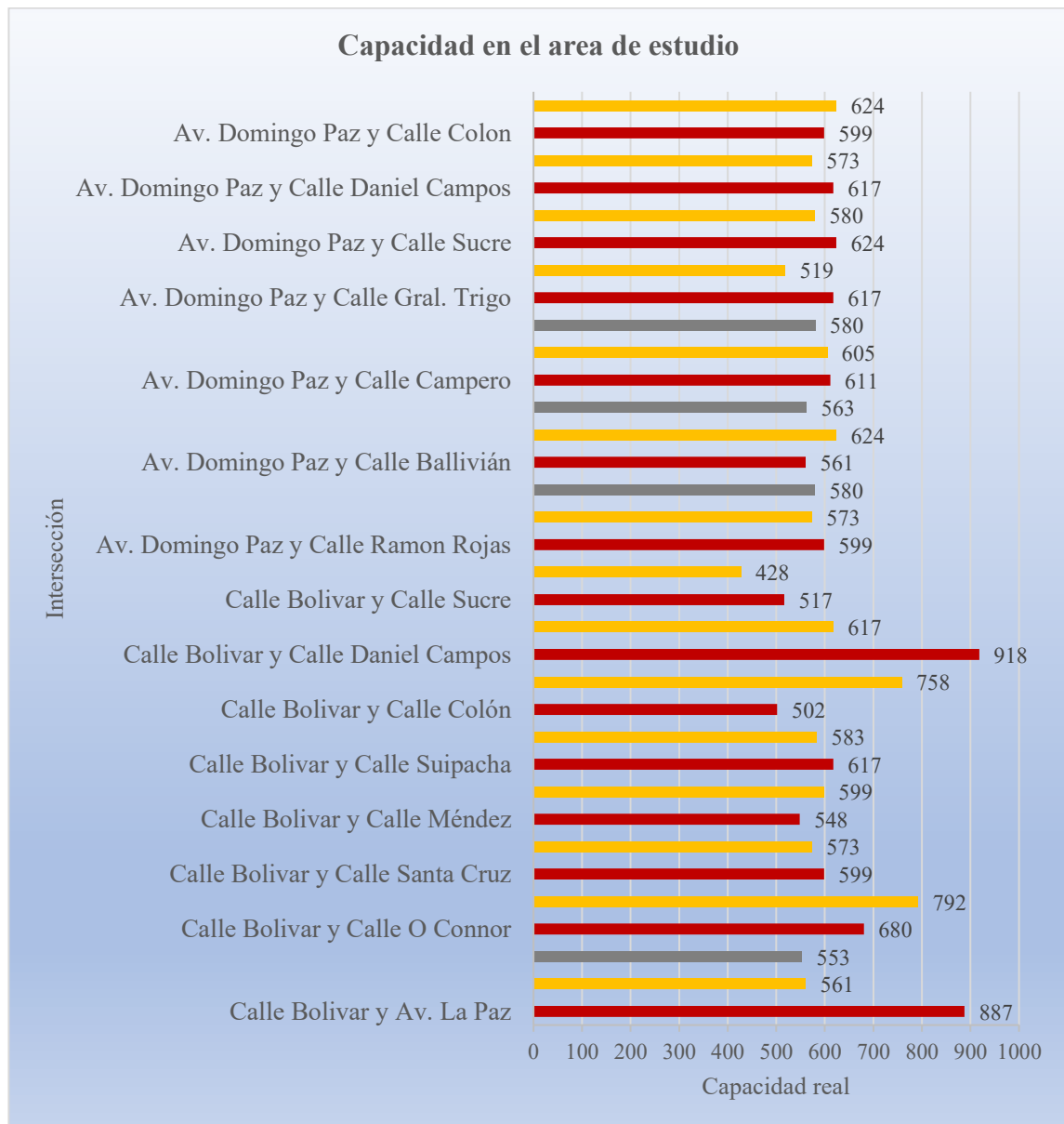
Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Análisis de Capacidad y Nivel de servicio

3.4.4.1 Capacidad y nivel de servicio de los tramos estudiados

El gráfico muestra que hay tramos con un tráfico bastante fluido y otros donde la cantidad de vehículos que pueden circular es mucho menor. Al observar los valores más altos llegan hasta 1069 vehículos por hora, podemos notar que los tramos con mayor capacidad vehicular son avenidas principales o calles con una infraestructura más adecuada para soportar un gran flujo vehicular y presentar mejores condiciones de transitabilidad.

Figura N° 3.12 Capacidad Real en el área de estudio



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se observa que una gran parte de las intersecciones evaluadas presentan capacidades dentro de un rango relativamente homogéneo, entre 400 y 700 vehículos por hora, este comportamiento indica que existe cierta uniformidad en las características geométricas y funcionales de la red vial urbana analizada, en términos de ingeniería de tránsito, esto sugiere que la mayoría de las vías presentan condiciones similares en cuanto a ancho de carril, número de carriles, control de accesos y niveles de interferencia, lo que permite una circulación relativamente estable y predecible, sin variaciones extremas en la capacidad.

Sin embargo, destacan algunos tramos con capacidades significativamente superiores, tal es el caso de la intersección de la calle Bolívar con la calle Daniel Campos, que presenta una capacidad real de 918 vehículos por hora, constituyéndose como el tramo de mayor transitabilidad dentro del área de estudio, este comportamiento se explica principalmente por sus condiciones geométricas favorables, como un mayor ancho de calzada, mejor distribución de carriles y menor presencia de obstáculos laterales, además, al tratarse de una vía principal dentro de la ciudad de Tarija, presenta un flujo vehicular más continuo, con menores interrupciones por estacionamiento o maniobras conflictivas, lo que incrementa su eficiencia operativa. A diferencia de la intersección de la calle Bolívar con la calle Sucre muestra una capacidad considerablemente menor, alcanzando apenas 428 vehículos por hora, a pesar de contar con un ancho de calzada que podría permitir una circulación adecuada, la presencia de estacionamientos indebidos, maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, y posibles conflictos con peatones generan una reducción efectiva en la capacidad. Esto ocasiona un incremento en los tiempos de demora, formación de colas y, en consecuencia, mayores niveles de congestión vehicular.

Este contraste entre tramos evidencia que la capacidad vial no depende únicamente de las condiciones geométricas, sino también de factores operativos y de gestión del tránsito, como el control del estacionamiento, la regulación de paradas y el ordenamiento del flujo vehicular.

Demostrando todos los valores se presenta una Tabla de Nivel de Servicio donde se encuentra todos los resultados calculados anteriormente.

Tabla N° 3.28 Nivel de servicio

Nro de intersección	Intersección	Lista de tramos	% GI	% GD	Vol veh/hr	Cap. Teórica	Cap. Práctica	FVP	FGI	FGD	FP	Capacidad Real	V/C	Nivel de Servicio	Tipo de Flujo
1	Calle Bolívar y Av. La Paz	Calle Bolívar entre Av. La Paz y Las Rosas	11	27	563	1200	1080	1,00	0,99	0,83	1,00	887	0,63	D	Próximo a flujo inestable
		Av. La Paz entre Bolívar e Ingavi	21	0	445	700	630	1,00	0,89	1,00	1,00	561	0,79	E	Flujo inestable
		Av. La Paz entre Bolívar y Oruro	0	22	484	700	630	1,00	1,00	0,88	1,00	553	0,88	E	Flujo inestable
2	Calle Bolívar y Calle O Connor	Calle Bolívar entre O Connor y Ejercito	26	0	572	900	810	1,00	0,84	1,00	1,00	680	0,84	E	Flujo inestable
		Calle O Connor entre Bolívar y Domingo Paz	0	22	565	1000	900	1,00	1,00	0,88	1,00	792	0,71	E	Flujo inestable
3	Calle Bolívar y Calle Santa Cruz	Calle Bolívar entre Santa Cruz y Junin	15	0	591	700	630	1,00	0,95	1,00	1,00	599	0,99	E	Flujo inestable
		Calle Santa Cruz entre Bolívar y Domingo Paz	0	19	457	700	630	1,00	1,00	0,91	1,00	573	0,80	E	Flujo inestable
4	Calle Bolívar y Calle Méndez	Calle Bolívar entre Méndez y Santa Cruz	0	23	615	700	630	1,00	1,00	0,87	1,00	548	1,12	F	Flujo forzado
		Calle Méndez entre Bolívar e Ingavi	15	0	485	700	630	1,00	0,95	1,00	1,00	599	0,81	E	Flujo inestable
5	Calle Bolívar y Calle Suipacha	Calle Bolívar entre Suipacha y Méndez	12	0	721	700	630	1,00	0,98	1,00	1,00	617	1,17	F	Flujo forzado
		Calle Suipacha entre Bolívar y Domingo Paz	0	17	693	700	630	1,00	1,00	0,93	1,00	583	1,19	F	Flujo forzado
6	Calle Bolívar y Calle Colón	Calle Bolívar entre Colón y Suipacha	0	21	835	700	630	1,00	1,00	0,89	0,90	502	1,66	F	Flujo forzado
		Calle Colón entre Bolívar e Ingavi	32	0	975	1200	1080	1,00	0,78	1,00	0,90	758	1,29	F	Flujo forzado
7	Calle Bolívar y Calle Daniel Campos	Calle Bolívar entre Daniel Campos y Colón	25	0	991	1200	1080	1,00	0,85	1,00	1,00	918	1,08	F	Flujo forzado
		Calle Daniel Campos entre Bolívar y Domingo Paz	0	12	873	700	630	1,00	1,00	0,98	1,00	617	1,41	F	Flujo forzado
8	Calle Bolívar y Calle Sucre	Calle Bolívar entre Sucre y Daniel Campos	0	28	854	700	630	1,00	1,00	0,82	1,00	517	1,65	F	Flujo forzado
		Calle Sucre entre Bolívar e Ingavi	15	0	717	500	450	1,00	0,95	1,00	1,00	428	1,68	F	Flujo forzado

9	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas e Ingavi	0	15	536	700	630	1,00	1,00	0,95	1,00	599	0,90	E	Flujo inestable
		Av. Domingo Paz entre Ramon Rojas y Ballivian	19	0	471	700	630	1,00	0,91	1,00	1,00	573	0,82	E	Flujo inestable
		Calle Ramón Rojas entre Domingo Paz y Corrado	18	0	465	700	630	1,00	0,92	1,00	1,00	580	0,80	E	Flujo inestable
10	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	Av. Domingo Paz entre Ballivián y Ramon Rojas	0	21	551	700	630	1,00	1,00	0,89	1,00	561	0,98	E	Flujo inestable
		Av. Domingo Paz entre Ballivián y J. M. Saracho	0	11	451	700	630	1,00	1,00	0,99	1,00	624	0,72	E	Flujo inestable
		Calle Ballivián entre Domingo Paz y Bolivar	16	15	535	700	630	1,00	0,94	0,95	1,00	563	0,95	E	Flujo inestable
11	Av. Domingo Paz y Calle Campero	Av. Domingo Paz entre Campero y J. M. Saracho	13	0	591	700	630	1,00	0,97	1,00	1,00	611	0,97	E	Flujo inestable
		Av. Domingo Paz entre Campero y Gral. Trigo	0	14	521	700	630	1,00	1,00	0,96	1,00	605	0,86	E	Flujo inestable
		Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar	12	16	951	700	630	1,00	0,98	0,94	1,00	580	1,64	F	Flujo forzado
12	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero	0	12	845	700	630	1,00	1,00	0,98	1,00	617	1,37	F	Flujo forzado
		Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado	12	26	739	700	630	1,00	0,98	0,84	1,00	519	1,42	F	Flujo forzado
13	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo	11	0	925	700	630	1,00	0,99	1,00	1,00	624	1,48	F	Flujo forzado
		Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar	0	18	851	700	630	1,00	1,00	0,92	1,00	580	1,47	F	Flujo forzado
14	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	0	12	937	700	630	1,00	1,00	0,98	1,00	617	1,52	F	Flujo forzado
		Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado	19	0	908	700	630	1,00	0,91	1,00	1,00	573	1,58	F	Flujo forzado
15	Av. Domingo Paz y Calle Colon	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos	15	0	885	700	630	1,00	0,95	1,00	1,00	599	1,48	F	Flujo forzado
		Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar	0	11	826	700	630	1,00	1,00	0,99	1,00	624	1,32	F	Flujo forzado

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en la tabla el nivel de servicio que predomina en las calles de estudio se ubican entre los rangos D, E y F, o sea que se encuentran entre un rango de PROXIMO A FLUJO INESTABLE a un flujo FORZADO, donde la menor circulación siendo estos FORZADOS predomina en los tramos:

Calle Bolivar entre Méndez y Santa Cruz	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar
Calle Bolivar entre Suipacha y Méndez	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero
Calle Suipacha entre Bolivar y Domingo Paz	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado
Calle Bolivar entre Colon y Suipacha	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo
Calle Colón entre Bolivar e Ingavi	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar
Calle Bolivar entre Daniel Campos y Colon	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre
Calle Daniel Campos entre Bolivar y Domingo Paz	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado
Calle Bolivar entre Sucre y Daniel Campos	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos
Calle Sucre entre Bolivar e Ingavi	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar

Las calles nombradas tienen un Nivel de Servicio muy bajo ya que son aquellas en las que el número total de vehículos es superior a la capacidad real fundamentalmente en las horas pico, haciendo notar que existe demasiado tráfico en dichas horas, estas calles no son adecuadas para el tráfico actual y es necesario realizar mejoras en su capacidad vehicular.

3.4.5 Análisis de resultado de Estacionamiento Vehicular

3.4.5.1 Resumen de estacionamiento vehicular

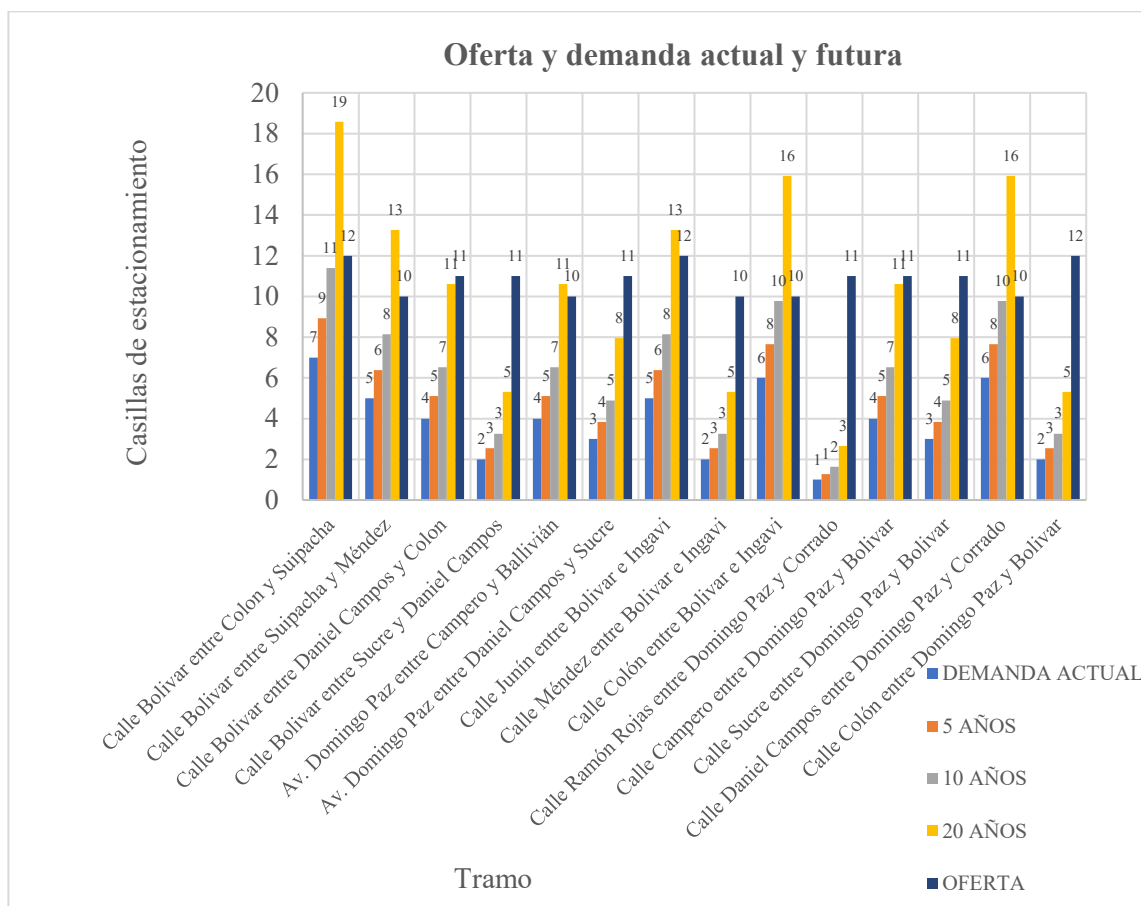
Tabla N° 3.29 Resumen de estacionamiento de vehículos

Calle	Vehículos estacionados	I ocupación	Demanda actual	5 años	10 años	20 años	Oferta	Longitud de calle
Calle Bolívar entre Colon y Suipacha	7	1	7	9	11	19	12	89.00
Calle Bolívar entre Suipacha y Méndez	5	1	5	6	8	13	10	76.85
Calle Bolívar entre Daniel Campos y Colon	4	1	4	5	7	11	11	79.91
Calle Bolívar entre Sucre y Daniel Campos	2	1	2	3	3	5	11	79.97
Av. Domingo Paz entre Campero y Ballivián	4	1	4	5	7	11	10	73.51
Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre	3	1	3	4	5	8	11	83.69
Calle Junín entre Bolívar e Ingavi	5	1	5	6	8	13	12	85.40

Calle Méndez entre Bolívar e Ingavi	2	1	2	3	3	5	10	72.63
Calle Colón entre Bolívar e Ingavi	6	1	6	8	10	16	10	77.58
Calle Ramón Rojas entre Av. Domingo Paz y Corrado	1	1	1	1	2	3	11	81.49
Calle Campero entre Av. Domingo Paz y Bolívar	4	1	4	5	7	11	11	81.49
Calle Sucre entre Av. Domingo Paz y Bolívar	3	1	3	4	5	8	11	83.59
Calle Daniel Campos entre Av. Domingo Paz y Corrado	6	1	6	8	10	16	10	76.96
Calle Colón entre Av. Domingo Paz y Bolívar	2	1	2	3	3	5	12	85.60

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.13 Oferta y Demanda de Vehículos en el centro de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la oferta y demanda de estacionamiento en distintos tramos, tanto en la actualidad como en diferentes proyecciones de tiempo (5, 10 y 20 años), demuestra que hay un problema creciente con la disponibilidad de estacionamiento en distintos tramos

de la ciudad a largo plazo sin embargo en la actualidad la cantidad de oferta de estacionamientos es suficiente con la demanda actual. La cantidad de espacios disponibles ya es insuficiente para la demanda actual, y si proyectamos el futuro, la situación sería muy desfavorable en cuanto a estacionamientos. En algunos sectores, la cantidad de vehículos que necesitarán estacionamiento en 20 años casi triplica la oferta actual, lo que se recomienda es encontrar estacionamientos privados. A medida que pasan los años, la demanda de estacionamiento aumenta en todos los tramos, alcanzando su punto más alto en 20 años. Algunos tramos presentan una diferencia especialmente grande entre oferta y demanda futura podemos mencionar:

La Calle Bolívar entre Colon y Suipacha tiene una demanda de 19 casillas en 20 años, mientras que la oferta es de solo 12.

La Calle Colon entre Bolívar e Ingavi es similar, con una demanda de 16 casillas en 20 años y una oferta de 12.

Algunos tramos experimentan un crecimiento de la demanda más acelerado que otros, esto sugiere que ciertas áreas pueden estar más afectadas por el crecimiento del parque automotor y cambios en el uso del suelo urbano aumentando parqueos y estacionamientos. En varias ubicaciones, la oferta y la demanda presentan cambios drásticos, lo que nos indica que la distribución vehicular no es uniforme en el centro de la ciudad mostrando así que la demanda proyectada que exige la población de Tarija es muy amplia comparado a la oferta disponible.

Tabla N° 3.30 Resumen los resultados obtenidos en función al problema y la solución de cada intersección

Nro de intersección	Nro de tramo	Intersección	Volumen vehicular (veh/h)	Vel. (km/h)	Capacidad (veh/h)	Nivel de servicio	Semaforización	Solución
1	1	Calle Bolívar y Av. La Paz	563	12.37	747	Próximo a flujo inestable	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	2		445	11.26	681	Flujo inestable		
	3		484	10.95	696	Flujo inestable		
2	4	Calle Bolívar y Calle O Connor	572	17.02	907	Flujo inestable	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo, asegurarse de que funcione bien y pintar los pasos peatonales con pintura reflectiva y facilitar el cruce de niños y adultos mayores.
	5		565	10.15	673	Flujo inestable		

3	6	Calle Bolívar y Calle Santa Cruz	591	14.33	853	Flujo inestable	Cumple algunas condiciones, pero no necesita semáforo.	No se necesita semáforo, basta con poner señal de ceda el paso y un paso peatonal bien visible también revisar cada cierto tiempo si aumenta el tráfico.
	7		457	10.26	983	Flujo inestable		
4	8	Calle Bolívar y Calle Méndez	615	11.95	666	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y revisar si el tiempo de espera es adecuado también pintar los cruces y mejorar la iluminación.
	9		485	13.22	727	Flujo inestable		
5	10	Calle Bolívar y Calle Suipacha	721	12.25	750	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	11		693	11.02	838	Flujo forzado		
6	12	Calle Bolívar y Calle Colón	835	10.28	866	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	13		975	14.72	603	Flujo forzado		
7	14	Calle Bolívar y Calle Daniel Campos	991	10.11	918	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	15		873	13.88	882	Flujo forzado		
8	16	Calle Bolívar y Calle Sucre	854	10.81	738	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo, asegurarse de que funcione bien y pintar los pasos peatonales con pintura reflectiva y facilitar el cruce de niños y adultos mayores.
	17		717	10.08	727	Flujo forzado		
9	18	Av. Domingo Paz y Calle Ramon Rojas	536	21.15	1026	Flujo inestable	Cumple algunas condiciones, pero no necesita semáforo.	No instalar semáforo sin embargo colocar señal de pare y mantener pintado el paso peatonal y revisar si la esquina tiene buena visibilidad.
	19		471	18.26	983	Flujo inestable		
	20		465	19.36	704	Flujo inestable		
10	21	Av. Domingo Paz y Calle Ballivián	551	20.69	1058	Flujo inestable	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	22		451	17.63	1069	Flujo inestable		
	23		535	18.61	719	Flujo inestable		
11	24	Av. Domingo Paz y Calle Campero	591	18.37	1048	Flujo inestable	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo, asegurarse de que funcione bien y pintar los pasos peatonales con pintura reflectiva y facilitar el cruce de niños y adultos mayores.
	25		521	16.22	1026	Flujo inestable		
	26		951	14.31	1037	Flujo forzado		

12	27	Av. Domingo Paz y Calle Gral. Trigo	845	16.22	1015	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	28		739	10.41	741	Flujo forzado		
13	29	Av. Domingo Paz y Calle Sucre	925	12.36	757	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y revisar si el tiempo de espera es adecuado también pintar los cruces y mejorar la iluminación.
	30		851	15.22	704	Flujo forzado		
14	31	Av. Domingo Paz y Calle Daniel Campos	937	11.95	719	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y ajustar los tiempos de luz verde para que los vehículos no se acumulen, también pintar los pasos peatonales y revisar si el semáforo funciona correctamente.
	32		908	11.65	696	Flujo forzado		
15	33	Av. Domingo Paz y Calle Colon	885	14.38	727	Flujo forzado	Cumple varias condiciones y ya tiene semáforo.	Mantener el semáforo y revisar si el tiempo de espera es adecuado también pintar los cruces y mejorar la iluminación.
	34		826	13.62	757	Flujo forzado		

Fuente: Elaboración propia

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:

- Se estudió de manera eficiente la normativa y reglamentación en Bolivia, establecen un marco adecuado para la circulación vehicular, sin embargo, se requieren esfuerzos continuos para mejorar el cumplimiento de las normas, educar a los usuarios viales y fomentar una cultura de responsabilidad compartida en las calles de la ciudad.
- Se logró una identificación precisa de las áreas de estudio, lo cual es crucial para una recolección de datos efectiva y relevante, esto garantiza que el estudio se centre en la zona de mayor impacto para el proyecto ubicado en las intersecciones más críticas de la ciudad de Tarija.
- Para la determinación de las tres horas pico, primero se realizó el aforo de 15 horas donde se ubicó como punto de aforo la calle Bolívar entre Colon y Suipacha, estableciendo que las horas de máximo volumen son 08:00 - 9:00 am, 12:00 - 13:00 am y 18:00-19:00 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 total de vehículos de las cuatro semanas analizadas es igual a 991 veh/hr, en la calle BOLIVAR ENTRE DANIEL CAMPOS Y COLON y el volumen mínimo con 445 veh/hr 19 es la el tramo de la AV. LA PAZ ENTRE BOLIVAR E INGAVI.
- Los resultados de las velocidades nos demuestran que las velocidades de los vehículos son muy rápidas provocando una circulación sea más fluida provocando un mayor tránsito de vehículos, esta circulación libre es debido al ancho de calzada ya que en varios tramos del área estudiada el ancho de calzada es suficiente para el volumen existente, donde se observa que los vehículos circulan con mayor velocidad en la intersección 9 (Acceso 1) a 21,15 km/h y más lento en la calle en la intersección 8 (Acceso 2) a 10,08 km/h.

- Se realizó el análisis de la Densidad de Vehículos comparado donde observamos que la cantidad de vehículos que circulan en el área de estudio es de 24,02 Veh/km a 98,02 Veh/km donde la mayor cantidad de vehículos por kilómetro se encuentra en la intersección 7 (Acceso 1) con 98,02 Veh/km y con 24,02 Veh/km en la intersección 9 (Acceso 3), demostrando que existe un valor elevado en las avenidas que se encuentran en la zona de mayor volumen sin embargo es todo lo contrario con los vehículos que transitan en calles de menor circulación vehicular.
- Se realizó el análisis de la Capacidad vehicular en cada tramo para establecer los niveles de servicio y así conocer qué tipos de flujo vehicular existe, arrojándonos como resultados la Capacidad vehicular que presenta el tramo Capacidad real en la Bolívar con la calle Daniel Campos es mucho más amplia con una Capacidad Real vehicular de 918 vehículos, esto debido a su ancho de calzada y las pocas paradas de estacionamiento que existen en dicho tramo, comparado con la Capacidad que presenta el tramo de la calle Bolívar con la calle Sucre con una Capacidad vehicular de 428 vehículos, ya que el ancho de su calzada es pequeño ocasionando un aforo vehicular bajo provocando mayor congestionamiento tanto para los diferentes tipos de vehículos que transitan el área de estudio.
- Se realizó el análisis del nivel de servicio que predomina en las calles de estudio se ubican entre los rangos D, E y F, o sea que se encuentran entre un rango de PROXIMO A FLUJO INESTABLE a un flujo FORZADO, donde la menor circulación siendo estos FORZADOS predomina en los tramos:

Calle Bolivar entre Méndez y Santa Cruz	Calle Campero entre Domingo Paz y Bolivar
Calle Bolivar entre Suipacha y Méndez	Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero
Calle Suipacha entre Bolivar y Domingo Paz	Calle Gral. Trigo entre Domingo Paz y Corrado
Calle Bolivar entre Colon y Suipacha	Av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo
Calle Colón entre Bolivar e Ingavi	Calle Sucre entre Domingo Paz y Bolivar
Calle Bolivar entre Daniel Campos y Colon	Av. Domingo Paz entre Daniel Campos y Sucre
Calle Daniel Campos entre Bolivar y Domingo Paz	Calle Daniel Campos entre Domingo Paz y Corrado
Calle Bolivar entre Sucre y Daniel Campos	Av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos
Calle Sucre entre Bolivar e Ingavi	Calle Colón entre Domingo Paz y Bolivar

Las calles nombradas tienen un Nivel de Servicio muy bajo ya que son aquellas en las que el número total de vehículos es superior a la capacidad real fundamentalmente en las horas pico, haciendo notar que existe demasiado tráfico en dichas horas, estas calles no son adecuadas para el tráfico actual y es necesario realizar mejoras en su capacidad vehicular, debido a la mayor afluencia de vehículos y la poca capacidad que tienen dichos tramos para poder transitar con mayor fluidez. Mejorar el control de 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.

- Se concluyó el análisis de señalización en todas las intersecciones donde se observa que en los puntos de estudio no se encuentran totalmente señalizadas debido al desgaste horizontal y falta de mantenimiento en la señalización vertical, aunque hay flechas y líneas en el suelo para organizar el tráfico, no todas las intersecciones cuentan con estas marcas, lo que podría generar confusión para los conductores, los pasos peatonales están presentes en algunos cruces, pero en otros faltan o no tienen letreros que adviertan a los conductores, también hay pocas señales de "No estacionar", lo que podría causar obstrucciones en zonas críticas. Además, la velocidad máxima de 20 km/h está indicada en muchos lugares, lo que puede hacer que algunos conductores no reduzcan su velocidad donde sería necesario. En general, la señalización ayuda, pero hay puntos donde se necesita mayor claridad y advertencias para mejorar la seguridad y el orden en el tráfico.
- Se realizó el análisis de semaforización en las 15 intersecciones y los semáforos están en las mejores condiciones y funcionan de manera eficiente, su ubicación es adecuada, permitiendo que conductores y peatones los vean con claridad y sigan las indicaciones sin inconvenientes, los tiempos de cambio están bien ajustados, lo que facilita un tránsito fluido y evita congestionamientos. No presentan fallas ni problemas visibles, garantizando así el orden y la seguridad en las intersecciones.
- Se ejecutó el análisis de la demanda de estacionamientos en varios tramos del centro de la ciudad de Tarija donde se puede evidenciar que ampliamente la oferta

que proporcionan los tramos son mayores a la demanda existente provocando mayor fluidez en el tránsito vehicular sin embargo con la proyección a 20 años podemos evidenciar que existen tramos donde la demanda será mayor, se concluye que se debe aumentar los espacios de estacionamiento, la mayor Demanda es en la Calle Bolívar entre Colon y Suipacha ya que hay una demanda de 7 vehículos comparada con una oferta de 12 cubriendo la demanda existente sin embargo proyectando a 20 años demanda será de 19 vehículos ocasionando mayor tráfico en la transitabilidad vehicular.

- Como conclusión al ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DEL TRANSITO EN LAS AV. DOMINGO PAZ Y CALLE BOLIVAR DE LA ZONA CENTRAL DE LA CIUDAD DE TARIJA nos favorece bastante ya que se puede conocer el tipo de tráfico existente en la ciudad donde se observó que se debe realizar el mejoramiento de los tramos ya que existe aumento considerable de volumen respecto a las condiciones iniciales de la zona de estudio, también existe muy poca señalización en las intersecciones estudiadas y respecto a la semaforización se encuentra en condiciones favorables sin embargo existen medidas que tomar en cuenta para mejorar la circulación vehicular ya que de las 15 intersecciones estudiadas existes 9 tramos de los 34 existentes, en dichas intersecciones son los más críticos se encuentran semaforizadas y respecto al estacionamiento la oferta es considerable respecto a la demanda existente sin embargo proyectada a 20 años se deberá ampliar los estacionamientos en algunos tramos, sean estos antes de llegar a los tramos.

4.2 Recomendaciones

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

- Es fundamental generar una cultura de respeto hacia las normas de tránsito, para ello, se pueden implementar campañas de concienciación en medios locales y en las escuelas, también es importante que los conductores comprendan cómo sus hábitos afectan el flujo del tráfico y la seguridad vial. La educación vial debe ser

constante, enfocada en el respeto a las señales de tránsito, la reducción de velocidad y la correcta utilización de los espacios de estacionamiento.

- Se recomienda considerar la señalización en algunas intersecciones no es suficientemente clara, por ejemplo en las calles más transitadas como ser la calle Colón entre Bolívar e Ingavi, calle Daniel Campos entre Av. Domingo Paz y Corrado, av. Domingo Paz entre Sucre y Gral. Trigo, Av. Domingo Paz entre Gral. Trigo y Campero, calle Bolívar entre Daniel Campos y Colon, av. Domingo Paz entre Colón y Daniel Campos, que puede generar confusión entre los conductores, especialmente durante las horas pico. Para mejorar esta situación, es necesario instalar señales más visibles y colocar marcas viales que orienten de forma adecuada, además, la seguridad de los peatones también debe ser una prioridad, por lo que se debe reforzar la señalización en los cruces peatonales y colocar advertencias para prevenir accidentes.
- Los semáforos se encuentran ubicados en lugares estratégicos sin embargo se debe considerar una proyección a futuro especialmente durante las horas pico, se recomienda analizar los patrones de tráfico y ajustar los tiempos de los semáforos para permitir una circulación más fluida, un sistema más dinámico, que se adapte a los momentos de mayor afluencia de vehículos, puede mejorar significativamente el flujo en las intersecciones más críticas. Particularmente en la intersección de la calle Ballivián y av. Domingo Paz el flujo vehicular es constante durante todo el día ya que es una intersección de salida del casco viejo, donde transitan vehículos de todo tipo ocasionando mayor tráfico, es por eso que se implementó un semáforo digital, ya que existe mucha circulación de vehículos y para poder evitar accidentes, el cruce está sujeto a monitoreo por parte de la Dirección de Tránsito, cruzar en luz roja o no respetar el paso de cebra en estas intersecciones céntricas conlleva sanciones según el reglamento de Infracciones de Tránsito Urbano
- Aunque la oferta de estacionamiento parece suficiente en muchos tramos, la proyección a 20 años indica que la demanda aumentará significativamente, es necesario anticiparse a este problema ampliando los espacios de estacionamiento

en las áreas más demandadas antes de que se convierta en una fuente de congestión, debe mejorar el control del estacionamiento en la vía pública, evitando que los vehículos mal estacionados bloqueen las vías de circulación y causen mayores embotellamientos, además el mercado central cuenta con aproximadamente 100 espacios de estacionamientos permitiendo liberar espacios de estacionamientos en el casco viejo de la ciudad.

- Las paradas de transporte público y privado deben estar mejor organizadas, a menudo los vehículos se estacionan en lugares no autorizados o tardan mucho tiempo en cargar o descargar pasajeros, lo que afecta el flujo del tráfico, se recomienda implementar una mayor vigilancia y control en las paradas, asegurando que se realicen de forma ordenada y eficiente, para minimizar su impacto en la circulación vehicular. Las paradas del transporte público en el área de estudio son: en la calle Bolívar del centro de Tarija, existen aproximadamente 9 paradas oficiales distribuidas a lo largo de su recorrido por el casco histórico, según los planes de reordenamiento de movilidad urbana y transporte público, esta calle es un eje crítico para el transporte, ya que conecta el flujo vehicular que proviene del Mercado Central hacia otras zonas de la ciudad y en la Avenida Domingo Paz se identifican aproximadamente 10 paradas oficiales para el transporte público (micros y trufis) a lo largo de su extensión en el casco central, esta avenida es uno de los corredores más importantes y congestionados de la ciudad, por lo que la Unidad de Tránsito y la Alcaldía realizan controles constantes para asegurar que los conductores respeten estos puntos específicos y no se detengan en áreas no autorizadas
- La ciudad debe anticiparse al aumento del volumen de tráfico debido al crecimiento poblacional y la incorporación de más vehículos, es crucial que las autoridades planifiquen con tiempo la expansión de la infraestructura vial y de estacionamiento, además se debe realizar un seguimiento constante del tráfico para ajustar las políticas de movilidad y evitar que se generen nuevos embotellamientos, ya que en la calle Bolívar sufre por la alta concentración de líneas de transporte que convergen hacia el Mercado Central, se debe realizar el retiro del 40% de las

líneas de transporte público que atraviesan el casco central para desviar sus rutas hacia calles externas, La parada más crítica se ubica entre las calles Daniel Campos y Colón es identificada como un punto de "cuello de botella", también se debe retirar o prohibir el estacionamiento momentáneo en esta cuadra mejoraría significativamente la velocidad de circulación y en la Avenida Domingo Paz el mayor conflicto ocurre porque las paradas actuales, especialmente las de taxis, ocupan un carril completo de circulación, reduciendo la capacidad de la vía en puntos clave. Las paradas de taxis cercanas al Palacio de Justicia y en las intersecciones con General Trigo y Campero, ya que, al liberar estos carriles, se permitiría un flujo continuo de tres carriles en lugar de dos.

- Es aconsejable llevar a cabo campañas de concienciación sobre la correcta utilización de la señalización, semaforización y los espacios de estacionamiento y transitabilidad vehicular, desde el jardín de niños hasta los transportistas, para que todos tomen conciencia de que, si todos participamos en el cumplimiento y respeto de las normas de tránsito, lograremos tener una circulación segura y eficiente. Es recomendable socializar sobre el paso de peatones seguro es una zona de cruce diseñada bajo el principio de prioridad peatonal, que utiliza elementos físicos como elevaciones o extensiones de acera y visuales como iluminación y pintura de alto contraste, para garantizar que el peatón sea visto con antelación, cruce la menor distancia posible y obligue a los vehículos a reducir su velocidad de forma natural.
- Invertir en infraestructura para asegurar el mejor funcionamiento de los tramos estudiados y puedan ser distribuidos de manera eficientemente, esto incluye mejorar las redes de transporte y almacenamiento, implementando el uso de tecnologías de análisis de datos y predicción de demanda, colaborando con autoridades municipales para facilitar la expansión y mejorar la infraestructura local.