

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el desarrollo social y económico en los últimos años, ha creado un incremento significativo en el tráfico vehicular, teniendo como consecuencia una serie de problemas tales como el congestionamiento de vehículos en las vías, situación que se traduce en pérdidas de tiempo, pérdidas económicas y un aumento significativo de accidentes de tránsito. El departamento de Tarija no se encuentra al margen de los problemas mencionados.

Este incremento constante de vehículos, hace necesario prestarle especial atención a las vías de circulación, tomando acciones cuyo fin sea disminuir los problemas de tránsito existentes, más aun en horas de mayor circulación vehicular, las llamadas horas pico.

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería civil, la cual nace por la necesidad de ordenar el tráfico en las calles, tanto de los vehículos como de los peatones, ha sido estudiada para ser aplicada en la realización del análisis del tráfico, sus causas y su falta de planificación. Mediante el análisis de los elementos del flujo vehicular se pueden entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planteamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y obras complementarias dentro del sistema de transporte

Como toda ciencia, la ingeniería de tráfico presenta una secuencia lógica para alcanzar los resultados deseados, la misma empieza por la identificación y planteamiento del problema, lo cual prosigue con la recolección y análisis de los datos, con el fin de proponer soluciones.

Es por ello que el presente trabajo propone realizar un análisis de la situación del tráfico vehicular a consecuencia de la construcción del paso a desnivel en la zona del Mercado Campesino, uniendo la calle Froilán Tejerina (acceso) con la avenida Panamericana (salida); infraestructura con fines de crear un libre y seguro flujo vehicular mejorando los factores de congestionamiento en este sector.

Se realizara dicho análisis siguiendo la secuencia de la ingeniería de tráfico, cuyos resultados serán los encargados de verificar si la estructura cumple con su objetivo; por otra parte que de aquí en adelante se tome en cuenta este proyecto de aplicación como referencia y apoyo de estudio del tráfico vehicular en la ciudad de Tarija.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE APLICACIÓN

Ante el avance de crecimiento permanente de peatones y automóviles, se da origen a los problemas viales, por lo que se ve la necesidad de realizar un estudio de la situación del tráfico vehicular que se generara a causa de una estructura como lo es el paso a desnivel, con el fin de comprobar si cumple los beneficios de su construcción; que se refiere a la disminución del congestionamiento vehicular, al ahorro de tiempo de las personas que viajan en los vehículos; y el ahorro de combustible que utilizan esos mismos vehículos.

El sitio de estudio es un cruce muy importante, ya que la zona es comercial por tanto el tráfico es considerable en diferentes horas del día, pues el paso en servicio dará acceso desde la calle Froilán Tejerina hasta la avenida Panamericana; dando una vialidad cuyo destino no implica “dar la vuelta” por la calle Comercio para llegar a la avenida Panamericana, y de esta forma cumplir con los beneficios ya mencionados.

Se pretende realizar dicho estudio en base a la recopilación de datos necesarios para el procesamiento de volúmenes de tráfico, velocidades, capacidad, nivel de servicio entre otros; y realizar el análisis correspondiente de lo obtenido, ese proceso se realizara empleando las herramientas establecidas por la ingeniería de tráfico y el seguimiento del control de resultados en efecto del paso a desnivel; para luego con la ayuda de un proyecto de grado ya elaborado cuyos resultados serán proyectados hasta la actualidad, se hará la comparación del flujo vehicular de la zona en estudio.

Este estudio de aplicación servirá como dato en la evaluación vehicular en la zona donde se ubica el puente a desnivel, pues se dará a conocer la reacción de los conductores debido a la implementación de la estructura ya mencionada.

Por otra parte que de aquí en adelante se tome en cuenta este estudio de aplicación como referencia de la consecuencia y el análisis vehicular necesario para el diseño de futuras obras civiles similares al paso a desnivel, con el fin de solucionar el problema de tráfico vehicular en puntos de concurrencia en la ciudad de Tarija.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación Problemática

La realidad de la ciudad de Tarija, respecto al congestionamiento vehicular, no es comparable ni siquiera con las ciudades de Bolivia ya que tiene características particulares, por lo que en cada caso las unidades de tránsito y vialidad toman en cuenta la realidad del entorno y las características topográficas para determinar lineamientos normativos, para implementar políticas y para realizar el control de los aspectos de tránsito.

La búsqueda de soluciones y alternativas para remediar este problema que se vive día a día resulta urgente sabiendo que sigue creciendo la población y de la mano el parque automotor y que continuará haciéndolo en el futuro, todavía a mayor velocidad.

El congestionamiento vehicular trae consigo efectos contraproducentes como ser la contaminación ambiental y acústica que afecta a la salud de la población, el gran uso de gasolina en horarios pico de congestionamiento ya que a pesar de estar casi parados los autos, estos siguen con motores en funcionamiento, esto además conlleva un efecto contaminante ya que todas las maquinas en mayor o menor grado lanzan residuos contaminantes tóxicos (emisiones de dióxido de carbono), el estrés que causa el hecho de estar diariamente en niveles de congestionamiento es uno de los más importantes y uno de los más dañinos a la salud.

El calcular cuánto tiempo se tardará en llegar a un punto de la ciudad atravesando la zona del Campesino en horas de congestionamiento vehicular resulta difícil con circunstancias cambiantes día a día, y esto en muchos casos determina retrasos en las tareas y funciones que se tienen que cumplir en el ámbito laboral, educativo, etc.

En el caso comercial también es posible percibir costos alternativos ya que muchos de los negocios que están ubicados en la zona tienen serios problemas para abastecimiento, reparaciones e incluso ventas por no contar con espacios de parqueo. Los compradores actualmente buscan lugares donde les brinden mejores posibilidades y facilidades de acceso para realizar sus compras.

El paso a desnivel que es una obra civil, cuyo objetivo principal es el de mejorar la vialidad de un cruce, haciendo uso de este concepto se construyó esta estructura creando un lazo directo desde la calle Froilán Tejerina y la avenida Panamericana calzada dirigida al centro de la ciudad, con el fin de aumentar la vialidad vehicular en el sector que es comercial.

A través del estudio del tráfico se hará una evaluación de la situación del flujo vehicular, haciendo uso de la infraestructura, con la cual se pretende solucionar las condiciones de tránsito de la zona en estudio.

1.3.2. Determinación del Problema

¿Qué incidencia tiene el uso del paso a desnivel respecto al comportamiento del tráfico vehicular en la zona del Mercado Campesino, específicamente las calles Froilán Tejerina, la calle Comercio, el tramo del puente vehicular y la avenida Panamericana?

1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO DE APLICACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Realizar un análisis de la situación del tráfico vehicular en la zona del Mercado Campesino –“calle Froilán Tejerina, calle Comercio y la avenida Panamericana”, como resultado de la puesta en servicio del paso a desnivel.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir los conceptos principales e importantes de la ingeniería de tráfico.
- Aplicar los conceptos de la ingeniería de tráfico que se requieren para la realización de la obtención de datos y resultados.
- Recopilar los datos en campo necesarios para el análisis del comportamiento vehicular mediante aforos, utilizando métodos manuales.
- Calcular los parámetros de la ingeniería de tráfico en gabinete: volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio, observar y analizar la señalización y semaforización en la zona en estudio.
- Proyectar los resultados que sean posibles a la actualidad del análisis del tráfico que se realizó antes de la construcción del paso a desnivel.
- Realizar la comparación de los resultados obtenidos con el aforo actual y los resultados obtenidos mediante la proyección.
- Analizar los resultados obtenidos, para verificar si el uso del paso a desnivel cumple con los beneficios de su construcción.
- En función de los resultados obtenidos, plantear las conclusiones y recomendaciones respecto a la aplicación en estudio.

1.5. HIPÓTESIS DE LA APLICACIÓN

Si se realiza un análisis de la situación del tráfico vehicular como consecuencia del puesto en servicio del puente a desnivel, entonces determinaremos las condiciones del tráfico como ser: volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio, señalización y semaforización, en la zona en estudio.

1.6. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN

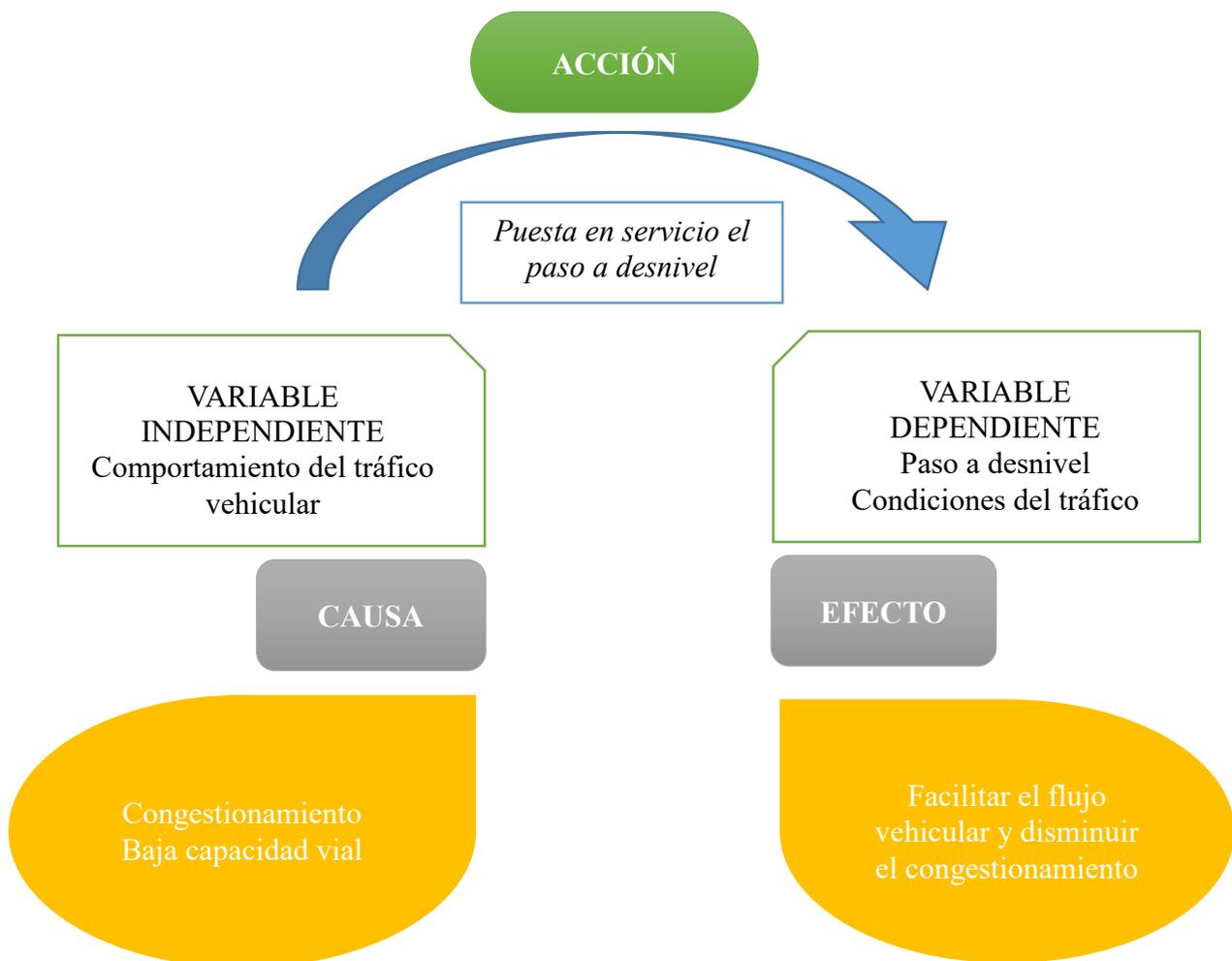
- **Variables dependientes:**

Paso a desnivel.

Condiciones de tráfico

- **Variable independiente:**

Comportamiento del tráfico vehicular, posterior a la puesta en servicio del paso a desnivel.



1.7. ALCANCE

En este punto se explicará el alcance que tendrá esta aplicación y lo que se pretende conseguir en cada capítulo.

Este trabajo de aplicación requiere de la obtención de datos mediante aforos que se realizarán en los accesos de la zona de la infraestructura paso a desnivel, basado en porcentajes del volumen de vehículos pesados, vehículos medianos y vehículos livianos y porcentaje de giros, ancho de carril de los accesos para la estimación de la capacidad vehicular y plantear el nivel de servicio.

Se medirá distancias y lapsos para obtener velocidades y con el volumen vehicular se conseguirá la distribución de la fase de semaforización y señalización requerida.

Con los resultados obtenidos se evaluará el estado del flujo vehicular, resultado del uso del puente vehicular a desnivel, siendo el objetivo el análisis de dicho estado se quiere realizar una comparación de lo que fue y ahora será la vialidad vehicular, de esta manera justificar si la estructura cumple con los propósitos de su construcción.

El alcance de la investigación del “ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR COMO CONSECUENCIA DEL NUEVO PASO A DESNIVEL EN LA ZONA DEL MERCADO CAMPESINO” abarca lo siguiente:

- Adquirir información teórica que sea necesaria según normas para el volumen, velocidad, capacidad, nivel de servicio, semaforización y señalización.
- Emplear en el campo de estudio la información obtenida.
- Realizar el aforo y las mediciones correspondientes, usando métodos manuales.
- Recaudar los datos suficientes para empezar a trabajar en el gabinete.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos.
- Plasmar las conclusiones y recomendaciones.

En este primer capítulo se pretende dar una breve introducción de antecedentes, y se describirá los objetivos que se quiere alcanzar con la realización del estudio.

También se describe de manera clara el diseño teórico de este proyecto justificando la necesidad de realizar este estudio de aplicación.

En el segundo capítulo se reunirá la información necesaria de acuerdo a las normas planteadas para este proyecto. Se explicara detalladamente los conceptos fundamentales de volumen vehicular, velocidad, capacidad vehicular, nivel de servicio, señalización y semaforización, también los factores que componen el tema principal de estudio.

En este mismo capítulo nos referimos a la definición, características, fundamentos de lo que conlleva el paso a desnivel. Pues es importante tener conocimiento sobre esta obra civil, los propósitos de su construcción, sus ventajas y desventajas; pues dicho propósito es el de mejorar la vialidad del flujo de tránsito.

En lo que refiere al capítulo tres, la aplicación se ejecuta en campo ya teniendo el área de estudio se encabezara con la realización del aforo y mediciones para los parámetros volúmenes y velocidades, para luego realizar el trabajo en gabinete, la determinación de densidad vehicular, la capacidad, nivel de servicio, y la correspondiente señalización y semaforización necesaria, con el fin de alcanzar un análisis de resultados eficaces.

En el último apartado es decir el capítulo cuatro se proporcionará las conclusiones y recomendaciones necesarias respecto a la aplicación del análisis de la situación del tráfico vehicular, esperando que este trabajo aporte de manera fundamental a la sociedad, a la ingeniería de tráfico y al diseño de futuras obras similares que ayuden a solucionar el problema de tráfico vehicular.

1.8. DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1. Componentes

1.8.1.1. Unidad de Estudio

El comportamiento del tráfico vehicular en el área urbana.

1.8.1.2. Población

El comportamiento del tráfico en la zona del mercado campesino.

1.8.1.3. Muestra

El comportamiento del tráfico haciendo uso del paso a desnivel en la zona del mercado Campesino.

1.8.1.4. Muestreo

Son los accesos que hay en la zona del viaducto, donde se medirán los volúmenes, distancias y tiempos.

1.9. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

1.9.1. Métodos Seleccionados

El estudio de aplicación se basará en el método inductivo, ya que este es el que se adecua al planteamiento de lo que se quiere estudiar.

1.9.1.1. Método Inductivo

Es aquel método científico que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos, su registro, la clasificación y el estudio de los hechos, la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización, y la contrastación.

Esto supone que, tras una primera etapa de observación, análisis y clasificación de los hechos, se logra postular una hipótesis que brinda una solución al problema planteado.

Una forma de llevar a cabo el método inductivo es proponer, mediante diversas observaciones de los sucesos u objetos en estado natural, una conclusión que resulte general para todos los eventos de la misma clase. En concreto, podemos establecer que este citado método se caracteriza por varias cosas y entre ellas está el hecho de que al razonar lo que hace quien lo utiliza es ir de lo particular a lo general o bien de una parte concreta al todo del que forma parte.

Es frecuente que se confunda el método inductivo con el deductivo. Pero la diferencia es muy sencilla: mientras el primero apuesta por el establecimiento de una serie de leyes a partir de lo que observa, el segundo lo que hace es inferir algo en base a una ley.

Explicación al tema: Se utilizará el método inductivo ya que este con sus pasos a seguir se adecuan a lo que llevara a ser el estudio de aplicación en la condición del tráfico en la puesta en servicio del paso a desnivel, pues será necesario la observación y registro del aforo vehicular, la obtención de datos y resultados para realizar el análisis y de esa forma lograr la conclusión del objetivo.

1.9.1.2. Técnicas

- **Aforos y mediciones:** es el conteo de vehículos, el aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tiene por objetivo cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o intersección.

- **Trabajo en gabinete:** es el que se realiza después de la etapa primaria y elemental de cualquier aplicación, que consiste en obtener materiales y documentos a través de la información oral o visual de otras personas o fenómenos naturales.

Explicación al tema: Para cumplir con el objetivo general del estudio de aplicación, se hará uso de las técnicas ya mencionadas, ya que con el aforo y mediciones se obtendrán los datos, los cuales son necesarios para el uso en el trabajo en gabinete para realizar los cálculos correspondientes.

1.9.2. Proceso Metodológico

Esta aplicación constará con los pasos fundamentales, los cuales son:

Paso 1: Recolección de información sobre volumen, velocidad, capacidad vehicular, nivel de servicio, semaforización y señalización, con el propósito de generar un marco teórico; ya que será mediante la norma boliviana aastho y el Manual de Capacidad de Estados Unidos 1998.

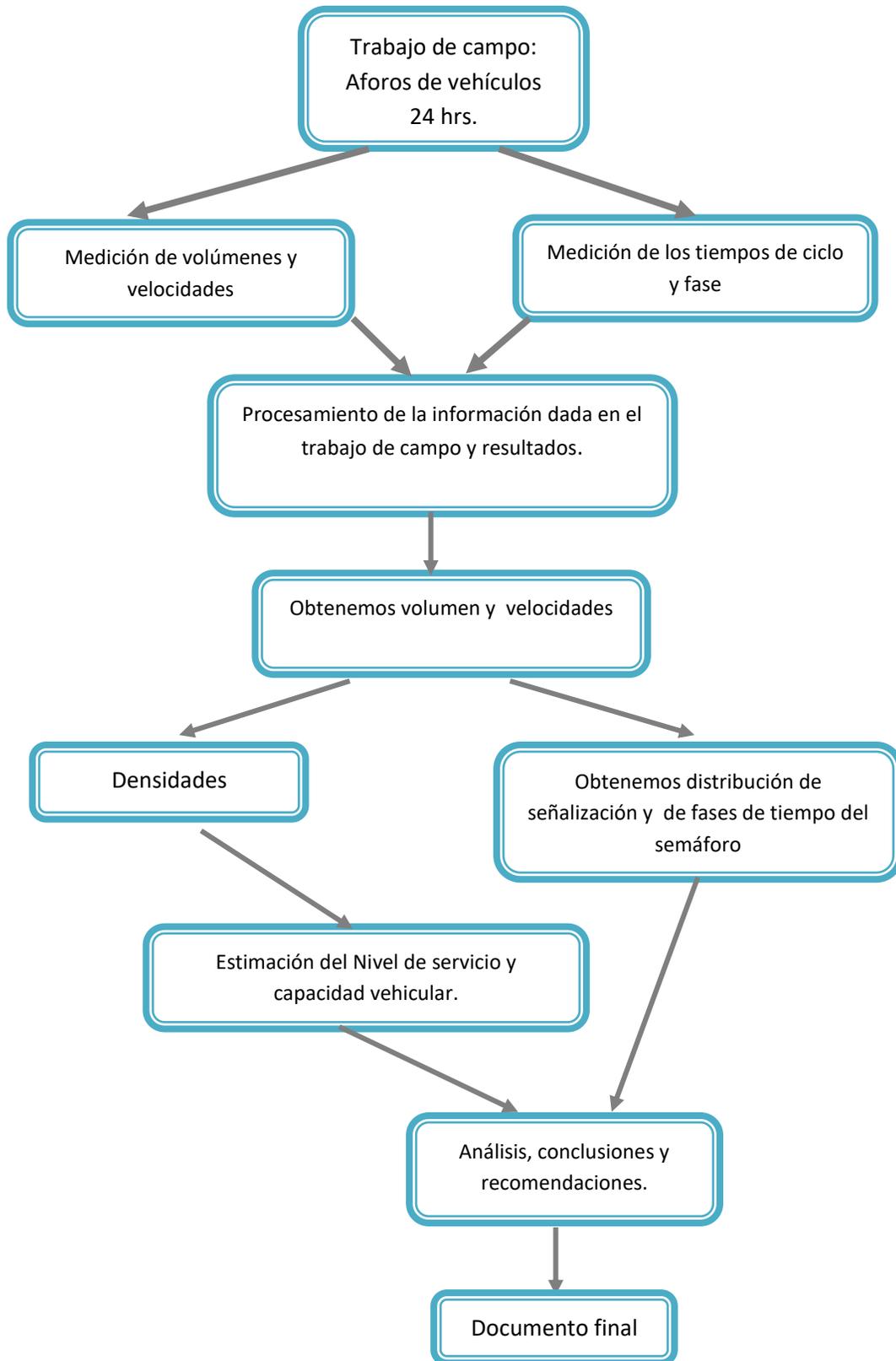
Paso 2: Se realizará de la siguiente manera el trabajo en campo:

- Observar y señalar los accesos que se deberán tomar en cuenta para el conteo de volúmenes.
- Realizar la medición de la distancia requerida para cronometrar el tiempo requerido en el cálculo de velocidades.
- Se debe aforar las 24 horas del día tanto para volumen y velocidad, en cada uno de los diferentes accesos de la zona de estudio.
- El aforo debe ser realizado por una semana.

Paso 3: Teniendo los datos de campo se procede a realizar el trabajo de gabinete, para la obtención de resultados de lo que se requiere según la información recolectada.

Paso 4: Finalmente se realizará la evaluación de los resultados de la determinación de la capacidad, nivel de servicio, y la correspondiente señalización y semaforización.

1.9.2.1. Esquema de la Metodología



1.9.3. Tratamiento Estadístico

Esta aplicación tiene un carácter probabilístico, ya que se realizará una aforo de las 24 horas del día, por una semana, los cuales nos proporcionaran 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 del tránsito), y otro conjunto de datos n (datos que representan la muestra, zona del mercado campesino), que serán calculados para tener mejor resultado.

Se realizaran medidas de depuración, las cuales nos indicaran los datos que se dispararon o por algún motivo salieron fuera del rango , a partir de las cuales encontraremos la desviación media, la varianza y la desviación estándar.

- **Media:** es el valor obtenido al sumar todos los datos y dividir el resultado entre el número total de datos.

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

Ecuación N°1. Media Aritmética

- **Desviación estándar:** es la raíz cuadrada de la varianza, es decir, la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las puntuaciones de desviación.

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

Ecuación N°2. Desviación Estándar

- **Rango:** es el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, por ello comparte unidades con los datos. Permite obtener una idea de la dispersión de datos.

$$x = X \pm s$$

Ecuación N°3. Rango

Utilizaremos las medidas de posición como la media aritmética y la desviación estándar, con las cuales se realizara la depuración correspondiente

1.9.4. Aplicación de Instrumentos y Equipos

- Se realizará el aforo manual para la obtención de los datos.

Imagen N° 1. Aforo manual.



Ref. Manual de estudio de ingeniería de tráfico.

- Se contará con una planilla para el aforo.

Imagen N° 2. Planillas de aforo.

VOLUMENES DE TRÁNSITO POR MOVIMIENTOS DIRECCIONALES

Aforo N° _____ LIBREADO EN _____ Y _____

Hoja de tránsito: cantidad del m. (PUNTO) _____ HRS _____

Ref. Manual de estudio de ingeniería de tráfico.

- Cronometro para medir el tiempo, para el cálculo de la velocidad con la fórmula $v=d/t$.

Imagen N° 3. Cronometro.



Ref. listado.libremercado.com.mx

- Cinta métrica para medir el ancho del carril.

Imagen N° 4. Cinta métrica.



Ref. Archivos libres de regalías

CAPÍTULO II

TRÁFICO VEHICULAR

2.1.INGENIERÍA DE TRÁFICO VEHICULAR

La Ingeniería de tráfico o de tránsito es una rama de la ingeniería del transporte y a su vez rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente; es decir dar soluciones a la problemática del transporte. Se entiende por transporte a toda forma o medio de llevar de un punto a otro, pasajeros o cargas.

Por otra parte la ingeniería de tráfico está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir de los análisis, se plantean soluciones reales y adecuadas. Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2.2.ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO VEHICULAR

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

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

- El Usuario (relacionado con peatones y conductores).
- El Vehículo.
- La Vía o Vialidad (relacionado con calles y carreteras).

Siempre que se trate de la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor, el ingeniero de tránsito debe conocer las habilidades, limitaciones y requisitos que tiene el usuario, como elemento de la ingeniería de tránsito. Los seres humanos, peatones y conductores, son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras quienes deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de poder ser controlados y guiados en forma apropiada. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito, es con frecuencia, uno de los factores que establece sus características.

2.2.1. Usuario

El hombre por ser sujeto a la acción, puede considerarse como el principal elemento ya sea como conductor de un vehículo, pasajero del mismo, o como peatón haciendo uso de la vía pública.

El papel más importante desde la vista óptica de la ingeniería de tráfico vehicular, es como conductor de un automotor, ya que en sus manos, en su experiencia y en su pericia para ejecutar maniobras en el tránsito, radica la integridad física de muchas personas.

El usuario puede clasificarse en:

- Conductor
- Peatón
- Motociclista
- Ciclista

2.2.2. Vehículo

Es la tecnología propia de cada sistema de transporte a través de la cual se ejecuta la acción de transportarse de un sitio a otro. Tipos de vehículos:

- Automóviles
- Camiones
- Autobuses
- Vehículos de dos ruedas
- Otros

2.2.3. Vía

La vía es el medio ambiente física donde se realiza la acción de transportarse, dependiendo de sus características geométricas y físicas, ofrecerá mayor o menor seguridad a sus usuarios; si la distancia de visibilidad, el peralte, las curvas de transición, el estado de deterioro de su carpeta de rodamiento, son satisfactorios redundará en beneficio de los usuarios.

Las vías se pueden clasificar atendiendo el carácter del medio geográfico donde se encuentran, en:

- Vías rurales
- Vías urbanas

2.3.PARÁMETROS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO VEHICULAR

2.4.VOLUMEN VEHICULAR

Se define como volumen vehicular a la cantidad de vehículos que circulan en definida de una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado, que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

2.4.1. Tránsito Promedio Diario (TPD)

Es la cantidad de vehículos que circulan por una sección en un periodo de tiempo definido de un día, recibe la denominación de promedio cuando se hace un estudio por un tiempo mayor a un mes donde se repiten necesariamente los mismos días y aún más cuando el estudio se va a realizar durante un periodo de un año o más, este valor viene a representar el TPD anual (TPDA).

Si bien el concepto de TPD se estableció para estudios cuyo tiempo iba a ser de un año, en la práctica se han dado que normalmente para proyectos específicos de carreteras, aperturas de calles, ampliación de avenidas, etc. Se realicen estudios de volúmenes en periodos cortos menores a un año que sean igualmente significativos en sus valores.

2.4.2. Tránsito Promedio Horario (TPH)

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuales son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales son las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

2.4.3. Volumen Directriz

Denominamos volumen directriz o volumen de diseño al volumen de tráfico que se emplea para proyectar una vía, es un concepto definido exclusivamente para obtener un valor que represente el 80% o más del tiempo durante un día la cantidad de vehículos que circula por una calle o carretera no exceda el valor máximo. Para ello se ha definido que el volumen directriz numéricamente se obtenga de un ordenamiento descendente del TPH máximo correspondientes a los 365 días de un año denominado el valor “trigésimo”. Para algunos

proyectos de menor envergadura también se han utilizado de ese mismo ordenamiento el valor 50 o el valor 80 como volúmenes directrices.

Es muy probable que en algunas carreteras o calles de ciudades no se tengan aforos de volúmenes horarios, por ello se ha establecido una relación entre el volumen diario y el volumen horario en carreteras, calles donde se realizaban ambas mediciones obteniéndose un valor racional está para el TPH entre el 12 al 15% del TPD.

2.4.4. Variación de los Volúmenes de Trafico

Nos referiremos a las variaciones periódicas que sufre el volumen de tráfico en las horas del día, los días de la semana, los meses del año y en el sentido de la circulación.

- **Variaciones Horarias**

El volumen de tráfico es diferente a lo largo de las horas del día pudiendo existir horas de máximo flujo, horas de flujo medio, etc.

- **Variaciones Diarias**

A lo largo de los días de la semana el volumen de tráfico es diferente generalmente presentándose estas diferencias entre los días hábiles de trabajo y los días no hábiles y feriados que existen. Esta variación diaria permitirá establecer una metodología más adecuada del control de la circulación en los días de máximo volumen.

- **Variación Semanal**

A lo largo de las semanas esta generalmente con respecto a las estaciones del año puede existir una leve variación entre los volúmenes de tráfico aunque no es de mucha frecuencia.

- **Variación Mensual**

A lo largo de los meses del año puede existir una variación del volumen de tráfico generalmente por épocas relacionadas con las estaciones del año y con los periodos de vacaciones, es decir los meses de vacaciones de fin de año a los meses de verano son los que tienen un incremento en los volúmenes.

- **Variaciones por Sentido**

En carreteras o calles que tengan ambos sentidos de circulación también es importante establecer las variaciones que estas tienen, aunque normalmente deben tener valores

similares, algunas características muy particulares podrían hacer variar la cantidad por sentido, por ejemplo que uno de los carriles esté conectado a una calle arterial mientras el otro sentido solo esté conectado con calles conectoras.

2.4.5. MÉTODOS DE AFORO

A continuación se detallan las modalidades más comúnmente usadas para aforos de tránsito.

- **Método de Aforo Manual**

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante éstos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

- Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
- La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.
- El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.
- Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

Los recuentos manuales en la actualidad solo son usados para proyectos específicos cortos de corta duración o en forma periódica en algunos tramos de carreteras importantes.

Dada la importancia de tener valores de volúmenes tanto en carreteras como en calles cualquiera sea el método automático y manual es indispensable la información de volúmenes para realizar un análisis del problema de tráfico.

- **Método de Contadores Mecánicos**

Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos

o hidráulicos. Atendiendo a su movilidad los contadores pueden ser fijos o portátiles. Los fijos se usan para hacer recuentos continuos en ciertos lugares, mientras que los portátiles son más ligeros y se utilizan para hacer recuentos parciales durante periodos de tiempo limitados.

- Contadores permanentes

Son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

- Contadores portátiles

Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil.

Entre sus ventajas se cuentan: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo.

Entre sus desventajas se cuentan: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

• Método del Vehículo en Movimiento

Este método se emplea para obtener volúmenes de tránsito en un tramo de la vía urbana, sirviendo además para determinar tiempos y velocidades de recorrido medias. Para aplicar este método se emplea un vehículo con su conductor, que recorre el tramo de vía considerado a la velocidad media de la corriente de tránsito, acompañado de uno o más observadores que deben registrar el tiempo que tarda el tramo de la vía considerado, los vehículos que se cruzan con él y están en sentido contrario, los vehículos pasados y los que se adelantan a él, en el mismo sentido.

2.4.6. PERIODO DE AFORO DE TRÁNSITO VEHICULAR

De acuerdo a las necesidades de cada proyecto o estudio se pueden tener tres tipos de recuento de acuerdo a la periodicidad. Para realizar el trabajo de recuento de volúmenes se debe tener establecido antes de empezar con el trabajo que tipo de registro de campo se va a utilizar.

- Permanente
- Periódicos
- De tiempo específico

- **Aforo Permanente**

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.

- **Aforo Periódico**

Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial que realice el trabajo del recuento de volúmenes se establece que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores confiables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año. Estos recuentos periódicos a lo sumo tienen un tiempo de un mes y por un máximo de tres veces al año.

- **Aforo de Tiempo Específico**

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.

2.4.7. Clasificación de Vehículos de Proyecto

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Los vehículos se clasifican en 3:

- Vehículos ligeros o livianos
- Vehículos medianos
- Vehículos pesados (Camiones)

2.4.8. Alternativas de Aforo

Definir cuanto tiempo se va realizar los aforos para estudiar su comportamiento es importante y necesario en la actualidad existen los países que por el avance tecnológico tienen monitoreo permanente de los volúmenes de tráfico lo que quiere decir registro de todas las horas de todos los días del año. Cuando esto no sucede requerimos a la información tenemos dos alternativas.

- Según ABC se establece como tiempo de aforo mínimo para un proyecto vial 7 días de la semana y las 24 horas del día
- Según la AASTHO establece un proyecto vial cuyo registro de volúmenes son requeridos primeros se establece un día completo de aforo cuyo resultado se establece la tres horas picos del día en función a ello se realiza el aforo en función a esas horas picos por tres días a la semana dos días hábiles y un día no hábil durante un periodo del mes

2.5. VELOCIDAD VEHICULAR

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto.

La velocidad está condicionada por las características del vehículo, del conductor y de la vía, por el volumen del tránsito, condiciones atmosféricas y los límites impuestos por los reglamentos de tránsito, debido a ello la velocidad con que marchan los vehículos varía constantemente especialmente en vías urbanas. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$v = d/t$$

Ecuación N°4. Velocidad vehicular

Dónde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

2.5.1. Velocidad Directriz

Es la seleccionada para proyectar y relacionar entre si las características físicas de una vía que influyen en el movimiento de los vehículos. Es la velocidad máxima a la cual los vehículos individuales pueden circular en un tramo de vía, cuando las características físicas de la vía son los únicos factores que gobiernan la seguridad.

2.5.2. Velocidad de Recorrido

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

2.5.3. Velocidad de Punto

Se define como velocidad de punto aquella que se obtiene en una sección de carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 25, 50, y 100 metros. La característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas, toman al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras. La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

2.5.4. Velocidad de Crucero

Resultado de la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de crucero en un viaje normal, se descontara del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa.

2.5.5. Métodos para Determinar la Velocidad

- **Método del Cronómetro**

Midiendo una distancia sobre la vía, se calcula con un cronómetro el tiempo que emplea el vehículo en recorrerla. La longitud de la línea base se determina por la visibilidad,

características físicas de la vía y la velocidad general de los vehículos que se observan. Se utiliza generalmente dos operadores, una 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 cronometro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Cuando el tránsito es muy intenso, no es posible medir la velocidad de cada vehículo y hay que hacer una selección al azar; por ejemplo observando un vehículo cada 2 minutos ó 3 minutos, etc o cada 15 a 20 seg.

Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronometro. 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.

También existen dispositivos mecánicos que ponen en marcha y detienen automáticamente el cronómetro, empleando tubos sobre la calzada para captar las señales del paso del vehículo. Estos dispositivos eliminan los errores por el tiempo de reacción del observador.

- **Medidores de Velocidad**

Existen dos clases, los que usan un motor de velocidad constante y un embrague eléctrico y los electrónicos que emplean un circuito de descarga calibrada. Ambos se activan cuando las ruedas delanteras del vehículo pisan el primer tubo para detenerse cuando cruzan el segundo detector, midiendo la velocidad con la que transcurre el vehículo, siendo necesario ponerlos en cero después de cada observación.

- **Radar**

Se basa en el principio fundamental de una onda de radio reflejada por un objeto en movimiento que experimenta una variación en su frecuencia en función velocidad del objeto. Estos instrumentos son portátiles y cuando se apunta con ellos a un vehículo indican inmediatamente su velocidad en un cuadrante, con una precisión de unos 3 km/h. No tienen elementos que haya que colocar sobre la calzada y trabajan a una distancia de hasta 45 m; pero funcionan mejor a unos 10m de la trayectoria de los vehículos y a un ángulo de 15° de ella

- **Otros Métodos**

Existen otros métodos para determinar la velocidad en un punto, que ofrecen mayor exactitud y número de datos, para realizar investigaciones técnicas, pero el equipo es muy costoso y la obtención de datos toma mucho tiempo. Entre ellos tenemos el procedimiento fotográfico y células fotoeléctricas con instrumentos registradores gráficos.

2.6. DENSIDAD VEHICULAR

Se entiende por densidad vehicular a la cantidad de vehículos que circulan por una vía por una unidad de longitud normalmente, este parámetro puede ser determinado o medido en el caso que sea determinado está en base a los dos parámetros anteriores velocidad y volumen teniendo la relación

$$\text{densidad} = \text{volumen}/\text{velocidad}$$

Ecuación N° 5. Densidad vehicular.

2.7. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

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

2.7.1. Capacidad

Se define como capacidad de una vía a la suficiencia que presenta la misma para conducir el tráfico. La capacidad de una vía se expresa por el número máximo de vehículos que pueden circular por ella bajo ciertas condiciones. En general, el conjunto de condiciones que afectan la circulación de los vehículos y por ende la capacidad de la vía se conoce como Niveles de Servicio.

De acuerdo al manual de capacidad se ha visto por conveniente definir tres tipos de capacidad que son:

❖ **Capacidad Práctica o Posible**

Entendemos por capacidad practica a la cantidad de vehículos que puede pasar por una sección dada de un carril durante una hora sin que la intensidad del tráfico sea tan alta que cause pérdidas de tiempo, peligro o restricciones a la maniobrabilidad de los conductores más allá de lo razonable, en las condiciones existentes del tramo de vía considerado y del tráfico que pasa por ella.

❖ **Capacidad Directriz**

Para fines de diseño se ha establecido una definición de capacidad directriz a la cantidad de vehículos que pueden pasar por una sección dada de un carril durante una hora, en las condiciones óptimas tanto de la vía, como de los vehículos y de los agentes externos (condiciones atmosféricas y luz).

❖ **Análisis de la Capacidad Vehicular**

Aunque resulte bastante difícil establecer valores numéricos para la capacidad vehicular en calles y carreteras por los diversos factores que rodean a la circulación vehicular, los estudios más serios que se han realizado a nivel mundial son las que están reflejadas por el manual de capacidad de la administración federal de los EEUU que después de numerosos estudios en diferentes tipos de carreteras donde variaban el número de carriles, volúmenes de tráfico, tipos de vehículos, condiciones de entorno, características físicas, geométricas, etc.

La capacidad de una calzada depende de un número de condiciones tales como la composición del tráfico, el alineamiento de la calzada, el número y ancho de los carriles, etc. Estas condiciones pueden designarse en forma general como condiciones de servicio, las mismas pueden dividirse en dos grupos.

1°.- Condiciones establecidas por las características físicas de la calzada:

Este primer grupo no puede variar a menos que se realice un trabajo de construcción o reconstrucción de la calzada.

2°.- Condiciones que dependen de la composición del tráfico que se usa la calzada:

Este segundo grupo si puede variar de hora a hora durante distintos periodos del día.

La información sobre la capacidad de las vías se emplea principalmente para los siguientes propósitos generales:

- Se usa en planes de estudio de transporte para asegurar y justificar la existencia de suficientes vías con respecto a la demanda existente de tráfico. También sirve para estimar el tiempo en el cual el crecimiento del tráfico pueda exceder la capacidad de las vías llegando a un grado indeseable de congestión.
- La información sobre la capacidad vial es muy importante en su diseño. El conocimiento de la capacidad de tráfico en las vías es esencial para la planificación de estas, tanto para la selección del tipo de vía como para la determinación de sus dimensiones.
- La determinación de la capacidad vial se requiere en los análisis de operación de tráfico de puntos problemáticos tales como cuellos de botella y congestión de tráfico; así como para evaluar los efectos de las posibles mejoras de las vías.

Debido a las condiciones diferentes que existe entre la circulación en carreteras y la circulación en calles urbanas, se ha diferenciado el estudio de capacidad en:

- Capacidad para vías ininterrumpidas.

- Capacidad para vías interrumpidas.

❖ **Capacidad en Vías Continuas o Ininterrumpidas**

Es la condición del tránsito por el cual un vehículo que recorre un tramo de un camino, no se ve obligado a detenerse por cualquier causa externa a la corriente vehicular, si bien, dicho vehículo puede verse obligado a detenerse por causas propias de la corriente del tránsito por la que circula.

En este grupo están todas las carreteras y autopistas rurales o urbanas, donde no existe control en los accesos e intersecciones a desnivel.

- **Condiciones ideales en los que se alcanza mayores valores de capacidad en vías ininterrumpidas**
 - Circulación continua sin “fricciones” laterales con vehículos o peatones.
 - Circulación solo compuesta de vehículos ligeros, con ausencia total de camiones pesados, autobuses, motos o vehículos especiales.
 - Carriles de 3.50m de anchura y bermas o aceras libres de obstáculos en una anchura mínima de 1.80m.
 - Si se trata de carreteras rurales, las características corresponden a una velocidad mínima de 110 Km/hr y en carreteras de dos o tres carriles con circulación en dos sentidos, no hay restricciones en la velocidad de adelantamiento.

Pocas veces se dan estas condiciones ideales, pero si se cumplen puede estimarse que la capacidad por un carril en una calzada de sentido único de dos o más carriles es del orden de 2000 vehículos/hora.

Las cifras de capacidad en condiciones ideales que se resume en la siguiente tabla puede considerarse como valores máximos que suelen alcanzarse en circunstancias medias, aunque hay casos en que teóricamente las condiciones de la vía y de la composición del tráfico son ideales y sin embargo la capacidad puede ser algo distinta.

Tabla N°1. Capacidad en condiciones ideales.

Tipo de calle o carretera	Capacidad en vehículos-tipo por hora
Varios carriles en un sentido	2000 por carril
Dos carriles en dos sentidos	2000 (total en dos sentidos)

Tres carriles en dos sentidos

4000 (total en dos sentidos)

Ref. Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU

- **Efectos que reducen la capacidad en vías ininterrumpidas**

Existen diferentes factores que inciden en la capacidad vehicular de una carretera, de ellas las más importantes por el efecto cuantitativo son:

- Ancho de Carril
- Obstrucción lateral o bermas
- Porcentaje de camiones
- Porcentaje de ómnibuses

- ❖ **Capacidad en vías interrumpidas**

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías ininterrumpidas en calles urbanas se considera a las vías de carácter interrumpido debido a que en la circulación existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido. Es decir es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorre un tramo de un camino, se ve obligado a detenerse por causas que no sean propias de la corriente vehicular, tales como señales o semáforos de una intersección. Las paradas de vehículos causados por obstáculos e interferencias dentro de la corriente vehicular no se consideran como flujo discontinuo o interrumpido.

Entre esos factores los más importantes son:

- Semáforos en intersecciones a nivel.
- Agentes de tránsito que guían la circulación en intersecciones.
- Cruce de peatones.
- Detención de vehículos por diferentes causas.
- Detención de ómnibuses de transporte público para el ascenso o descenso de pasajeros.
- Dimensiones de los accesos a una intersección y su capacidad de visibilidad.

Todos estos factores además de otros de menor incidencia afectan a la capacidad vehicular en calles urbanas o vías interrumpidas. Existe una gran complejidad de la determinación de la incidencia de cada uno de estos factores en la capacidad vehicular, no habiendo una acción

individual de cada factor sino un efecto combinado de varios factores, por ello el manual de capacidad de la administración federal de caminos de los EEUU que es la base de estudios de capacidad en la mayoría de países de América establece una metodología para determinar la capacidad en vías interrumpidas a partir de la siguiente concepción básicos.

- **CAPACIDAD BÁSICA**

Se considera capacidad básica a la cantidad de vehículos que circula en un carril de ancho de 3.65 mts. En un tiempo de 1 hora en un determinado punto. Teóricamente en las vías interrumpidas este valor ha alcanzado un máximo de 2000 veh/h .En vías interrumpidas este valor se reduce por las efectos y factores ya anotados dando un valor máximo de 1500 veh/h pero esta hora se considera solo como hora de luz verde.

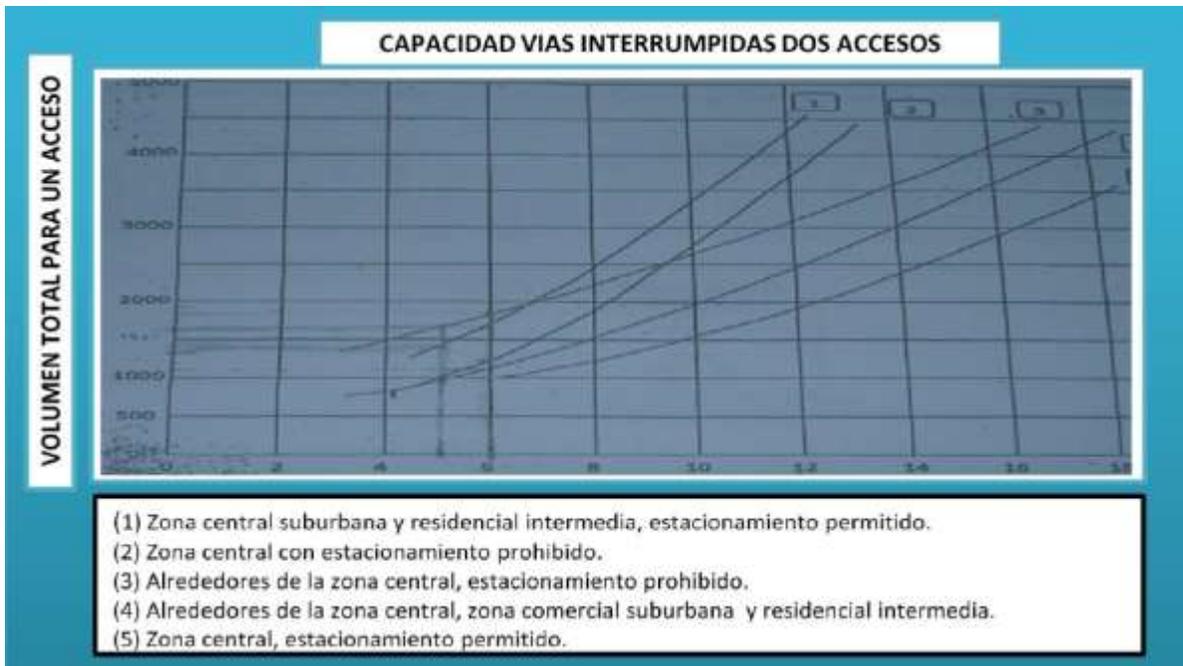
Inicialmente el manual de capacidad considera a todos las intersecciones con semáforo, en el caso de que no existiese, se tiene la suposición que existe un agente de tránsito, en ambos casos existe un tiempo dándose de un flujo libre al cruce vehicular que puede ser medible a esa cantidad de tiempo se denomina flujo de hora verde.

- **CAPACIDAD PRÁCTICA**

En la práctica las condiciones de trazo urbano no nos dan las condiciones geométricas y condiciones de circulación ideales para medir como la capacidad teórica básica máxima sino más bien las condiciones son variables y se debe encontrar un valor de capacidad real de acuerdo a condiciones físicas y condiciones actuales, para ello el manual de capacidad de acuerdo a varios estudios de investigación ha determinado dos gráficas o ábacos que nos sirve de base 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 la derecha.

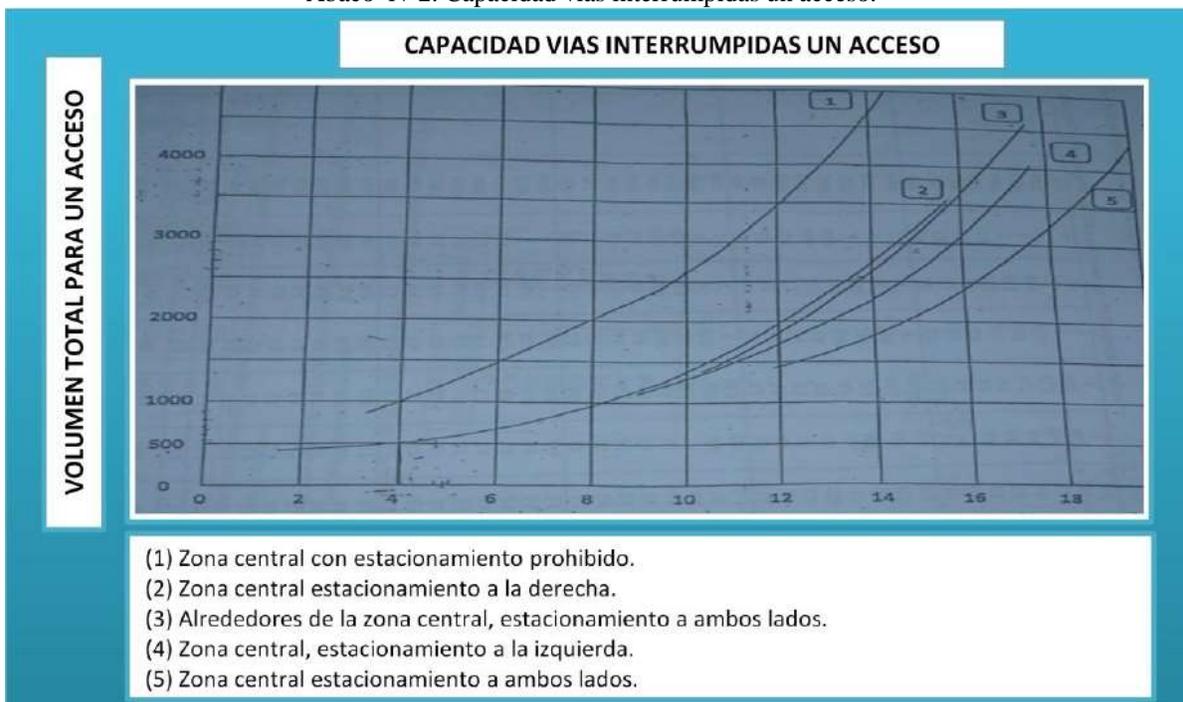
La capacidad práctica resultará del producto de la capacidad teórica obtenida de los ábacos por los factores de reducción que están determinados para diferentes casos.

Abaco N°1. Capacidad vías interrumpidas dos accesos.



Ref. Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU

Abaco N°2. Capacidad vías interrumpidas un acceso.



Ref. Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU

- **PRIMER CASO**

Calles con circulación en ambos sentidos sin carriles suplementarios ni indicaciones especiales de semáforo para los movimientos de giro.

Para este caso se determina primeramente la capacidad teórica en el ábaco correspondiente y se hacen las siguientes reducciones.

- a) Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajo a los valores dados por el ábaco.
- b) Sustraer un 1% por cada 1% que los ómnibuses y camiones pasen del 10% del número total de vehículos.
- c) Sustraer un 0.5% por cada 1% es que el tránsito que gira a la derecha pasa del 10% del tránsito total.
- d) Sustraer un 1% por cada 1% en que el tránsito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total.
- e) Por paradas de ómnibuses antes de la intersección restar el 10% por parada de ómnibuses después de la intersección, restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias
- f) Por estacionamientos permitidos restar 1.80 mts del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.

- **SEGUNDO CASO**

Calle con circulación en ambos sentidos con carril suplementario para movimientos de giros pero sin indicación especial de semáforo. Para este caso la metodología que se sigue es la siguiente:

- a) Se utiliza como capacidad practica el valor del ábaco correspondiente.
- b) Añadir 5% por carril suplementario a la derecha,10% por carril suplementario por giro a la izquierda.15% cuando ambos carriles suplementario están agregados al ancho de acceso.
- c) Por carril. De giro a la izquierda sumar el # de vehículos que giren a la izquierda pero sin exceder la capacidad del carril suplementario. La capacidad del carril para

girar a la izquierda debe ser estimada en términos de los vehículos por hora de luz verde como la diferencia entre 1200 veh. y el volumen total de tránsito opuesto, con ello reajustar el porcentaje de vehículos que hacen giros a la izquierda y hacen giro a la derecha y utilizar los mismos porcentajes de reducción del primer caso.

- d) Reducir por camiones y ómnibuses el 1% por cada 1% que pasen el 10% del # total de vehículos.

- **TERCER CASO**

Calles con circulación en un solo sentido. Para este caso se determina la capacidad teórica a partir del segundo ábaco y se determina las siguientes correcciones:

- a) Se considera como capacidad practica al 10% más bajo del valor obtenido en el ábaco.
- b) Se reduce por ómnibuses y camiones 1% por cada 1% que exceda del 10% del volumen total.
- c) Restar 0.5% por cada 1% en el tránsito combinado que gira a izquierda o derecha exceda del 20% del tránsito total.
- d) Usar el ancho normal de la calle al aplicar las curvas de los ábacos antes de efectuar las correcciones de los incisos a y b.
Agregar el 5% por carril suplementario para giros a la derecha y giros a la izquierda o 10% si se han previsto carriles suplementarios para ambos giros.

Para un carril suplementario de giro a la izquierda o derecha agregar al # de vehículos que giran

Una otra forma de determinar la capacidad real denominado también volumen de servicio es precisamente utilizando la relación general de volumen de servicio y multiplicando por los diferentes factores de reducción dado por una serie de cuadros dando para cada caso se puede determinar los coeficientes y la relación de volumen capacidad en función de una velocidad de proyecto.

En la práctica es difícil encontrar carreteras cuyas características geométricas tengan dimensiones ideales es por ello que resulta importante ver la capacidad real que cada una de estas carreteras tiene para poderla comparar con el TPD proyectado a la vida útil y determinar si está dentro del nivel de servicio esperado o si la capacidad es suficiente para el volumen que transita.

2.7.2. Nivel de Servicio

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

Con relación al concepto de niveles de servicio, se comienza explicando que: “Cuando el volumen de tránsito iguala a la capacidad de un camino, las condiciones de operación son deficientes, aun en condiciones ideales de calzada y tránsito. Las velocidades son bajas, se producen detenciones frecuentes y demoras prolongadas. Para que un camino proporcione un nivel de servicio aceptable para el usuario, el volumen de servicio debe ser inferior a la capacidad de calzada. El volumen de servicio correspondiente a un nivel dado es el volumen máximo compatible con ese nivel de servicio”.

Para evaluar el nivel de servicio, se consideraron los siguientes factores:

- La velocidad y el tiempo de viaje.
- Las interrupciones o restricciones al tránsito
- La libertad de maniobra
- Seguridad
- Comodidad y conveniencia
- Economía

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

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209 del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor.

Los niveles de servicio de la A-D se definen a partir de unos ciertos valores de la velocidad o tiempo de recorrido. El nivel E corresponde a situaciones próximas a la saturación, y el F, se produce cuando por haberse rebasado la capacidad de la vía, las condiciones son inestables y tanto la velocidad como la intensidad pueden fluctuar considerablemente.

Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas viales de circulación continua, se ilustran a continuación:

❖ Nivel de Servicio A

Corresponde a una situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos, son casi completamente libres de maniobrar dentro el tráfico, el promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 161.5 m o 26 longitudes de vehículo lo cual permite al motorista un alto nivel de confort físico y psicológico. Los efectos de incidentes o puntos de colapso son fácilmente absorbidos en este nivel.

Imagen N°5. Nivel de Servicio A.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

❖ Nivel de Servicio B

Corresponde a una circulación estable, es decir, que no se producen cambios bruscos en la velocidad, aunque ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos, pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables, y en general eligen el carril por donde circulan, el nivel general de confort físico y psicológico proveído a los conductores es aún alto.. Los límites inferiores de velocidad e intensidad que define a este nivel son análogos a los normalmente utilizados para el dimensionamiento de carreteras rurales. El más bajo promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 100.6 m. o 17 longitudes de vehículo. Los efectos de incidentes menores y puntos de colapso aún son fácilmente absorbidos.

Imagen N°6. Nivel de Servicio B.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

❖ **Nivel de Servicio C**

Corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía muy tolerables. El límite inferior de velocidad, que define este nivel, coincide en general con el que se recomienda para el dimensionamiento de arterias urbanas. El promedio mínimo de espacio entre vehículos está en el rango de 67 m. u 11 longitudes de vehículo. Incidentes menores aún pueden ser absorbidos, pero la deterioración local del servicio será sustancial. Se puede esperar la formación de filas detrás de cualquier bloqueo significativo.

Imagen N°7. Nivel de Servicio C.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

❖ Nivel de Servicio D

Corresponde a situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico. En esta situación unos aumentos pequeños de la intensidad obligan a cambios importantes en la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, esta situación puede ser tolerable durante períodos no muy largos. El porcentaje mínimo de espaciamiento de vehículos es de aproximadamente 50.3 m. u ocho longitudes de vehículo.

Imagen N°8. Nivel de Servicio D.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

❖ Nivel de Servicio E

El nivel E supone que la intensidad de tráfico es ya próxima a la capacidad de la vía, y las velocidades no pueden rebasar normalmente los 50 Km/h. Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. Los vehículos están espaciados aproximadamente seis longitudes de vehículo, dejando un pequeño espacio para maniobrar dentro del flujo de tráfico. Cualquier interrupción en el flujo de tráfico, tal como los vehículos entrando de una rampa o un vehículo cambiando de carril puede establecer una onda de interrupción que se propaga a través del flujo del tráfico corriente arriba.

Imagen N°9. Nivel de Servicio E.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

❖ Nivel de Servicio F

El nivel F, corresponde a una circulación muy forzada a velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas, Describe colapsos en fluidez vehicular. El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía, lo que normalmente se alcanza durante las horas punta en muchas vías céntricas de las grandes ciudades. Tales colapsos ocurren por las siguientes razones:

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

Imagen N°10. Nivel de Servicio F.



Ref. Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas

Según el valor del índice de Congestionamiento, se puede tener una idea de cuál es la situación del tráfico como así también el Nivel de Servicio del acceso, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla N° 2. Niveles de Servicio en función al índice de congestión.

NIVEL DE SERVICIO (capacidad)	CIRCULACIÓN	ÍNDICE DE CONGESTIONAMIENTO
A	Libre	0.0
B	Estable	$0 < I_c \leq 0.1$
C	Estable	$0.1 < I_c \leq 0.3$
D	Casi inestable	$0.3 < I_c \leq 0.7$
E	Inestable	$0.7 < I_c \leq 1.0$
F	Forzada	-

Ref. Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU

2.7.3. Factores que Afectan a la Capacidad y Nivel de Servicio

Las características de la mayor parte de las vías rurales y urbanas y del tráfico que se utiliza, difieren más o menos de las que se consideran ideales desde el punto de vista de capacidad. Por ello es preciso aplicar una serie de factores de corrección para tener en cuenta las formas en que afectan la capacidad las diferencias que existen entre las circunstancias reales y las teóricas ideales. A veces, estos factores son a su vez función del nivel de servicio que se pretende. Unos factores se refieren a las vías en sí y otros a las características del tráfico, aunque no siempre son independientes, como por ejemplo en el caso de la influencia de las pendientes y de la proporción de camiones que utiliza una determinada vía.

❖ Factores que se Refieren a la Características de las Vías

- **Ancho de carriles**

El ancho ideal de un carril es de 3.60 m. en realidad los carriles considerados adecuados por el Manual de Capacidad Americano corresponde a 12 pies de ancho que equivale a 3.658m., pero a efectos prácticos se considera el ancho de carril de 3.50m. Si es menor, en carreteras de dos carriles, el adelantamiento es algo más difícil y la maniobra suele ocupar durante más tiempo el carril destinado al tráfico que circula en sentido opuesto; en calzadas de varios carriles un porcentaje mayor de vehículos ocupa parte de los carriles adyacentes. Debido a que la capacidad disminuye de acuerdo al ancho de carriles adyacentes, se establecieron factores de reducción, los cuales generalmente suelen evaluarse en forma conjunta con el ancho de las bermas y la distancia de obstáculos laterales.

- **Obstáculos laterales a la calzada y ancho de bermas**

Cualquier obstáculo a la calzada y próximo al borde, como ser un muro, portes, etc., produce cierto efecto de estrechamiento, estos efectos suelen ser variables de acuerdo a las velocidades de los vehículos, así como también si el obstáculo es continuo o intermitente. A pesar de esto, suele considerarse que a una distancia de 1.80m. esta influencia sería mínima.

También es fundamental la existencia de bermas que permitan situar fuera de la calzada los vehículos que hayan de detenerse momentáneamente, que no solo anulan un carril, sino que reducen la capacidad del carril adyacente. Para carriles con anchos menores a 3.60m., las bermas de 1.20m. o más incrementan el ancho efectivo de aquellos en 0.30m.

- **Carriles auxiliares**

Además de los carriles principales en una calzada, muchas veces la existencia de carriles auxiliares mejora las condiciones de capacidad, por que eliminan de la calzada principal obstáculos y dificultades de circulación. Es el caso de carriles de aceleración o desaceleración, carriles para ciertos movimientos de giro, carriles auxiliares en los tramos de trazado y carriles para tráfico pesado.

- **Estado del pavimento**

Un pavimento deficiente reduce considerablemente la capacidad y es incompatible con los niveles de servicio elevados. Sin embargo, no es normal que en las calzadas donde las intensidades de tráfico son tan altas que llega a preocupar su falta de capacidad, el pavimento no permita circular a 40 o 50 km/h velocidades a las que se alcanza la máxima capacidad.

- **Trazado**

Las características del trazado tienen una influencia considerable en la velocidad de servicio y por tanto, en el nivel de servicio. En cuanto a su influencia en la capacidad no es importante ya que las velocidades que corresponden a intensidades del orden de la capacidad, son bajas.

- **Pendientes**

El efecto de las pendientes está muy ligado al tráfico pesado. Desde el punto de vista de la capacidad, la pendiente solo tiene efectos favorables cuando obliga a reducir la velocidad de los camiones por debajo de 50 km/h a cuya velocidad se alcanza aproximadamente la máxima capacidad. El efecto sobre la velocidad de servicio se produce mucho antes y por tanto la pendiente influye considerablemente en los niveles de servicio, cuando el porcentaje de vehículos pesados es apreciable.

En carreteras de dos carriles, el efecto de la pendiente suele ir acompañado por el también desfavorable de una reducción de la visibilidad de adelantamiento. Por ello muchas veces es conveniente el establecimiento de carriles lentos para los camiones.

- Velocidad de proyecto de 100 k/h para vías de 2 carriles y de 110 k/h para vías multicarril y autopista.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas.
- Visibilidad adecuada para adelantar.
- Señalización horizontal y vertical óptima.

❖ Factores que se Refieren al Tráfico

• Camiones

Los camiones influyen desfavorablemente en la capacidad, es decir en el número total de vehículos/hora que pueden pasar por un tramo. Cada camión desplaza un cierto número de vehículos ligeros de la circulación. A este número de vehículos se conoce como vehículos ligeros equivalentes.

En terreno llano, los camiones pueden mantener una velocidad parecida a la de los coches y el factor de equivalencia en las condiciones americanas es aproximadamente 2 en calzadas con sentido único, y entre 2 y 3 en carreteras de dos carriles con circulación en los dos sentidos, dependiendo del nivel de servicio que se pretenda: 3 para el nivel A, 2.5 para los niveles B y C; y 2 para los niveles D y E.

En pendientes, el factor de equivalencia es función de la inclinación y longitud, así como el número de carriles. Además la equivalencia puede ser distinta según se considere un tramo largo de carretera o una sección muy corta, por lo que en estudios ser requiere un gran detalle, es preciso considerar específicamente cada tramo de pendiente.

• Autobuses

Los autobuses afectan a la capacidad y a los volúmenes de servicio de manera semejante a los camiones, pero en menor grado. En la práctica rara vez se toma en cuenta los efectos de los autobuses, sin embargo, es necesario considerarlo cuando el volumen de autobuses es significativo o se encuentra en fuertes pendientes. Los procedimientos para considerar la influencia de los autobuses son similares a los de los camiones, pero teniendo en cuenta que las velocidades son más altas.

- **Distribución del tráfico en los carriles de una calzada**

La intensidad de tráfico en cada uno de los carriles de una calzada de autopista o arteria principal no es la misma. Cuando se llega a situaciones próximas a la saturación, en una autopista con calzada de tres carriles, son típicas intensidades de 1700 vehículos/hora en el carril derecho, 2100 en el carril central y de 2200 en el carril izquierdo. En general se suelen usar los carriles izquierdos, sobre todo en los niveles de servicio más altos.

- **Variación de la intensidad de tráfico dentro de una hora**

Las cifras de capacidad normalmente se refieren a intensidades horarias, aunque la intensidad de tráfico no es uniforme durante los 60 minutos de una hora. Con intensidades elevadas, las puntas acusadas dentro de la hora pueden reducir la capacidad horaria total. Para valorar este efecto, el manual de capacidad considera un factor de hora punta, que se determina en las autopistas por la relación entre el tráfico que pasa durante una hora y 12 veces el tráfico que pasa en 5 minutos de mayor intensidad. Para carreteras rurales hay menos experiencias en la valoración de este fenómeno, que además no interesa tanto, generalmente porque en ellas no es frecuente que las intensidades de tráfico alcancen valores próximos a la capacidad.

- **Interrupciones de circulación**

Cuando los vehículos están detenidos por cualquier interrupción, no es normal que puedan luego moverse a un ritmo superior a 1500 vehículos por carril. Como en condiciones de circulación continua la capacidad es de 2000 vehículos/hora es evidente que una brusca interrupción del tráfico, aunque sea corta, puede producir colas, ya que origina una disminución importante de la capacidad.

❖ **Condiciones de Control y situación de la intersección**

En vías para circulación continuas el control y normas que afectan significativamente la capacidad y los niveles de servicio, como la justificación de estacionar, las restricciones para el rebase, la prohibición de giros, los sentidos de circulación permitidos.

Dentro de la misma ciudad pero diferentes zonas, representa al igual que en la población distintos comportamientos de los conductores, lo cual influye a la capacidad de las intersecciones. La clasificación que realiza el Manual de Capacidad de las distintas zonas es el siguiente:

- Centro
- Zona intermedia
- Centros satelitales
- Zonas residenciales

2.8. SEÑALIZACIÓN

Definimos a la señalización como un componente metodológico dentro de la ingeniería de tráfico, cuyo objetivo es que a través de las señales o dispositivos advertir a los usuarios de los caminos de las reglas de operación guiándolos hacia una operación segura, uniforme y eficiente de todos los elementos que componen el tránsito.

Los cinco requerimientos básicos que debe cumplir una señal de control de tránsito para ser efectivo son:

- Llenar una necesidad.
- Ser visible y llamar la atención.
- Transmitir un significado simple y claro.
- Debe infundir respeto a los usuarios de los caminos.
- Dar el tiempo suficiente para una respuesta adecuada.

Para cumplir los requerimientos anteriores de una señal, deberá cumplir requisitos de: diseño; ubicación y operación; mantenimiento; y uniformidad.

• Ubicación

La ubicación de un dispositivo de control de tránsito debe ser dentro del campo visual del usuario para lograr una mejor comprensión. El dispositivo debe estar apropiadamente colocado con respecto a la localización, objetivo o situación para la que se aplica.

La ubicación y legibilidad de los dispositivos de control de tránsito debe ser tal que den el tiempo suficiente para la respuesta del usuario de día o de noche.

Los dispositivos de control de tránsito deben colocarse de manera uniforme y consistente.

Los controles de tránsito innecesarios deberán removerse. No es suficiente que un dispositivo se encuentre en buen estado para que no sea removido o cambiado.

Los dispositivos de control deberán revisarse periódicamente para determinar si cumplen con las condiciones de tránsito actuales.

• Diseño

El diseño de la señalización debe asegurar que:

- Su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retro reflexión e iluminación se combinen de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios
- Su forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje se combinen para que éste sea claro, sencillo e inequívoco.

- Su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo un tiempo adecuado de reacción
- Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento
- Sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada

- **Emplazamiento**

Toda señal debe ser instalada de tal manera que capte oportunamente la atención de usuarios de distintas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, otorgando a éstos la facilidad y el tiempo suficiente para distinguirla de su entorno, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. Un conductor que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, debe tener siempre el tiempo suficiente para realizar todas estas acciones.

- **Conservación y mantención**

Toda señalización tiene una vida útil que es función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del medio ambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Por ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y mantenimiento de las señales cuenten con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza reemplazo o retiro.

La señalización limpia, legible, visible, en buen estado y pertinente inspira respeto en los conductores y peatones. A su vez, cualquier señal que permanece en la vía sin que se justifique, o se encuentra deteriorada, dañada o rayada, sólo contribuye a su descrédito y nuevos actos vandálicos.

- **Uniformidad**

La señalización debe tratar siempre situaciones similares de la misma manera. Esto, además de facilitar el reconocimiento y entendimiento de las señales por parte de los usuarios, genera ahorros en la manufactura, instalación, conservación y gestión de la señalización.

- **Justificación**

En general, se recomienda usar un número razonable y conservador de señales, ya que su uso excesivo reduce su eficacia.

Dentro de la señalización se tienen 2 grupos importantes que son:

2.8.1. Señalización Horizontal

Se entiende por señalización horizontal al conjunto de marcas sobre el pavimento que tienen el objetivo de mejorar la circulación de vehicular y peatonal pudiendo ser de tipo restrictivo, preventivo e indicativo.

Se entiende por señales horizontales preventivas aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo a la marca podrá utilizar líneas amarillas o blancas. Las marcas de tipo restrictivos van a tener el objetivo de que sean pintadas sobre el pavimento no puedan ser utilizadas por la circulación vehicular restringiéndose tanto su circulación y las maniobras. Las marcas de tipo indicativos tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco.

Existen diversas marcas sobre el pavimento que son colocadas con objetivos específicos esos objetivos están planteados de tal manera que se trate de señales universales, es decir que todos los países traten de normalizar su señalización horizontal de la misma manera. Actualmente se ha conseguido que todos los países panamericanos a través de un congreso hayan definido leyes normativas generales tanto para la señalización horizontal y vertical.

Los grupos de señales horizontales son:

- Cruce de peatones
- Líneas de parada
- Líneas de Separación de carriles
- Líneas de demarcación de calzada
- Flechas direccionales
- Flechas deflectoras
- Líneas de prevención de frenado
- Letras Alfabéticas sobre el pavimento

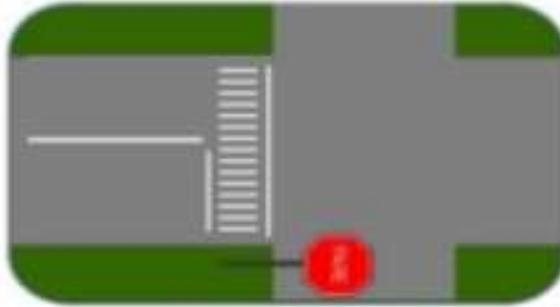
❖ Cruce de Peatones

Estas marcas tienen como objetivo la demarcación de un espacio definido para el cruce de peatones generalmente en las intersecciones de un trazo urbano. En carreteras y autopistas estas señales deben ir en espacios o distancias determinadas para permitir el cruce peatonal de un extremo a otro.

El cruce de peatones de acuerdo a las normas debe colocarse a la llegada del flujo a una intersección a 1 metro de la línea de parada cuyo ancho puede variar de 2.5 a 5 metros, y podrá tener dos formas. Una con segmentos longitudinales paralelas al eje intercaladas entre

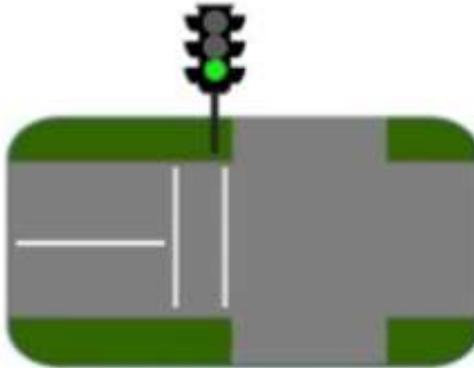
pintados y no pintadas cuyo ancho de franja será de 0.40 o 0.50 metros. La otra forma está definida por dos líneas paralelas transversales al eje, por lo general se las utiliza en las intersecciones semaforizadas, tienen un grosor de 0.10 a 0.15 metros y una separación de 2.5 - 5 metros. Ambos tipos serán pintadas con pintura blanca.

Imagen N°11. Cruce peatonal demarcado tipo cebra



Ref. https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basico-desenalizacion-vial?qid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

Imagen N°12. Cruce peatonal dos líneas transversales



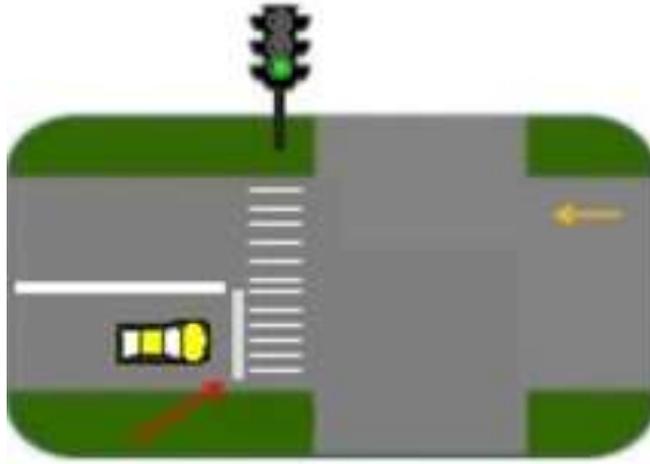
Ref. https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basico-desenalizacion-vial?qid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

❖ Línea de Parada

Una línea de parada es una señal cuyo objetivo es definir la línea en la cual el vehículo debe detenerse antes de cruzar la intersección esta línea de parada debe ir acompañada por una señal vertical a la derecha, por un semáforo, una señal pare o una senda peatonal.

La línea de parada de color blanco de un ancho de 0.40 a 0.50 metros y una longitud que abarque el ancho de la calzada.

Imagen N°13. Línea de parada



https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basico-desenalizacion-vial?qid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

❖ Línea de Separación de Carril

Las líneas de separación de carriles tienen por objetivo la delimitación longitudinal de cada carril y la delimitación de los carriles para cada sentido de circulación los casos más frecuentes que se pueden presentar son:

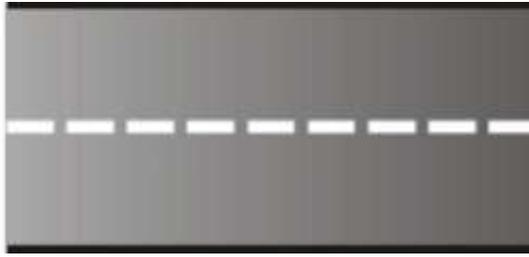
- **Líneas de carriles de un solo sentido**

Estas son líneas segmentadas de color blanco en el caso de dos carriles estarán exactamente sobre el eje definida por el ancho medio de la calzada en el caso de más carriles se realizara una división entre el ancho de la calzada y el número de carriles definidos estableciéndose los ejes correspondientes para la señalización. Esta división de carril permite sobrepasar si hay suficiente visibilidad y el carril opuesto se encuentra desocupado en un espacio suficiente que permita la maniobra con seguridad. En caso de carreteras y autopistas se debe encontrar una relación entre el segmento pintado y el espacio en blanco igual a 0.60 (ejemplo 3 a 5) esto depende de la velocidad de proyecto a mayor velocidad mayor separación de segmentos.

En las calzadas urbanas la relación entre el segmento pintado y no pintado generalmente es igual a 1 (ejemplo 4 a 4) esto debido a las velocidades de circulación medio baja.

Los segmentos son pintados de color blanco cuyo ancho es de 0.10 a 0.15 metros.

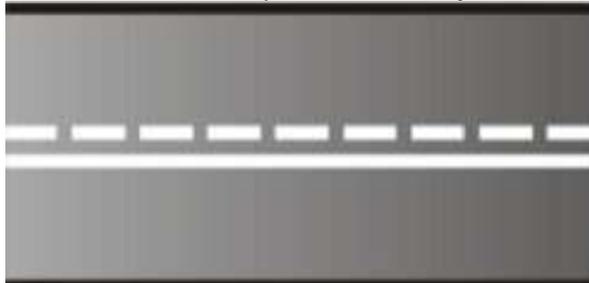
Imagen N°14. Línea central discontinua.



Ref. <https://www.slideshare.net/yuleremamani/sealizacion-de-transito>

La línea continua y otra discontinua juntas al centro, indican que se permite sobrepasar a los vehículos que se, mueven por él, lado de las líneas discontinuas.

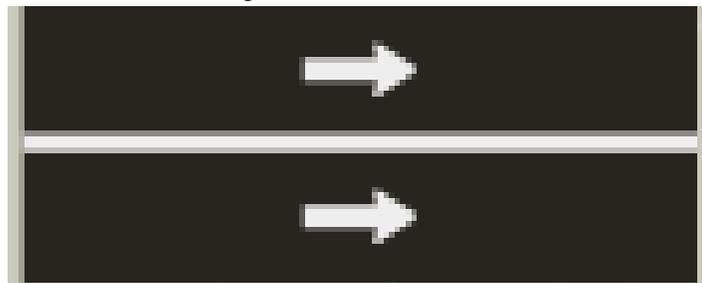
Imagen N°15. Línea continua y otra discontinua juntas al centro.



Ref. <https://www.slideshare.net/yuleremamani/sealizacion-de-transito>

La línea blanca continua en el eje de la calzada, indica la separación de dos carriles con transito del mismo sentido.

Imagen N°16. Línea continua.



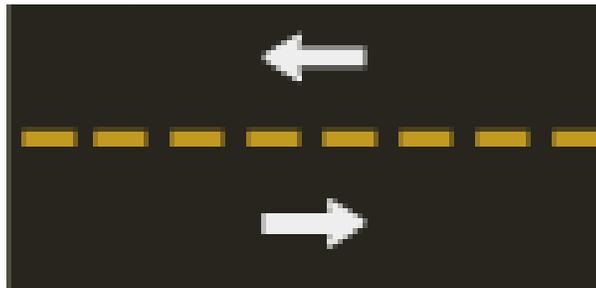
Ref. <http://www.motor.com.co/infografias/infografia-leer-senales-transito-horizontales/25214>

- **Dos carriles ambos sentidos**

En calzadas de este tipo estableciéndose que solo hay un carril por cada sentido, la línea que separa ambos carriles y sentidos, es una línea amarilla que tiene restricción de cruce, el ancho de esa línea es de 0.10 a 0.15 metros.

La línea amarilla segmentada, llamada también línea de carril en vías de doble sentido, son las que permiten cambiar de carril solo para realizar un adelantamiento.

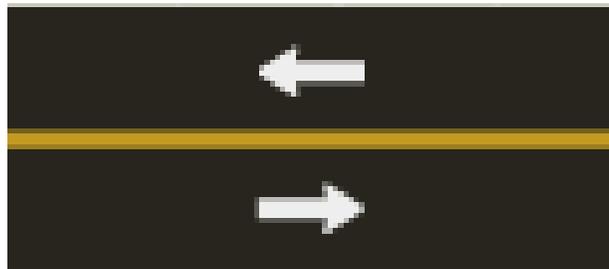
Imagen N°17. Línea amarilla segmentada.



Ref.<http://www.motor.com.co/infografias/infografia-leer-senales-transito-horizontales/25214>

La línea amarilla continua indica el eje de una calzada con tránsito en los dos sentidos.

Imagen N°18. Línea amarilla continua.



Ref.<http://www.motor.com.co/infografias/infografia-leer-senales-transito-horizontales/25214>

La doble línea amarilla indica que por ninguna razón se puede invadir el carril contrario y que está totalmente prohibido hacer adelantamientos.

Imagen N°19. Doble línea amarilla.



Ref.. <https://www.slideshare.net/yuleremamani/sealizacion-de-transito>

- **Calzada de dos carriles por sentido y ambos sentidos**

En este caso se demarca la separación de carriles por cada sentido con segmentos de color blanco y la separación de sentidos de circulación con dos líneas amarillas paralelas que van a 0.05 mts del eje de la calzada con un ancho de 0.10 a 0.15 mts.

Imagen N°20. Calzada de dos carriles por sentido y ambos sentidos



Ref.<http://www.circulaseguro.com/la-mala-costumbre-de-circular-por-el-carril-central-en-las-autopistas/>

❖ **Línea de Demarcación de Calzada**

Las líneas de demarcación de calzada, tienen como objetivo definir efectivamente el área correspondiente a la calzada comprendida al interior de estas líneas, quedando las bermas a la parte exterior a estas líneas. Las líneas de demarcación de calzada es una línea continua de color blanco paralela al eje a ambos lados de la calzada, cuyo espesor es de 0.10 a 0.15 metros.

En el caso de autopistas de sentido separados tendrán sus correspondientes líneas de demarcación de calzada.

Imagen N°21. Líneas de demarcación de calzadas.



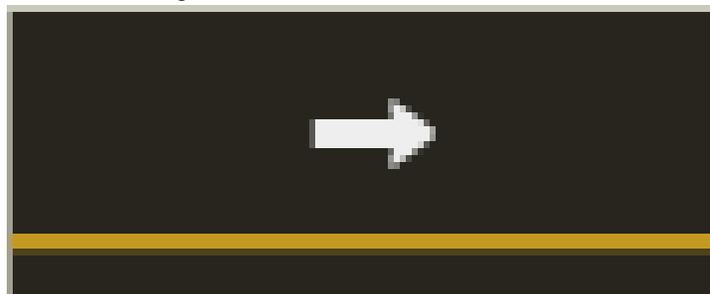
Ref. https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basico-desenalizacion-vial?gid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

❖ Flechas Direccionales

Las flechas direccionales tienen el objetivo de guiar la circulación vehicular tanto de tramos urbanos como en carreteras y autopistas, estas flechas direccionales son marcas que van pintadas sobre el pavimento y que guían la circulación pudiendo ser de 4 tipos.

- **La flecha direccional de frente.**

Imagen N°22. Flecha direccional de frente.



Ref. <http://www.motor.com.co/infografias/infografia-leer-senales-transito-horizontales/25214>

- **La flecha direccional de frente y giro a la derecha.**

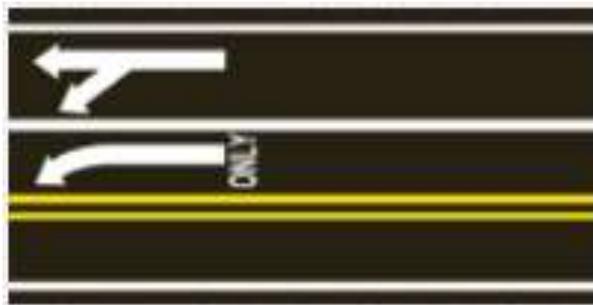
Imagen N°23. Giro a la derecha simplemente.



Ref. http://marcogonzalezpousada.blogspot.com/2010_11_01_archive.html

- **La flecha direccional de frente y giro a la izquierda.**

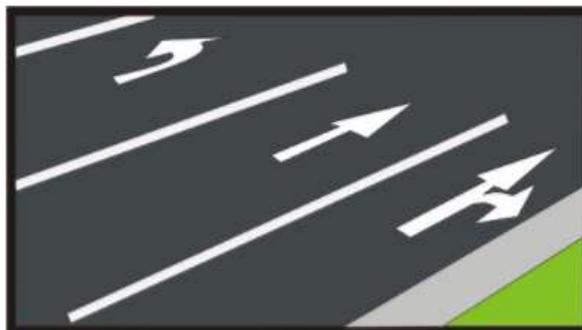
Imagen N°24. Flecha de frente y giro a la izquierda.



Ref. <https://www.lowestpricetrafficschool.com/handbooks/driver/sp/6/5>

- **La flecha direccional de giro izquierda o giro derecha simplemente.**

Imagen N°25. Giro izquierda o giro derecha simplemente.



Ref. <http://safedriveflorida.com/category/senales-letreros-y-marcas-en-el-pavimento/>

❖ Flechas Deflectoras

Las flechas o isletas deflectoras son señales horizontales cuyo objetivo es el de definir espacios para cada flujo de circulación principalmente en intersecciones cuyos accesos tienen varios carriles y ambos sentidos y cuyas salidas de la intersección también ambos sentidos de circulación, estas características obligan a mejorar y definir cuáles van a ser los espacios de circulación de cada sentido, el definir se produce unos espacios muertos que no utilizará la circulación vehicular estos espacios para una mejor visualización se convierten en isletas deflectoras que pueden estar físicamente acordonadas o si esto no es posible se marcará dicho espacio con una marca horizontal con pintura amarilla o blanca con segmentos que dependiendo de las dimensiones de la isleta pueden tener un espesor de 0.10 , 0.15 ,0.40 o 0.50 metros el sentido de estas marcas deberán ser del sentido del flujo de tal manera que en cada caso se baja formando por sí sola la isleta defectora cuyo espacio está prohibido para la circulación vehicular.

Imagen N°26. Isleta deflectoras.



Ref. http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/15052013/78/es-an_2013051512_9082444/NDOIAND-20080226-0002/tema8/partesdelavia.html

❖ Línea de Prevención de Frenado

Las líneas de prevención de frenado tienen como objetivo prevenir al conductor con suficiente espacio anticipado para realizar una acción de frenado que detenga el vehículo en el caso del área urbana esta acción es frecuente antes de llegar a cada intersección, en el caso de carreteras esta acción solamente se presenta cuando se tiene un obstáculo que obligue a detenerse al vehículo en tal caso también deberá llevar esta línea de prevención paralela a la línea de eje hacia adentro en el carril que corresponda a la detención y en una distancia.

La línea de prevención de frenado es de color amarillo sin ubicación es inmediatamente anterior a la línea de parada en caso de calles de un solo sentido esta estaría sobre el eje de la calzada en un espesor de 0.10 - 0.15 metros, en el caso de calles de dos carriles y ambos sentidos la línea de parada deberá ir ubicada en el eje de la calzada del sentido de prevención

con las mismas características del espesor y longitud, en el caso de carreteras las líneas con las mismas características van ubicadas a 10 cm del segmento pintado del eje como se muestra a continuación.

Imagen N°27. Líneas de prevención de frenado.



Ref. <http://www.omnia.com.mx/noticia/23833>

❖ Letras Sobre el Pavimento

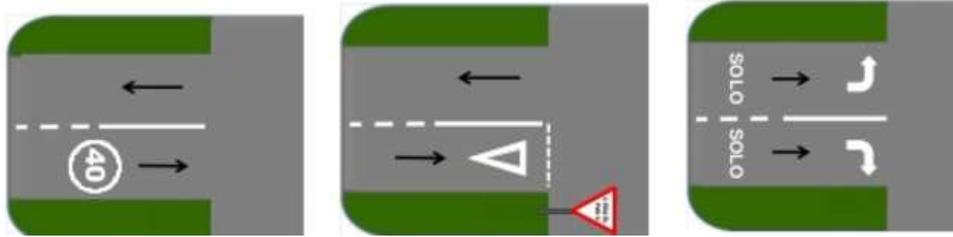
Las letras sobre el pavimento no son de uso común debido a que dependiendo de la velocidad de circulación puede haber suficiente tiempo y visibilidad para el conductor haga la lectura de las palabras o letras sobre el pavimento. Sin embargo en algunos casos como ser acceso a aeropuerto acceso a rutas principales, rotondas de distribución son obras donde es posible usar letras sobre el pavimento formando palabras como alto, pare, siga, parqueo estacionamiento zona prohibida, etc. Las dimensiones de las letras sobre el pavimento también están normalizadas el alto de 2.40 y ancho de 0.50 en el caso de la norma boliviana dado en el manual del servicio de caminos se tienen normalizados todas las dimensiones para cada uno de las letras del alfabeto, la separación entre letra y letra normalmente es de 0.40 - 0.50 metros y las letras son pintadas de color blanco.

Imagen N°28. Letras sobre el pavimento.



Ref. https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basicodesenalizacionvial?qid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

Imagen N°28. Letras sobre el pavimento.



Ref. https://es.slideshare.net/pumabikers/manual-basicodesenalizacionvial?qid=abeabbd6-e98e-4696-bc10-9e418c450ffc&v=&b=&from_search=8

2.8.2. Señalización Vertical

Se define a la señalización vertical como el conjunto de señales que van distribuidas a lo largo de una carretera o dentro de un trazo urbano con el propósito de mejorar la circulación vehicular y peatonal estableciendo en función de las normas una forma de utilización de los espacios vehiculares y peatonales.

Debido a la gran variedad de las señales que podrán presentarse se ha hecho una clasificación en función de los objetivos de cada grupo de señales estableciéndose tres grupos de señales:

- Señales Preventivas
- Señales Restrictivas
- Señales Informativas

❖ Señales Preventivas

Las señales preventivas son aquellas cuyo objetivo es la de prevenir dentro de la circulación a obstáculos o peligros que puedan presentarse. Por ello se ha establecido un conjunto de señales que previenen algunas situaciones comunes dentro de la circulación de carreteras y calles como ser el estrechamiento de un camino la existencia de un puente angosto, la existencia de un badén la existencia de una zona esporádica la existencia de un camino sinuoso, etc. De acuerdo a las normas del SNC se tiene alrededor de 40 señales preventivas codificadas con las signaturas P.

Las señales preventivas de acuerdo a normas tienen dimensiones de 0.60 a 0.60 mts. Tienen un fondo amarillo con pintura reflectora, la señal de color negro y tienen un contorno de color de línea negra alrededor del recuadro y la posición definitiva es con las aristas arriba y abajo.

Imagen N°29. Señales preventivas.



Ref. <http://sanjoselasal-cte.blogspot.com/2012/09/la-importancia-de-las-senales-de.html>

❖ **Señales Restrictivas**

Las señales restrictivas son aquellas que están destinadas a permitir la aplicación y control de reglamentos y normas dentro de la circulación. Este grupo de señales tienen la particularidad de que el no cumplimiento se considera como un delito de tránsito por lo tanto los conductores están obligados a conocer y aplicar las indicaciones de estas señales restrictivas. En algunos casos estas señales van acompañadas con la señalización horizontal, siendo sin embargo la más común que estas señales estén aisladas y distribuidas en carreteras y trazos urbanos en forma independiente y de acuerdo a las necesidades de cada una de ellas.

De acuerdo a las normas vigentes en nuestro país como a nivel panamericano se tiene normalizadas dimensiones y colores para este tipo de señales. Las dimensiones establecidas son de 0.60 x 0.90 mts, el fondo de estas señales deben ser de color blanco con pintura reflectiva, llevan un revete alrededor de la señal de 1/2" de grosor de color negro. La señal está en la parte superior y tiene color negro, en algunas de ellas lleva una orla de color rojo de 1" de espesor y cuando se quiere restringir la acción de la señal esa orla lleva una línea diagonal del mismo color de izquierda a derecha. En la parte inferior de la señal pueden ir colocadas además algunas indicaciones alfabéticas cuyas dimensiones también están establecidas siendo letras de altura de 10 cm cuyos grosor son de 1/2" existen dos excepciones en este tipo de señales restrictivas que son las señales de pare y ceda el paso. La señal de pare es un octógono simétrico cuyas (paredes) o lados paralelos están a 75cm, tiene un fondo de color rojo con pintura reflectiva y tiene la palabra pare en la línea simétrica central además de un ribete alrededor de la señal de color blanco. La ubicación de estas señales es a la derecha de las líneas de parada ubicadas en el pavimento y en todos aquellos

lugares donde se quiere prevenir a través de la detención del vehículo un cruce de una intersección.

La señal de ceda el paso es una señal cuyas dimensiones son la de un triángulo equilátero de 80cm de lado que tiene un fondo blanco con pintura reflectora en la parte superior este escrito la frase de ceda el paso y lleva un ribete alrededor de color negro. Esta señal va ubicada en todas aquellas intersecciones donde esta priorizado por características geométricas y de volumen de tráfico el flujo principal y el flujo secundario, estando ubicada la señal de ceda el paso en el acceso de flujo secundario.

Imagen N°30. Señales restrictivas.



Ref. <http://mrproyecta.com/a/index-3.html#>

❖ **Señales Informativas**

Las señales informativas como su nombre la indica tienen el objetivo de dar alguna información ya sea de carácter de servicio o de circulación al conductor que transita por una carretera o por un tramo urbano. Estas señales mejoran los servicios que puedan presentarse a lo largo de una carretera como ser restaurante, hoteles, estaciones de servicio, gasolineras, teléfono, cuyas características están también codificadas en el manual del S.N.C como en el manual de servicios panamericana.

Las características de las señales informativas si bien están normalizadas en colores y dimensiones de algunos de ellos existen otras cuyas dimensiones se determinan de acuerdo al tipo de proyecto. En cuanto a las señales informativas para servicio la norma es de que estas tengan la dimensión de 0.60 x 0.90 con un fondo azul un recuadro en la parte superior de 0.40 x 0.40 con fondo blanco de pintura reflectora en cuyo interior estará la señal especificado de acuerdo al manual existente esa señal es de color negro.

Las señales de orden de circulación no tiene establecidos una dimensión dejándose a criterio del proyectista determinar las dimensiones más adecuados tratando de que estas en lo posible

sean rectangulares con la base horizontal mayor y la base menor vertical, lo que sí está establecido de que estas deben tener un fondo verde con pintura reflectora y la nomenclatura que se tenga sobre ella tenga el color blanco que pueden ser alfabéticos, numéricos o flechas direccionales.

Imagen N°31. Señales restrictivas.

Informativas



Informativas de Servicios Turísticos



Ref. <http://mrproyecta.com/a/index-3.html#>

2.9.SEMAFORIZACIÓN

La semaforización de vías urbanas es una actividad fundamental para que el tráfico urbano funcione con las menores demoras posibles. Cuando la intensidad de tráfico en una intersección es mayor a la admisible con una regulación de preferencia de paso, la regulación con semáforos permite confrontar la situación con un nivel de seguridad bueno, aunque produce alguna demora a los vehículos que acceden a la intersección.

La semaforización de una intersección se puede producir por cuatro criterios para la instalación de semáforos, como son la intensidad mínima horaria durante más de 8 horas, la intensidad mínima horaria para demoras, el tráfico de peatones o el número de accidentes.

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, amarillo y verde.

- **Rojo fijo**

Detiene a los conductores antes de la línea de parada, los peatones no deberán cruzar la calzada, a menos que algún semáforo les de la indicación.

- **Amarillo fijo**

Advierte a los conductores de los vehículos, que la luz roja se va a encender y que el flujo vehicular debe detenerse. De igual manera avisa a los peatones que no disponen del tiempo suficiente para cruzar, sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.

- **Verde fijo**

Indica que los conductores pueden seguir de frente o dar la vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba estas vueltas.

- **Rojo intermitente**

Indica que los conductores de los vehículos harán un alto obligatorio y se detendrán antes de la línea de parada antes de seguir.

- **Amarillo intermitente**

Los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución, se emplea en la calle que tiene la preferencia.

Imagen N°32 Ilustración de un semáforo.



Ref. Elementos de Ingeniería de Tráfico,
Universidad Politécnica de Madrid.

Los componentes de un semáforo son:

La cara de un semáforo, es el conjunto de unidades ópticas como ser: el lente, reflector, lámpara y porta lámpara. Por seguridad, se recomienda el uso de dos caras para cada acceso a la intersección, ya que uno de ellos podría ser tapado por un vehículo grande o por si se ha fundido alguna de las lámparas.

El lente, es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada. Se recomienda que la cara de un semáforo tenga por lo menos tres lentes: rojo, amarillo y verde.

El reflector, es un aparato de forma cónica que lanza la luz de la lámpara o foco en una determinada dirección.

A través de la operación de los semáforos, el uso de la intersección es compartida entre los usuarios, la intersección y los semáforos deben ser diseñados de tal manera, que la operación sea segura, eficiente y justa con todos los usuarios de las vías.

Con base en el mecanismo de operación de los controles de los semáforos, éstos se clasifican en:

2.9.1. Semáforos para el Control del Tránsito de Vehículos

- No accionados por el tránsito.
- Accionados por el tránsito.
- Totalmente accionados por el tránsito.
- Parcialmente accionados por el tránsito.

2.9.2. Semáforos para Pasos Peatonales

- En zonas de alto volumen peatonal.
- En zonas escolares.

Imagen N°33. Ilustración de un semáforo peatonal.



Ref. Ministerio de transporte. Manual de señalización. Bogota 2004

En países como el nuestro, en el que ya sea por falta de capital o de importancia que se da a las mejoras en los sistemas viales, no contamos aun con calles totalmente señalizadas, se ve

como la solución a los problemas de congestión, el empleo de modernos semáforos en todas las intersecciones que justifiquen su uso. Sin embargo, en algunos países cuenta con un sistema vial bastante señalizado y ordenado, desde hace pocos se ha empezado a discutir si es que los semáforos son realmente un medio de orden en el flujo vial, o artefactos que entorpecen y demoran el tránsito. Las personas que plantean esta pregunta, entre ellas ingenieros de tránsito, dicen que los humanos con nuestra inteligencia y razonamiento, somos totalmente capaces de conducir de manera segura y eficiente sin la guía de semáforos. Este caso crea la duda de cuál es realmente la mejor solución para los problemas de congestión de nuestra ciudad.

De este modo se puede concluir que la mejor medida de control de tráfico para una ciudad específica se obtendrá mediante la prueba y error de diferentes medidas hasta alcanzar una que encaje de la mejor manera en la sociedad que utiliza las vías. Por otra parte esto involucra muchos recursos como dinero y tiempo que podrían considerarse desperdiciados. Ante estos factores las medidas para control de tráfico dependerán del conocimiento, experiencia y buen juicio de las autoridades locales y de los profesionales encargados del diseño e implementación de los medios para proveer de un tránsito seguro y eficiente a la sociedad.

2.9.3. Semáforos Especiales

- De destello.
- Para regular el uso de carriles.
- Para puentes levadizos.
- Para maniobras de vehículos de emergencia.
- Con barreras para indicar aproximación de trenes.

2.9.4. Ventajas y Desventajas de la Semaforización

Los semáforos son los dispositivos más utilizados para el control del tránsito, pero estos necesitan de una correcta instalación y operación de modo que ofrezcan diversas ventajas sobre otros medios de control de tránsito, caso contrario se harán notar las desventajas que pueden presentar en contraste con otros medios de control de tráfico. A continuación se nombran algunas ventajas y desventajas de estos dispositivos:

❖ Ventajas

- Ordenar la circulación de los vehículos y optimizar la capacidad de las vías al asignar el derecho al uso de una intersección.
- Cuando medidas de control son tomadas, pueden incrementar la capacidad de volumen de tráfico en la intersección.
- Reducir la magnitud y frecuencia de choques entre vehículos.
- Con la correcta sincronización se puede mantener una circulación continua y fijar una velocidad constante que sea segura.
- Permiten el paso a vehículos y peatones de vías transversales a arterias principales con flujos mayores de tránsito.
- Representan una buena inversión y economía a larga plazo respecto a otros medios de control de tráfico.

❖ **Desventajas**

- Pueden resultar como una medida antieconómica ante un problema que pudo solucionarse únicamente con señalización.
- A ciertas horas o cuando hay volúmenes pequeños de tráfico, causan demoras innecesarias por una larga duración de la luz roja.
- Proporcionan situaciones en que se facilitan los choques por cambios sorpresivos de color.
- Debido a su funcionalidad monótona, producen confianza en los conductores que puede generar altercados y choque si es que algún usuario realiza alguna maniobra indebida.

2.10. PASO A DESNIVEL

Un paso a desnivel es un conjunto de ramales que se proyecta para facilitar el paso del tránsito entre unas carreteras que se cruzan en niveles diferentes. También puede ser la zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Los pasos desnivel se construyen para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficientes, así como para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

En general, una intersección solucionada a diferentes niveles requiere inversiones importantes, por lo que su diseño y construcción deben justificarse por razones como:

- Funcionalidad
- Capacidad

- Seguridad
- Factibilidad

- **Funcionalidad**

Ciertas carreteras como autopistas y vías de primer orden, porque tienen limitación de accesos las primeras, o por la categoría y características que les atribuyen los planes viales nacionales, regionales o departamentales, requieren la construcción de intersecciones a desnivel.

- **Capacidad**

Si la capacidad es insuficiente en una intersección, una alternativa por considerar, en el estudio de factibilidad, es separar niveles, así haya alternativas posibles a nivel.

- **Seguridad**

Puede ser la seguridad, unida a otras razones, uno de los motivos para construir un enlace y no una intersección.

- **Factibilidad**

Por las elevadas inversiones que implica, en general, la construcción de una intersección a desnivel, es necesario el estudio de factibilidad, en el que debe analizarse, si a ello hubiere lugar, la construcción por etapas.

“Las intersecciones son zonas comunes a dos o más carreteras que se cruzan al mismo (o diferente) nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles”. INVIAS 98.

Imagen N°34. Ilustración de un Paso a Desnivel.



Ref. INVIAS 98.

Los pasos a desnivel nos sirven para facilitar el flujo de vehículos en los cruces entre vías importantes y evitar el congestionamiento vial. Su elaboración de diferentes alturas es para no interrumpir el flujo de tráfico entre otras rutas de tránsito cuando se cruzan entre sí.

Por otra parte y atendiendo a la peligrosidad que representan casi todas las intersecciones es que en la mayoría debe existir semáforos y a estos se le debe sumar carteles indicadores anticipando su llegada o presencia, entre los más comunes y reconocidos se cuentan: STOP/PARE, ALTO, CEDA EL PASO, ENTRE OTRAS.

Un paso a desnivel se construye:

- Para aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad insuficiente.
- Para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersección a nivel.
- Evita la pérdida de velocidad y confort con la cual los vehículos operan antes de llegar a la intersección.

El proceso constructivo para ejecutar un paso a desnivel ya sea elevado o deprimido tiene ciertas similitudes, como es la conformación de tercercerías (estructura de pavimento). La construcción de muros de contención que soporten los empujes del subsuelo que pueden ser mediante el procedimiento de tierra armada para el puente y mediante el colado de pilas para el túnel.

Ambos procesos no presentan problemas en su ejecución, si se cuenta con una buena programación; el puente no lleva obra hidráulica (bocas de tormenta y línea de alejamiento) ya que el derrame pluvial corre por gravedad, en cambio en un túnel es un tema que demanda estudiarse a fondo. El colado de la losa Tapa en túnel es el trabajo más entretenido, depende del tránsito que existe en la zona para programar los cierres parciales de la misma para realizar esta actividad. La actividad de excavación en caja (dentro de túnel) dependerá meramente del contratista ya que cuenta con libertad en su área de trabajo, mientras que en el puente el montaje de la estructura (trabes), es una situación similar al colado de losa tapa en el túnel; solo que esta actividad se tendrá que realizar entre semana y por las noches. (Programación realizada por la secretaría de vialidad y transporte).

Imagen N°35 Vista de un Paso a Desnivel.



Ref. Valuación de Proyectos de Infraestructura Vial

2.10.1. Características de los Pasos a Desnivel

Las características generales de los pasos a nivel se pueden agrupar de la siguiente manera:

- **Aspectos geométricos**

Dentro de los aspectos geométricos se pueden destacar los siguientes: ancho de la calzada, ancho de la faja de vía (dependerá de si es vía simple o vía doble), ángulo de cruce de ambas vías (debe tender a ser perpendiculares entre sí), rampas de acceso al cruce, caminos laterales que desembocan en la proximidad del paso a nivel, etc.

- **Características de los vehículos carreteros**

Se debe considerar la cantidad de vehículos que circulan por la carretera en las mismas 12 horas de mayor tránsito carretero (generalmente se considera el período de tiempo comprendido entre las 7 y las 19 horas, para realizar el censo vehicular).

- **Visibilidad**

Se define el “rombo de visibilidad” de un paso a nivel, El rombo de visibilidad debe estar libre de obstáculos, para permitir tener una buena visibilidad del cruce.

- **Factores climáticos**

Pueden influir negativamente en la percepción de un vehículo que está próximo al cruce, tales como: reflejos de sol, zonas de niebla, (perjudican la visibilidad), vientos u otros sonidos que impidan la percepción acústica de la proximidad del vehículo.

2.10.2. Señalización y Protección de los Pasos a Desnivel

Los principales tipos de protección que existen según la peligrosidad del paso a nivel:

- **Cartelera de advertencia**

Estos carteles se pintan con pinturas reflectantes, que permiten visualizarlos de noche). Los colores utilizados universalmente son: amarillo-negro; blanco-negro; blanco-rojo.

- **Señales fono-luminosas (“oscilantes”)**

Estos dispositivos son focos luminosos que emiten destellos en forma intermitente.

- **Pavimento**

El pavimento en el paso a nivel puede ser de distintos tipos, según las preferencias y los recursos de los gestores tanto carretera o camino que la cruza.

Se pueden utilizar placas o losetas prefabricadas de hormigón (armado o pretensado).

El pavimento asfáltico tiene el inconveniente que se disgrega con el calor y la circulación vehicular; además se debe reconstruir totalmente en caso de tener que remover para realizar trabajos en la vía debajo del paso a nivel.

Otro tipo de pavimento puede ser el constituido por adoquines de hormigón. Tiene como ventaja su facilidad de remoción y reinstalación.

- **Sendas Peatonales**

Si se trata de un paso a nivel en zona urbana donde pueda existir circulación peatonal, se debe brindar un cruce seguro a los peatones, para ello y a continuación de la vereda, se colocan losetas de hormigón sobre la vía.

2.10.3. Ventajas y Desventajas de los Pasos a Desnivel

- ❖ **Ventajas**

- Son más económicos, debido a su anchura.
- Su construcción es muy sencilla, pues no requiere el cierre de la vía o parte de ella por tiempo prolongado.
- Por su ruta sin intersección a nivel disminuye el tiempo de transporte.
- Aumente la capacidad en intersecciones de gran intensidad de tráfico.
- No elimina los cruces a nivel entre los movimientos de los vehículos.

- No necesitan equipos que requieran mantenimiento y sólo debe cuidarse su aspecto exterior.
- Espacio utilizable debajo de la estructura.
- Este tipo de infraestructuras no desentonan con el ambiente de la ciudad.
- Genera atracción y buena vista de los pasajeros y peatones.

❖ **Desventajas**

- Irrumpen brusca y totalmente en el medio urbano donde se sitúen, por lo que deben ser diseñados en armonía con el medio que los rodea.
- No es fácil obtener la combinación rampa - escalera y que armonice adecuadamente con el entorno circundante.
- Al peatón le resulta más largo el recorrido por el paso a desnivel, pues debe subir y bajar las gradas para hacer uso del enlace.
- Resulta un alto costo su construcción cuando el volumen de tránsito por el mismo no sea significativo.
- Pueden formar perturbaciones locales, expropiación de suelos o inmuebles.
- Se eleva el índice de ciertos tipos de accidentes, por ejemplo choques de costado.
- Se es necesario la implementación de elevados criterios de seguridad tanto el tráfico vehicular como peatonal.
- Se restringe el paso de vehículos que superen la altura entre el viaducto a desnivel y la intersección a nivel.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO VEHICULAR

3.1. ENFOQUE DE LA APLICACIÓN

Para la aplicación de los parámetros de la ingeniería de tráfico, se distribuyó en síes accesos la zona en estudio que es donde está edificado el paso a desnivel, en cada uno de estos accesos se señaló el lugar adecuado para realizar el aforo vehicular correspondiente.

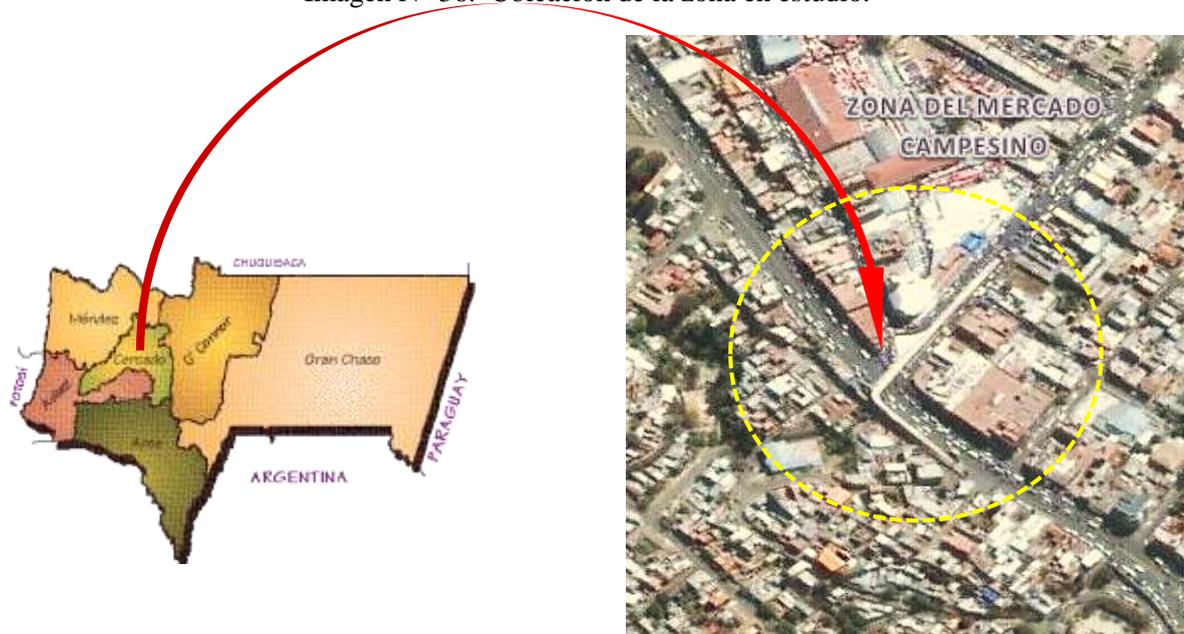
Se estudió los métodos que mejor se adecuan para la toma de muestra de datos necesarios, haciendo uso de diferentes bibliografías; estos métodos estarán explicados más adelante.

Por otra parte también se observó las señalizaciones y semaforización que se encuentran en la zona, el tipo de ellas, su ubicación, su restricción, la necesidad de las mismas.

3.2. UBICACIÓN DE LOS ACCESOS DE APLICACIÓN

Este proyecto se realiza en el departamento de Tarija, en la provincia Cercado, al norte de la misma exactamente en la zona del Mercado Campesino y el barrio Guadalquivir.

Imagen N° 36. Ubicación de la zona en estudio.



Ref. Elaboración propia

Los accesos tienen lugar de la siguiente manera:

- Acceso N°1: Calle Froilán Tejerina giro a la derecha a la calle Comercio.

Imagen N°37.

Acceso N°2. Av. Panamericana y calle Comercio.



Ref. Elaboración propia

- Acceso N°2: Avenida Panamericana y calle Comercio.

Imagen N°38.

Acceso N°2. Av. Panamericana y calle Comercio.



Ref. Elaboración propia

- Acceso N°3: Avenida Panamericana giro a la derecha a la calle Froilán Tejerina.

Imagen N°39.

Acceso N°3. Av. Panamericana dirección al centro de la ciudad.



Ref. Elaboración propia

- Acceso N°4: Avenida Panamericana dirección al norte.

Imagen N°40.

Acceso N°4. Av. Panamericana dirección al centro de la ciudad.



Ref. Elaboración propia

- Acceso N°5: Avenida Panamericana dirección al centro de la ciudad.

Imagen N°41.

Acceso N°5. Av. Panamericana dirección al centro de la ciudad.



Ref. Elaboración propia

- Acceso N°6: Paso a desnivel.

Imagen N°42.

Acceso N°6. Paso a Desnivel



Ref. Elaboración propia

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y OPERACIONALES DE LOS ACCESOS DE LA ZONA EN ESTUDIO

La zona del Mercado Campesino, es una zona comercial, por lo tanto existe mucho movimiento en la mayor parte del día, tanto de vehículos y peatones. Existen diferentes accesos a la zona, pero se tomaron en cuenta los accesos que están cerca de la fundación del paso a desnivel, pues la construcción del mismo es ayudar a mejorar la transitabilidad del flujo vehicular y acortar el trayecto vehicular y peatonal dando conexión a la calle Froilán Tejerina con la Avenida Panamericana.

Las características físicas y operacionales son las siguientes:

- **Acceso N°1**

Se denomina acceso n°1 a la calle Froilán Tejerina que se dirige a la calle Comercio; Froilán Tejerina con 8.90 metros de ancho.

Su acceso es de todo tipo de vehículo (pesado, mediano, liviano, etc.).

Esta calle cuenta con estacionamiento permitido a la derecha de su calzada.

Este acceso cuenta con señalizaciones horizontales y verticales, no cuenta con semaforización en la zona que se realiza el estudio.

- **Acceso N°2**

Es la intersección entre la Avenida Panamericana y la Calle Comercio, el ancho del carril de la avenida que se une con la calle Comercio es de 3.60 metros, y el carril de la calle Comercio es de 7 metros.

Tiene acceso a todo tipo de vehículo (pesado, mediano, liviano, etc.).

La calle comercio cuenta con estacionamiento permitido a la derecha de su calzada.

Cuenta con señalizaciones horizontales y verticales, no cuenta con semaforización en la zona en estudio.

- **Acceso N°3**

Esta intersección tiene lugar a la unión de la Avenida Panamericana con la calle Froilán Tejerina, el ancho del carril para esta intersección de la avenida es de 3.60 metros y de la calle Froilán Tejerina es de 5.90 metros.

Tienen acceso a todo tipo de vehículo.

No cuentan con estacionamiento permitido.

Cuenta con señalización horizontal y vertical, la calle Froilán Tejerina cuenta con semaforización.

- **Acceso N°4**

Tomamos como el siguiente acceso a la avenida Panamericana que se dirige al norte, este carril de la avenida cuenta con un ancho de carril de 3.60 metros.

Tiene acceso a todo tipo de vehículo.

No cuenta con estacionamiento permitido.

Cuenta con señalizaciones horizontales y verticales. No hay semaforización en la zona que se toma en cuenta para el estudio.

- **Acceso N°5**

El siguiente acceso a esta zona es el carril de la avenida Panamericana que se dirige al centro de la ciudad o al sur de la ciudad. Tiene un ancho de carril de 7.30 metros.

Tiene acceso a todo tipo de vehículo.

Cuenta con estacionamiento permitido.

Cuenta con señalizaciones horizontales, verticales y semaforización en la zona en estudio.

3.4. MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Para conocer la cantidad de vehículos y las velocidades en la cual se deslizan en la zona en estudio, la capacidad de las calles y nivel de servicio, se realizaron los aforos correspondientes en los diferentes accesos.

3.4.1. Volumen Vehicular

- **Procedimiento**

Lo primero que se realizó fue señalar el lugar donde se puede aforar en cada acceso con buena visión, comodidad, sin incomodar a los comerciantes ni peatones.

Se decidió hacer el uso de la norma ABC, la cual establece que como tiempo mínimo de aforo para un proyecto vial se debe realizar el recuento de 7 días de la semana y las 24 horas de los mismos. Sin embargo estos datos no son obtenidos para encontrar un valor de diseño, sino más bien encontrar valores que sean indicadores de las condiciones que operan estas calzadas componentes de la zona actualmente.

La forma en que se hizo el análisis de los datos es el siguiente:

Para este proyecto se realizó el aforo de lunes a sábado y lunes de la siguiente semana, de esa forma se completó los 7 días, debido a que los días domingos se realizan una feria de sobre la calle Froilán Tejerina y lo cual quita la transitabilidad en dicho acceso.

Para el conocimiento de las variaciones de volúmenes que se producen a lo largo del día, se fijaron los datos cada hora que pase, ósea el Volumen Promedio Horario, se obtuvo el promedio de los volúmenes de todas las horas y de todos los días en que se realizó el estudio.

Se inició el recuento de volúmenes en cada uno de los accesos un día lunes a la 7:00am hasta la 7:00am del día martes, cumpliendo de esa forma las 24 horas según la norma ABC.

Mediante el Volumen Promedio Máximo Horario, se identifica la situación más crítica, identificando el volumen máximo de cada hora en cada día de los aforos realizados.

Fue necesaria la ayuda de un grupo de personal, que fue capacitado con la información requerida, completa y adecuada, para el aforo del volumen vehicular.

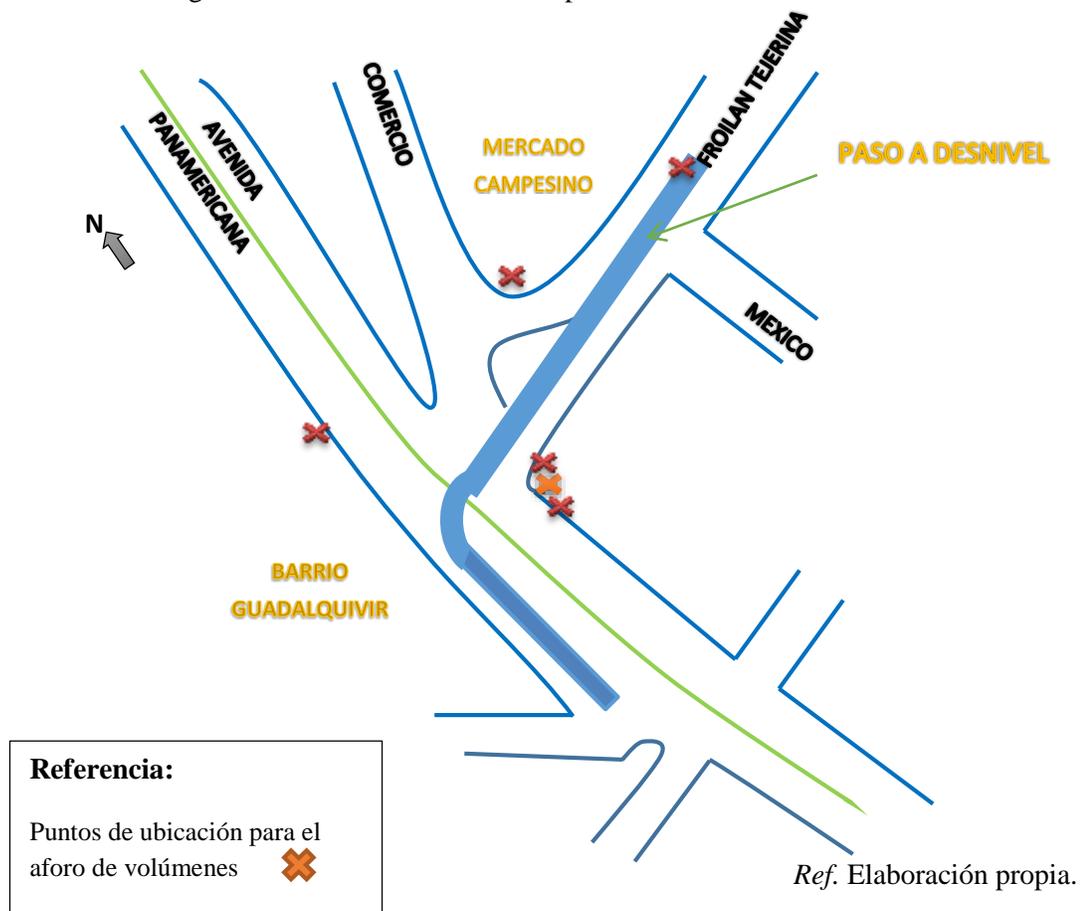
- **Aforo**

El aforo de volúmenes se realizara manualmente.

Se elaboró planillas para cada uno de los accesos, en función de la clasificación vehicular, vehículo liviano, mediano y pesado; con separación de una hora.

En la siguiente grafica se muestra los puntos de ubicación para realizar el aforo.

Imagen N°43. Puntos de ubicación para el aforo de Volúmenes.



- **Trabajo en Gabinete con los Datos obtenidos**

Luego del aforo correspondiente se procede a la suma de los datos, diferenciando la cantidad de vehículos por hora y según el tipo de los mismos. De esa forma se obtiene el total de volúmenes para cada acceso señalado.

Se calculó el promedio o media aritmética (ecuación N° 1) para cada tipo de vehículos que transitan por cada acceso en las diferentes horas de los 7 días de aforo.

Por ejemplo: **Acceso 1= (7:00 a 8:00 horas)**

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Liviano	18	20	21	19	16	13	17
Mediano	5	4	5	6	3	0	6
Pesado	1	1	0	1	0	0	0

	Media Aritmética	
Liviano	$(18+20+21+19+16+13+17)/7 =$	$17.71 \approx \mathbf{18}$
Mediano	$(5+4+5+6+3+0+6)/7 =$	$4.14 \approx \mathbf{4}$
Pesado	$(1+1+0+1+0+0+0)/7 =$	$0.42 \approx \mathbf{0}$

También se obtuvo la desviación estándar (ecuación N° 2) de la misma manera que se realizó el cálculo de la media aritmética, para cada tipo de vehículos que transitan por cada acceso en las diferentes horas de los 7 días de aforo.

Por ejemplo: **Acceso 1= (7:00 a 8:00 horas)**

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Liviano	18	20	21	19	16	13	17
Mediano	5	4	5	6	3	0	6
Pesado	1	1	0	1	0	0	0

	Desviación Estándar

Liviano	$\sqrt{\frac{(18-18)^2 + (20-18)^2 + (21-18)^2 + (19-18)^2 + (16-18)^2 + (13-18)^2 + (17-18)^2}{7}}$	2.69
Mediano	$\sqrt{\frac{(5-4)^2 + (4-4)^2 + (5-4)^2 + (6-4)^2 + (3-4)^2 + (0-4)^2 + (6-4)^2}{7}}$	2.12
Pesado	$\sqrt{\frac{(1-0)^2 + (1-0)^2 + (0-0)^2 + (1-0)^2 + (0-0)^2 + (0-0)^2 + (0-0)^2}{7}}$	0

Para la obtención de los resultados de los volúmenes se realizó la depuración correspondiente de los datos.

Se depuraron los datos que quedaron fuera del rango (ecuación N° 3), media aritmética menos la desviación estándar y media aritmética más la desviación estándar, para cada uno de los accesos y cada una de las horas de los 7 días.

Por ejemplo: Acceso 1= (7:00 a 8:00 horas)

	Rango= promedio- desv. Est.	Rango= promedio + desv. Est.
Liviano	18-2.69=15.31≈15	18+2.69=20.69≈20
Mediano	4-2.12=1.88≈2	4+2.12=6.12≈6
Pesado	0	0

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Liviano	18	20	21	19	16	13	17
Mediano	5	4	5	6	3	0	6
Pesado	1	1	0	1	0	0	0

Se depuran los datos que no se encuentran entre el rango, y se obtiene el nuevo promedio de datos, entonces este será el promedio del **Volumen Vehicular**:

	Promedio
--	-----------------

Liviano	$(18+20+19+16+17)/5 =$	19
Mediano	$(5+4+5+6+3+6)/6 =$	4.8≈ 5
Pesado	$(0+0+0+0+0+0)/7 =$	0
	Total =	24

Entonces de esa manera se realizó el trabajo en gabinete para la obtención de los Volúmenes en cada uno de los accesos para las 24 horas de los siete días ya mencionados.

Todos los datos y los resultados del procedimiento ya mostrado se encuentran en el Anexo N° 1.

- **Resultados**

TABLA N°3. Resultados de los volúmenes (vehículo/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días de aforo de los seis accesos.

(horas)	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)												
Liviano	19	40	78	75	62	47	38	48	51	62	50	49
Mediano	5	5	6	5	5	5	6	10	8	8	6	8
Pesado	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
TOTAL	24	45	85	80	66	52	44	58	59	70	58	57
ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)												
Liviano	128	205	206	191	176	160	120	142	157	167	128	144
Mediano	20	21	33	37	36	29	31	32	33	32	28	42
Pesado	3	0	1	1	2	3	2	2	1	0	0	4
TOTAL	150	226	240	228	215	192	153	176	190	200	156	190
ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)												
Liviano	238	240	253	228	214	206	215	224	242	248	268	258
Mediano	37	52	44	46	33	55	57	56	59	54	38	31
Pesado	1	0	1	1	1	0	1	2	1	1	1	2
TOTAL	277	293	298	274	249	261	273	282	302	302	307	291
ACCESO 4 (Panamericana hacia el norte)												
Liviano	391	421	469	434	424	409	312	309	380	387	421	443
Mediano	175	189	179	171	145	195	120	137	156	157	148	129
Pesado	6	6	11	4	6	10	5	5	4	5	4	5
TOTAL	572	616	659	609	574	614	437	452	539	549	573	577
ACCESO 5 (Panamericana hacia el centro de la ciudad)												
Liviano	541	614	580	576	631	546	499	538	583	563	658	581
Mediano	157	171	163	145	163	118	139	126	143	145	119	136
Pesado	6	5	5	6	2	2	3	3	4	3	2	4

TOTAL	703	789	749	727	796	665	641	667	730	711	778	720
ACCESO 6 (Paso a Desnivel)												
Liviano	57	55	54	54	68	62	75	81	65	82	68	77
Mediano	17	9	11	9	15	11	14	9	12	7	8	4
Pesado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	74	64	65	63	82	73	89	90	77	89	76	81

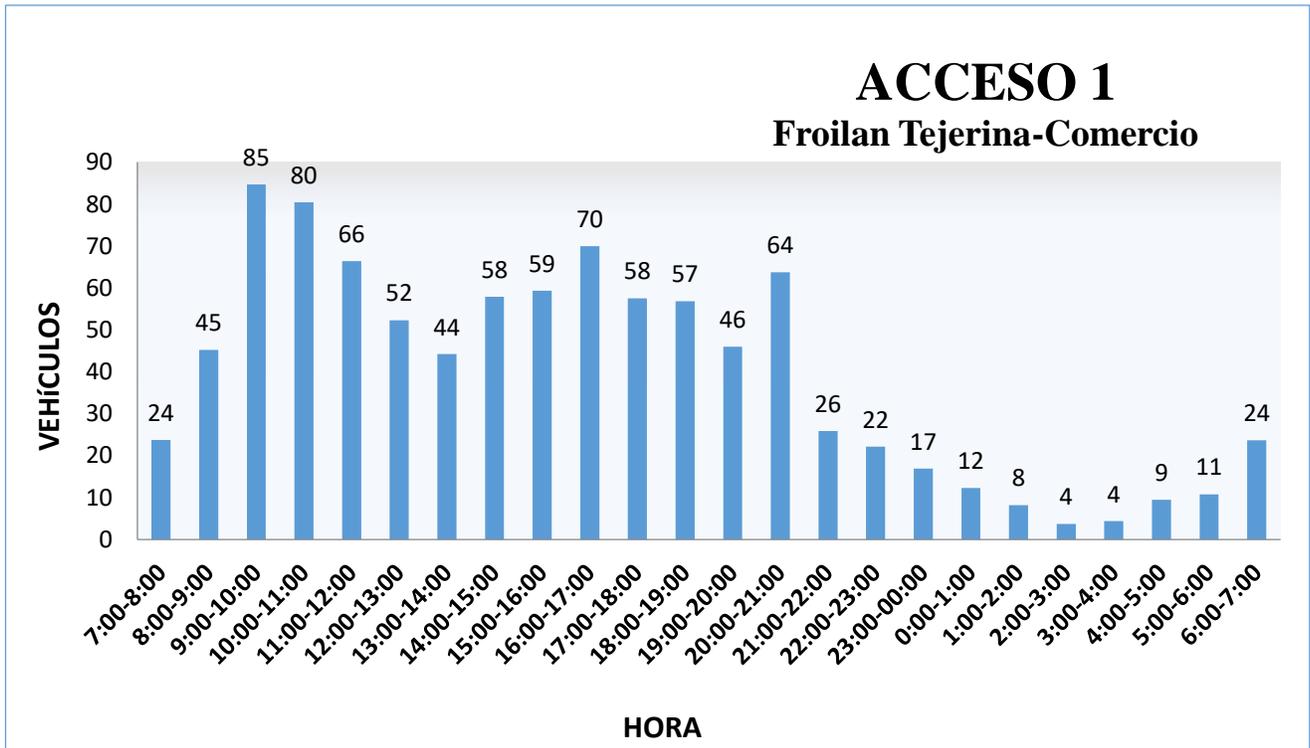
Ref. Elaboración propia

TABLA N°3. Resultados de los volúmenes (vehículo/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días de aforo de los seis accesos.

(horas)	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)												
Liviano	43	59	24	20	15	10	8	3	3	7	9	18
Mediano	2	4	1	0	1	2	0	0	1	1	2	5
Pesado	2	1	1	2	1	0	0	0	1	1	0	1
TOTAL	46	64	26	22	17	12	8	4	4	9	11	24
ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)												
Liviano	107	46	18	9	3	4	1	1	1	19	32	46
Mediano	30	11	2	2	6	7	2	1	4	17	25	20
Pesado	5	3	4	3	4	2	1	1	2	5	6	4
TOTAL	142	60	24	13	13	13	3	2	7	41	63	70
ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)												
Liviano	163	168	152	141	61	30	22	17	55	64	112	208
Mediano	29	34	25	11	6	4	3	3	4	13	24	41
Pesado	1	2	2	1	2	1	1	0	2	4	3	5
TOTAL	193	203	179	153	70	35	25	19	60	81	139	254
ACCESO 4 (Panamericana hacia el norte)												
Liviano	362	313	231	252	130	78	44	39	38	56	176	354
Mediano	107	118	61	32	10	9	3	4	6	9	46	98
Pesado	5	4	6	12	4	3	1	1	2	3	3	4
TOTAL	474	435	297	297	144	90	48	44	46	68	226	457
ACCESO 5 (Panamericana hacia el centro de la ciudad)												
Liviano	442	474	306	302	144	92	49	44	95	121	231	416
Mediano	104	103	35	16	6	6	3	4	19	23	28	144
Pesado	3	8	9	6	11	8	2	1	3	8	7	17
TOTAL	549	584	351	323	161	106	54	49	117	151	267	576
ACCESO 6 (Paso a Desnivel)												
Liviano	42	85	73	66	30	16	8	5	5	21	1	98
Mediano	2	3	5	1	3	0	0	1	1	1	1	12
Pesado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	44	88	79	67	33	16	8	6	5	22	3	111

Ref. Elaboración propia

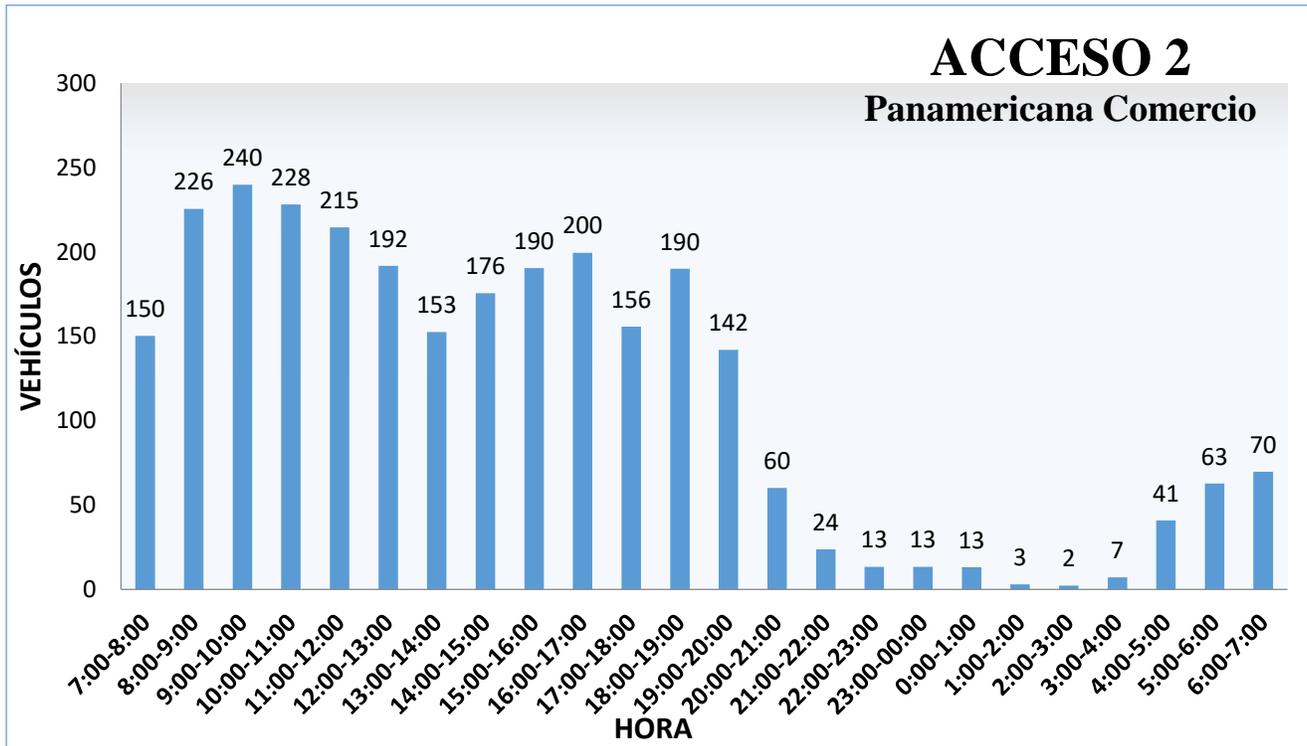
Gráfica N° 1 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°1



Ref. Elaboración propia

Hora Pico = 9:00-10:00
85 vehículos

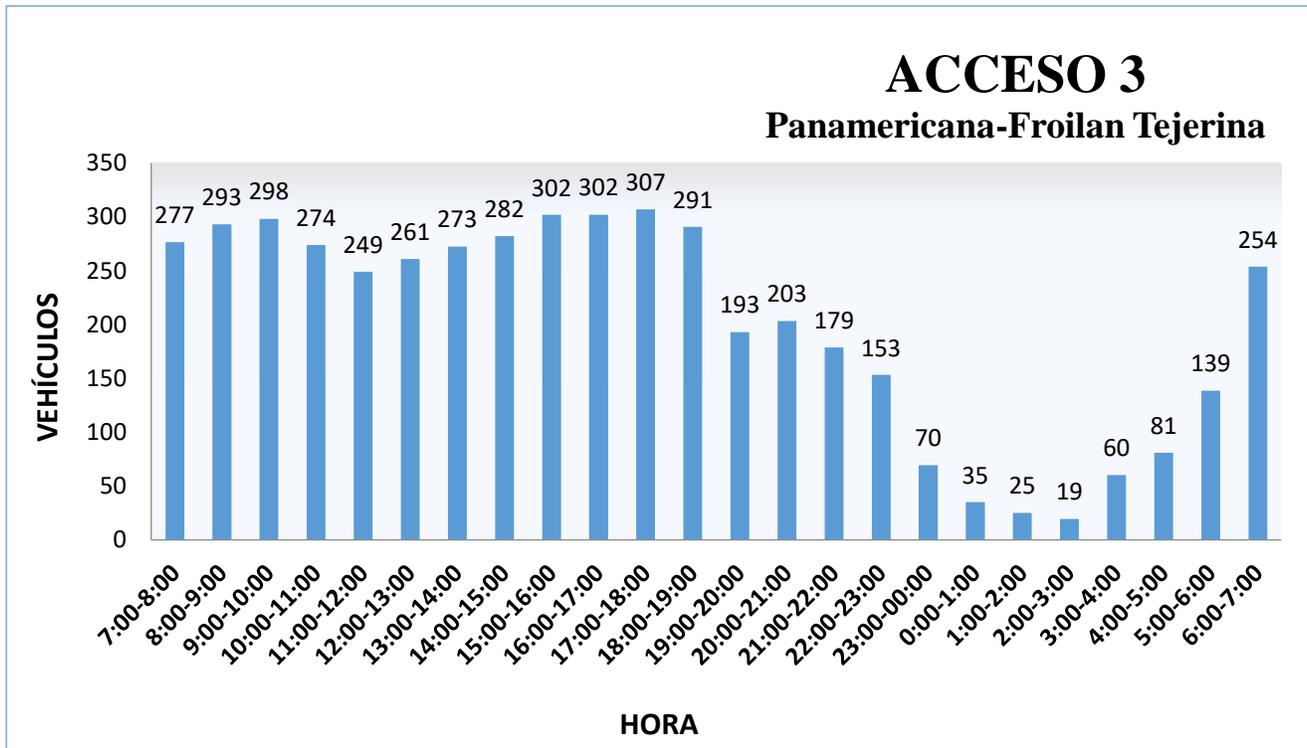
Gráfica N° 2 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°2



Ref. Elaboración propia

**Hora Pico = 9:00-10:00
240 vehículos**

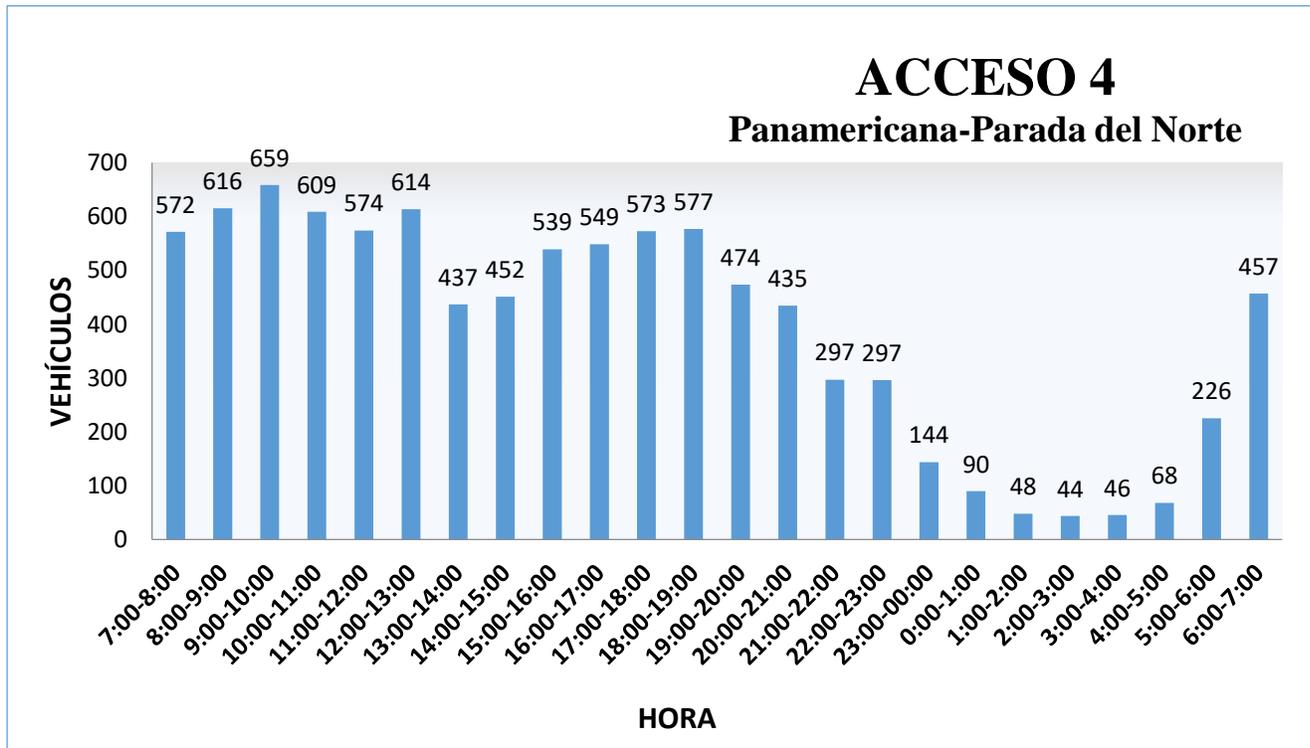
Gráfica N° 3 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°3



Ref. Elaboración propia

**Hora Pico = 17:00-18:00
307 vehículos**

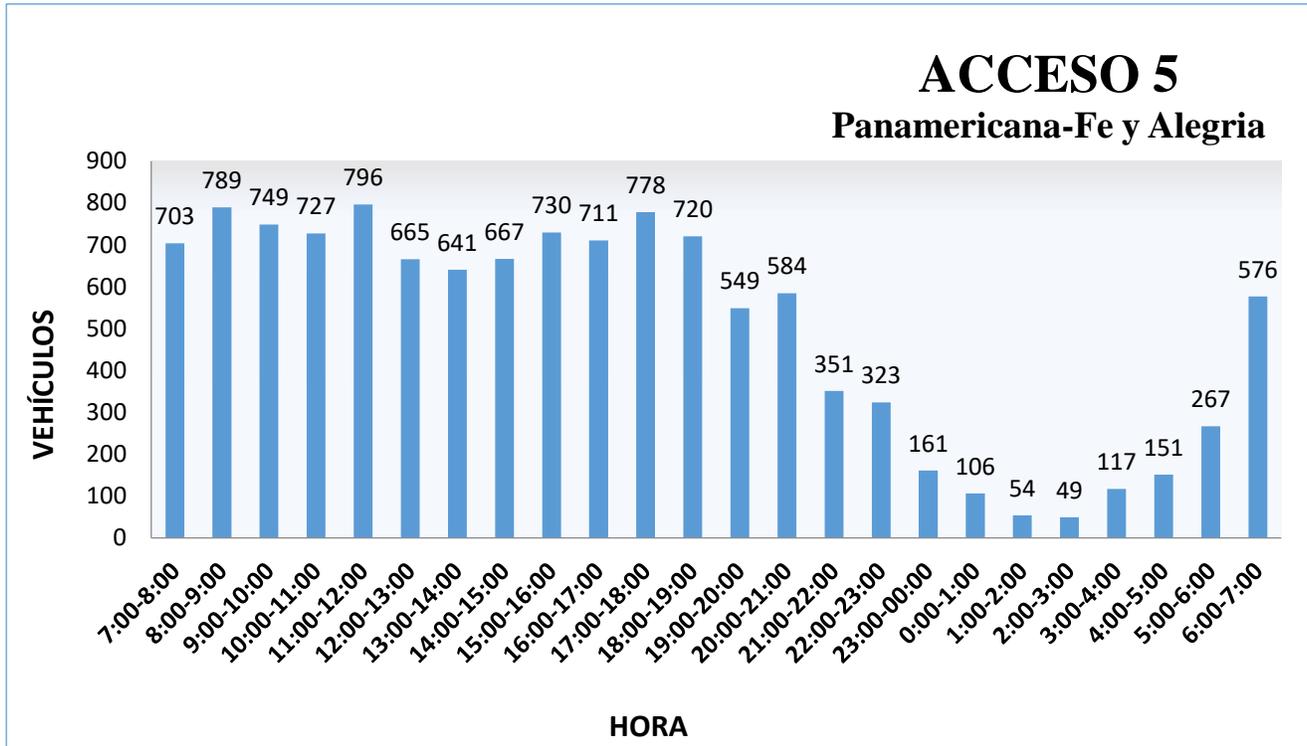
Gráfica N° 4 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°4



Ref. Elaboración propia

Hora Pico = 9:00-10:00
659 vehículos

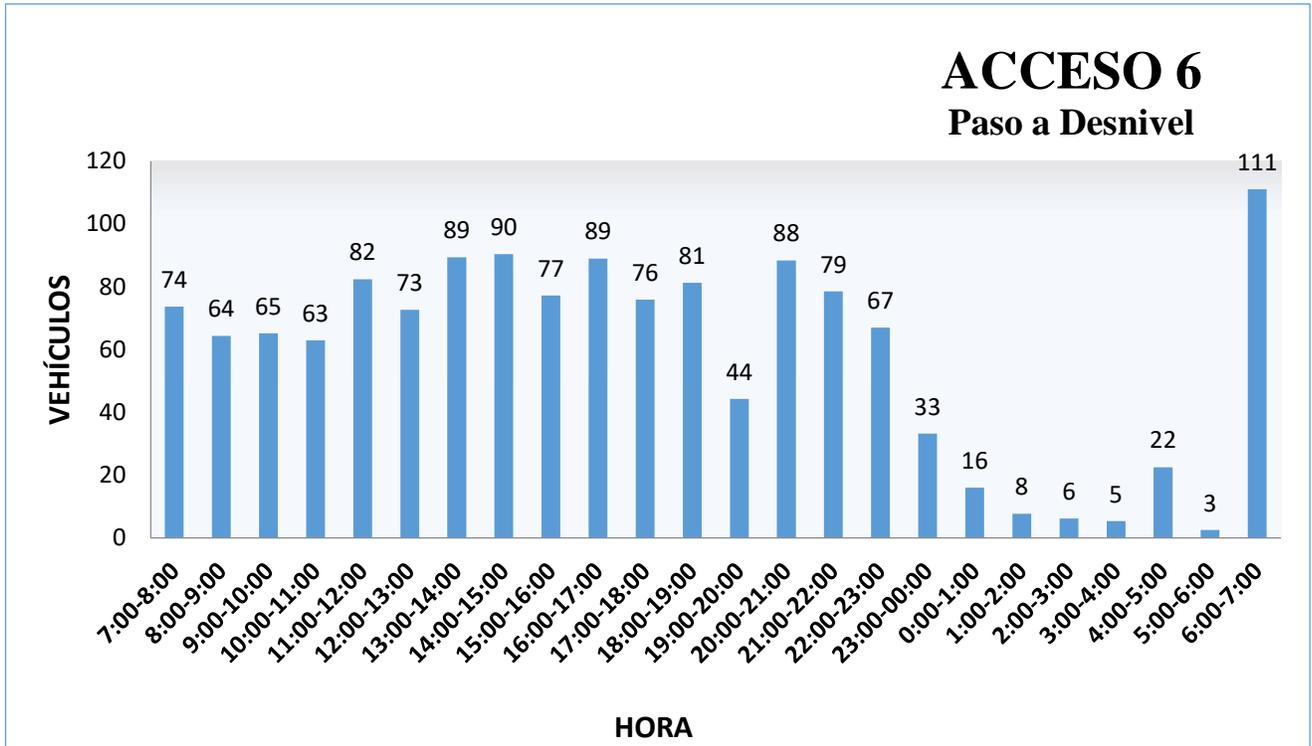
Gráfica N° 5 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°5



Ref. Elaboración propia

Hora Pico = 11:00-12:00
796 vehículos

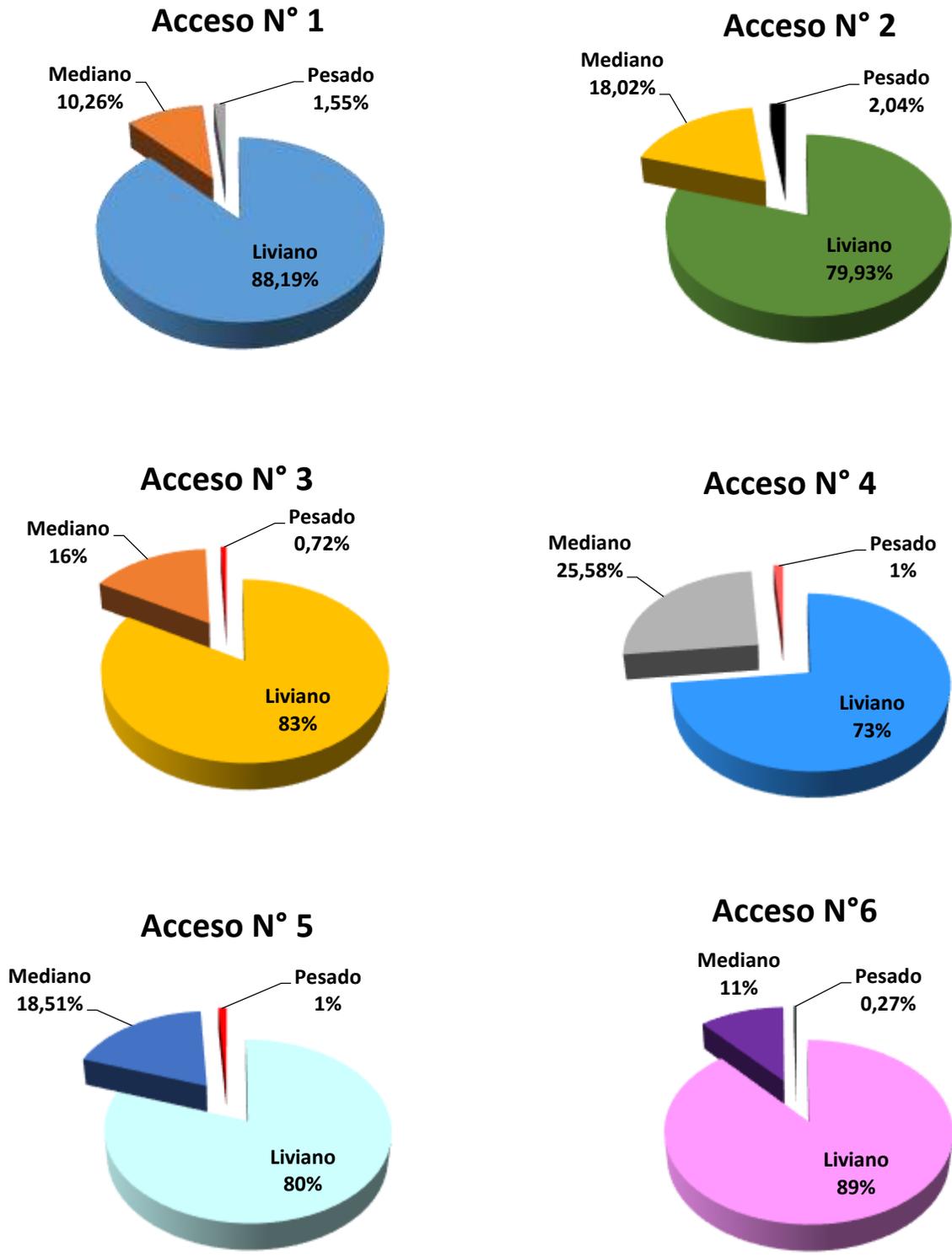
Gráfica N° 6 Volumen Vehicular (vehículo/hora) Acceso N°6



Ref. Elaboración propia

Hora Pico = 6:00-7:00
111 vehículos

Gráfica N° 7. Tipo de vehículos (%) en cada acceso.



Ref. Elaboración propia

3.4.2. Velocidad Vehicular

- **Procedimiento**

Este procedimiento se realiza paralelamente al aforo del volumen, haciendo uso de la norma ABC, se deberá recolectar los datos por 24 horas en 7 días.

La forma en que se debe realizar la obtención de los datos es la siguiente:

Se realiza la medición de lunes a sábado y lunes de la siguiente semana, de esa forma completar los 7 días, debido a que los días domingos se realizan una feria sobre la calle Froilán Tejerina y lo cual quita la transitabilidad en dicho acceso.

Para el conocimiento de las variaciones de velocidades en la que se deslizan los vehículos a lo largo del día, se fijaran los datos cada hora que pase. Se inició la medición del tiempo en cada uno de los accesos un día lunes a la 7:00am hasta la 7:00am del día martes, cumpliendo de esa forma las 24 horas.

En el anterior capítulo se menciona diferentes formas de velocidad, por lo que se tomara el concepto que mejor se apegue a lo que se va a realizar, la *velocidad de punto*, define una distancia en la cual se cree que el vehículo va a deslizarse sin alguna interferencia de demora, es decir que el vehículo tiene un flujo libre, dando como determinación las velocidades medias de circulación, entonces se realizó lo siguiente:

Se señaló 25 metros antes de llegar a cada acceso, con el fin de medir el tiempo que tardan los vehículos en recorrer dicha distancia y así calcular la velocidad de llegada al acceso. Se medirá el tiempo de cada 5 vehículos que pasen por la distancia medida.

Es necesaria la ayuda de un grupo de personal, que fue capacitado con la información requerida, completa y adecuada, para los datos de este parámetro.

- **Levantamiento de datos**

En primer lugar se debe señalar el lugar donde se puede cronometrar el tiempo en cada acceso con buena visión, comodidad, sin incomodar a los comerciantes ni peatones.

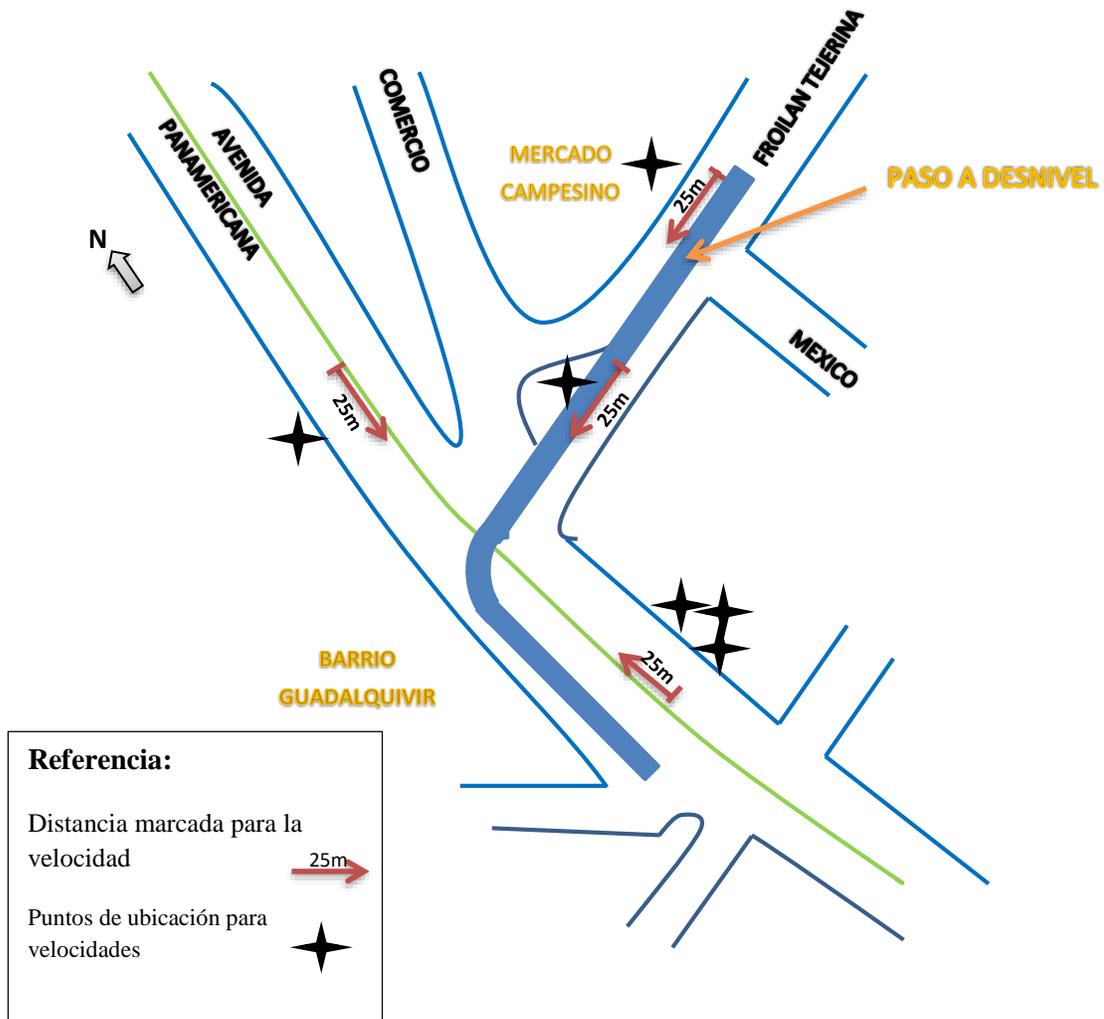
Se realiza manualmente con la ayuda de un cronometro la medición del tiempo de los 25 metros que se tarda en recorrer.

Se elaboró planillas para cada uno de los accesos diferenciando cada una de las 24 horas que pasa.

En la siguiente grafica se muestra los puntos de ubicación para el levantamiento de datos.

Imagen N°44.

Puntos de ubicación para el levantamiento de datos para la Velocidad.



Ref. Elaboración propia

- **Trabajo en Gabinete con los Datos obtenidos**

Para el cálculo de las velocidades se hizo uso de la ecuación N° 4:

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

Dónde:

V = Velocidad (Km/h)

d = distancia = 25 metros

t = tiempo (seg)

Haciendo uso de los tiempos medidos, con la distancia ya dada se hace uso de la fórmula citada anteriormente para el cálculo de las velocidades para los 6 accesos, de acuerdo a los periodos de aforo ya descritos.

Al igual que para el volumen se realizó la depuración correspondiente, se calculó:

La media aritmética (ecuación N°1).

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

La desviación estándar (ecuación N°2).

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

Se descartaron los datos que quedaron fuera del rango (ecuación N°3), media aritmética menos la desviación estándar y media aritmética más la desviación estándar, para cada uno de los accesos y cada una de las horas de los 7 días aforados.

$$Rango = x - s$$

$$Rango = x + s$$

Posteriormente con el objeto de tener un valor de velocidad por hora para cada acceso, se calcula el valor promedio de velocidad en función a los resultados de todos los puntos de aforo.

Y del mismo modo se realizó nuevamente el promedio de los resultados, la desviación estándar y la depuración de los resultados que estén fuera del rango que se calcula. Y obtener velocidades promedio horarias para los diferentes accesos.

Todos los datos y los resultados del procedimiento ya mostrado se encuentran en el Anexo N° 2.

- **Resultados**

TABLA N° 4. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°1.

ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	4.83	5.11	4.88	4.58	4.81	4.38	4.30	5.03	5.25	4.72	3.75	4.39
Día 2	4.68	4.63	4.99	4.64	4.87	5.34	5.87	4.34	5.36	4.12	4.34	5.43
Día 3	4.80	5.14	5.05	4.80	4.61	5.08	6.07	4.26	4.10	4.68	4.88	4.10
Día 4	5.85	4.86	5.10	4.59	5.14	5.09	5.12	5.18	4.68	4.96	4.65	4.62
Día 5	5.10	4.60	4.85	5.26	4.68	5.40	5.17	5.36	3.69	4.42	5.19	4.53
Día 6	4.61	5.04	4.60	4.48	4.76	4.79	4.53	5.26	5.27	4.95	3.77	4.50
Día 7	4.63	4.88	5.00	5.31	5.17	5.12	6.08	5.01	5.40	4.53	3.70	5.52
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	4.93	4.89	4.92	4.81	4.86	5.03	5.31	4.92	4.82	4.63	4.33	4.73
DESVIACION ESTANDAR=	0.44	0.22	0.17	0.34	0.22	0.35	0.73	0.44	0.69	0.30	0.61	0.54
RANGO (prom - desv)=	4.49	4.68	4.75	4.47	4.65	4.68	4.58	4.48	4.14	4.33	3.72	4.19
RANGO (prom + desv)=	5.37	5.11	5.09	5.15	5.08	5.38	6.03	5.36	5.51	4.93	4.93	5.27
VELOCIDAD (m/s)=	4.78	4.97	4.95	4.62	4.78	5.08	5.39	5.17	5.19	4.59	4.28	4.51
VELOCIDAD (km/h)=	17.19	17.90	17.83	16.63	17.21	18.30	19.39	18.60	18.69	16.52	15.40	16.24

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 4. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°1.

ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	4.01	3.45	4.01	5.01	4.76	4.93	5.15	6.22	4.81	4.80	4.78	4.16
Día 2	5.98	5.04	3.41	4.79	4.78	6.63	5.45	5.94	0.00	4.80	5.01	5.37
Día 3	3.89	3.86	6.37	4.43	4.81	4.13	5.54	6.49	4.54	4.78	4.89	5.21
Día 4	5.48	3.67	4.21	4.70	3.97	5.79	4.78	6.11	5.15	5.08	4.80	4.67
Día 5	3.61	3.73	4.24	3.97	5.01	5.24	5.54	6.49	4.93	4.78	4.99	4.68
Día 6	3.79	3.45	4.22	4.29	4.46	5.24	6.06	6.12	5.21	4.26	4.90	3.65
Día 7	3.40	3.74	3.54	4.28	4.74	5.73	4.78	6.11	5.33	4.42	4.26	4.48
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	4.31	3.85	4.29	4.50	4.65	5.38	5.33	6.21	4.28	4.70	4.80	4.60
DESVIACION ESTANDAR=	1.00	0.55	0.98	0.36	0.34	0.78	0.46	0.21	1.91	0.28	0.26	0.59
RANGO (prom - desv)=	3.31	3.30	3.30	4.14	4.31	4.60	4.87	6.00	2.38	4.43	4.55	4.01
RANGO (prom + desv)=	5.31	4.39	5.27	4.85	4.98	6.16	5.79	6.42	6.19	4.98	5.06	5.19
VELOCIDAD (m/s)=	3.74	3.65	3.94	4.50	4.71	5.38	5.42	6.14	5.00	4.79	4.89	4.43
VELOCIDAD (km/h)=	13.46	13.13	14.18	16.19	16.95	19.39	19.51	22.11	17.99	17.24	17.62	15.95

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 5. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°2.

ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	6.72	6.55	7.06	6.75	6.70	6.86	7.56	5.43	5.83	6.82	5.18	4.60
Día 2	6.98	6.86	6.58	6.90	6.77	6.56	6.68	7.28	5.26	5.39	5.47	4.90
Día 3	6.57	6.79	6.80	6.79	5.52	6.86	5.84	4.95	5.67	5.01	5.10	6.91
Día 4	6.50	6.83	6.87	6.72	6.82	6.72	5.94	7.08	5.59	6.46	4.70	4.89
Día 5	6.70	6.78	6.55	6.80	7.12	6.69	6.11	6.81	5.64	5.86	5.01	4.85
Día 6	6.46	6.75	7.09	6.76	6.70	6.89	7.57	5.49	5.89	6.03	5.18	4.58
Día 7	4.38	6.63	6.82	6.81	6.84	6.71	5.87	6.45	6.63	5.19	5.16	4.91
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	6.33	6.74	6.83	6.79	6.64	6.76	6.51	6.21	5.79	5.82	5.12	5.09
DESVIACION ESTANDAR=	0.88	0.11	0.21	0.06	0.51	0.12	0.77	0.92	0.42	0.67	0.23	0.81
RANGO (prom - desv)=	5.45	6.63	6.61	6.73	6.13	6.64	5.74	5.30	5.36	5.16	4.89	4.28
RANGO (prom + desv)=	7.20	6.85	7.04	6.85	7.15	6.88	7.28	7.13	6.21	6.49	5.34	5.90
VELOCIDAD (m/s)=	6.65	6.76	6.77	6.78	6.82	6.77	6.09	6.25	5.72	5.79	5.13	4.79
VELOCIDAD (km/h)=	23.95	24.33	24.37	24.42	24.56	24.37	21.92	22.51	20.61	20.83	18.46	17.24

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 5. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°2.

ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	5.85	5.33	5.29	5.51	5.17	4.72	5.41	5.22	4.75	5.39	5.21	6.50
Día 2	4.93	4.82	5.37	6.17	5.07	5.16	5.79	0.00	5.36	5.09	5.18	5.13
Día 3	5.51	5.27	4.92	6.29	5.82	6.12	5.09	4.95	5.33	6.26	5.49	5.85
Día 4	5.16	5.94	5.35	7.05	5.63	4.98	5.09	4.40	7.53	6.14	5.52	5.28
Día 5	5.07	5.08	5.16	4.38	6.59	6.38	5.02	4.21	4.92	5.00	5.92	6.48
Día 6	5.63	5.33	5.13	4.55	5.27	5.35	4.67	5.98	4.70	5.33	5.64	6.25
Día 7	5.22	5.98	5.51	4.48	5.35	6.81	5.41	5.21	5.45	4.93	6.42	6.38
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.34	5.39	5.25	5.49	5.56	5.65	5.21	4.28	5.43	5.45	5.63	5.98
DESVIACION ESTANDAR=	0.33	0.43	0.19	1.05	0.52	0.79	0.36	1.98	0.97	0.54	0.43	0.58
RANGO (prom - desv)=	5.01	4.97	5.06	4.44	5.03	4.86	4.85	2.30	4.46	4.91	5.19	5.41
RANGO (prom + desv)=	5.67	5.82	5.44	6.54	6.08	6.43	5.57	6.26	6.40	5.99	6.06	6.56
VELOCIDAD (m/s)=	5.34	5.39	5.25	5.49	5.56	5.65	5.21	4.28	5.43	5.45	5.63	5.98
VELOCIDAD (km/h)=	19.22	19.41	18.89	19.77	20.01	20.32	18.76	15.41	19.56	19.62	20.25	21.53

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 6. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°3.

ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	6.00	5.73	5.35	6.07	5.46	5.17	5.97	5.14	4.64	4.50	4.01	5.15
Día 2	5.53	6.01	5.59	5.55	5.25	5.18	4.79	4.74	5.32	4.54	5.36	4.69
Día 3	5.24	5.95	5.40	5.50	5.66	5.67	4.51	5.10	5.28	5.44	4.71	4.79
Día 4	5.68	5.86	5.63	5.51	5.25	5.58	4.84	4.02	5.85	5.23	5.09	4.73
Día 5	4.51	5.48	5.73	5.63	6.02	5.41	4.77	5.13	5.76	5.20	4.03	4.61
Día 6	6.29	5.88	5.34	6.17	5.54	5.12	5.93	5.16	4.51	4.45	3.82	5.15
Día 7	5.40	6.21	5.85	5.08	5.37	5.30	5.29	5.53	5.03	4.74	5.11	5.34
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.52	5.87	5.56	5.64	5.51	5.35	5.16	4.98	5.20	4.87	4.59	4.92
DESVIACION ESTANDAR=	0.57	0.23	0.20	0.37	0.27	0.21	0.59	0.48	0.51	0.41	0.63	0.29
RANGO (prom - desv)=	4.95	5.65	5.36	5.27	5.24	5.14	4.57	4.50	4.68	4.46	3.96	4.64
RANGO (prom + desv)=	6.09	6.10	5.76	6.02	5.78	5.56	5.75	5.45	5.71	5.28	5.22	5.21
VELOCIDAD (m/s)=	5.57	5.89	5.59	5.55	5.42	5.27	4.92	5.06	5.21	4.84	4.59	4.90
VELOCIDAD (km/h)=	20.05	21.19	20.11	19.98	19.52	18.97	17.71	18.20	18.75	17.42	16.52	17.64

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 6. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°3.

ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	5.33	5.88	5.40	5.25	4.97	5.38	6.03	6.19	5.48	4.48	5.81	5.81
Día 2	5.18	5.36	5.53	5.28	5.13	5.56	4.20	5.15	5.46	4.80	5.53	4.92
Día 3	5.48	5.39	5.55	5.46	5.31	5.30	4.89	4.15	4.41	5.85	5.32	4.03
Día 4	5.69	5.34	5.34	5.31	5.35	4.97	6.35	4.43	4.71	5.70	5.80	5.47
Día 5	5.37	5.64	5.45	5.11	4.86	4.96	5.97	4.83	5.05	5.43	4.70	5.09
Día 6	5.48	5.87	5.41	5.25	4.99	5.29	6.47	6.65	5.09	4.48	5.86	5.85
Día 7	5.68	5.32	5.58	5.41	4.87	3.83	5.61	5.26	4.09	4.59	5.52	4.57
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.46	5.54	5.47	5.30	5.07	5.04	5.65	5.24	4.90	5.05	5.50	5.11
DESVIACION ESTANDAR=	0.19	0.25	0.09	0.11	0.20	0.57	0.83	0.91	0.52	0.60	0.41	0.67
RANGO (prom - desv)=	5.27	5.29	5.38	5.18	4.87	4.47	4.82	4.33	4.38	4.45	5.10	4.44
RANGO (prom + desv)=	5.64	5.80	5.55	5.41	5.27	5.62	6.47	6.14	5.42	5.64	5.91	5.77
VELOCIDAD (m/s)=	5.41	5.41	5.47	5.30	4.99	5.24	5.89	4.92	4.81	4.76	5.64	5.01
VELOCIDAD (km/h)=	19.49	19.48	19.69	19.07	17.96	18.87	21.20	17.70	17.33	17.12	20.30	18.05

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 7. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°4.

ACCESO 4 (Panamericana hacia el Norte)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	6.77	7.37	7.72	6.64	5.98	6.09	6.36	6.24	5.71	5.72	5.21	5.41
Día 2	6.76	6.91	7.57	6.82	5.98	5.90	5.40	5.72	5.98	5.45	5.84	5.29
Día 3	6.29	6.30	6.69	6.35	6.85	7.20	5.31	5.41	5.52	5.51	5.41	5.73
Día 4	6.45	6.56	7.51	6.19	6.59	6.60	5.93	5.55	6.04	4.66	5.46	5.51
Día 5	6.45	6.00	5.99	6.77	6.90	6.76	5.51	6.29	6.00	5.80	5.12	5.47
Día 6	6.80	7.30	7.62	6.72	5.95	6.12	6.41	6.26	5.63	5.77	4.97	5.31
Día 7	7.20	6.92	7.43	6.90	6.43	6.29	5.75	6.15	5.81	5.70	5.60	5.74
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	6.67	6.77	7.22	6.63	6.38	6.42	5.81	5.95	5.81	5.52	5.37	5.50
DESVIACION ESTANDAR=	0.31	0.51	0.64	0.26	0.42	0.46	0.44	0.37	0.20	0.40	0.30	0.19
RANGO (prom - desv)=	6.37	6.26	6.58	6.37	5.97	5.97	5.36	5.57	5.61	5.12	5.07	5.31
RANGO (prom + desv)=	6.98	7.27	7.86	6.89	6.80	6.88	6.25	6.32	6.02	5.91	5.67	5.68
VELOCIDAD (m/s)=	6.64	6.54	7.42	6.74	6.24	6.37	5.65	6.13	5.83	5.66	5.36	5.43
VELOCIDAD (km/h)=	23.92	23.54	26.72	24.26	22.48	22.93	20.33	22.08	20.98	20.37	19.29	19.53

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 7. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°4.

ACCESO 4 (Panamericana hacia el Norte)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	5.57	6.09	5.40	7.25	5.72	6.56	6.60	7.36	8.40	5.46	5.75	7.12
Día 2	6.07	5.85	6.47	5.81	5.58	4.97	5.70	4.42	6.17	6.02	7.47	4.09
Día 3	5.87	6.21	5.64	6.02	6.31	5.52	4.12	5.70	4.05	6.34	5.26	5.60
Día 4	5.73	5.47	5.39	6.84	5.03	6.80	4.80	6.35	5.75	5.82	6.29	6.11
Día 5	5.72	5.42	4.97	5.73	5.09	5.25	4.11	3.97	6.82	4.17	4.78	4.95
Día 6	5.58	6.62	5.80	7.56	6.27	6.22	6.48	7.57	7.99	5.32	5.75	7.33
Día 7	6.12	5.50	7.08	5.62	5.95	6.07	6.20	5.39	7.31	5.58	5.12	5.93
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.81	5.88	5.82	6.40	5.71	5.91	5.43	5.82	6.64	5.53	5.77	5.87
DESVIACION ESTANDAR=	0.22	0.45	0.72	0.80	0.51	0.69	1.08	1.37	1.48	0.69	0.90	1.14
RANGO (prom - desv)=	5.59	5.43	5.10	5.61	5.19	5.23	4.35	4.45	5.16	4.83	4.88	4.73
RANGO (prom + desv)=	6.03	6.33	6.55	7.20	6.22	6.60	6.51	7.20	8.12	6.22	6.67	7.02
VELOCIDAD (m/s)=	5.81	5.88	5.82	6.40	5.71	5.91	5.43	5.82	6.64	5.53	5.77	5.87
VELOCIDAD (km/h)=	20.92	21.17	20.97	23.06	20.54	21.29	19.55	20.96	23.91	19.90	20.79	21.15

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 8. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°5.

ACCESO 5 (Panamericana hacia el centro de la ciudad)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	6.41	6.04	6.44	5.16	6.24	3.25	7.16	4.93	6.30	3.31	4.52	6.69
Día 2	5.74	5.68	5.86	5.29	5.45	3.66	5.81	6.53	5.53	4.29	5.74	4.80
Día 3	5.86	5.93	6.40	5.47	3.83	5.60	5.55	6.86	4.78	6.32	4.05	5.68
Día 4	3.35	6.20	4.94	5.97	5.99	6.82	4.82	6.69	6.64	7.60	6.48	4.85
Día 5	5.69	6.00	5.69	4.79	5.07	6.19	6.49	5.09	7.04	5.39	4.94	4.98
Día 6	6.47	6.17	6.77	5.08	6.42	2.76	7.22	5.45	7.06	3.25	4.56	7.06
Día 7	5.16	6.54	4.53	6.36	4.99	5.70	6.70	7.34	5.08	6.81	5.66	4.70
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.53	6.08	5.80	5.45	5.43	4.85	6.25	6.13	6.06	5.28	5.14	5.54
DESVIACION ESTANDAR=	1.06	0.27	0.82	0.54	0.90	1.60	0.89	0.95	0.94	1.72	0.85	0.97
RANGO (prom - desv)=	4.47	5.81	4.98	4.90	4.53	3.26	5.36	5.18	5.13	3.56	4.29	4.56
RANGO (prom + desv)=	6.58	6.35	6.63	5.99	6.33	6.45	7.14	7.08	7.00	7.00	5.99	6.51
VELOCIDAD (m/s)=	5.89	6.07	6.10	5.39	5.55	5.29	6.14	6.39	6.16	5.70	5.09	5.00
VELOCIDAD (km/h)=	21.19	21.83	21.95	19.42	19.97	19.03	22.10	22.99	22.17	20.52	18.31	18.01

Ref. Elaboración propia

TABLA N° 8. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°5.

ACCESO 5 (Panamericana hacia el centro de la ciudad)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	5.88	6.35	6.81	7.43	7.22	7.04	6.90	6.66	6.43	6.61	6.34	7.02
Día 2	6.48	6.21	6.13	5.92	6.39	6.11	5.26	6.87	5.20	6.17	4.99	4.95
Día 3	6.27	6.26	6.87	6.62	6.75	6.73	5.02	5.05	6.38	6.58	6.33	6.15
Día 4	6.24	6.42	6.09	7.12	5.50	4.93	5.68	5.38	6.05	7.15	6.66	6.33
Día 5	6.49	6.60	5.79	6.62	7.08	7.13	3.82	3.87	5.76	4.40	5.25	4.80
Día 6	5.87	6.44	6.89	7.55	7.22	7.09	7.17	6.64	6.41	6.35	6.51	7.09
Día 7	6.17	6.08	7.22	7.02	7.47	4.56	5.77	6.62	4.96	6.29	6.25	5.16
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	6.20	6.34	6.54	6.90	6.80	6.23	5.66	5.87	5.88	6.22	6.05	5.93
DESVIACION ESTANDAR=	0.25	0.17	0.53	0.56	0.68	1.08	1.14	1.13	0.60	0.86	0.65	0.96
RANGO (prom - desv)=	5.95	6.17	6.01	6.34	6.13	5.15	4.52	4.74	5.28	5.36	5.40	4.96
RANGO (prom + desv)=	6.45	6.51	7.08	7.46	7.48	7.30	6.80	7.00	6.49	7.08	6.70	6.89
VELOCIDAD (m/s)=	6.23	6.34	6.56	6.96	7.02	6.82	5.43	6.20	6.21	6.40	6.42	5.88
VELOCIDAD (km/h)=	22.41	22.81	23.62	25.07	25.28	24.55	19.55	22.33	22.34	23.04	23.10	21.18

Ref. Elaboración propia

TABLA N°9. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°6.

ACCESO 6 (Paso a Desnivel)												
horas	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
Día 1	7.16	6.51	6.91	7.51	6.00	5.49	6.21	5.04	4.72	5.82	5.97	5.18
Día 2	7.54	6.90	6.84	6.36	6.17	5.26	4.97	5.56	5.76	5.54	5.38	5.86
Día 3	6.88	6.18	6.92	6.35	5.86	5.98	4.91	5.12	6.16	5.02	6.50	5.19
Día 4	7.69	6.80	5.65	5.53	6.40	6.62	5.04	5.06	5.51	5.74	6.04	5.09
Día 5	5.35	4.92	6.02	6.72	6.40	5.98	4.89	6.00	5.76	6.05	5.17	5.25
Día 6	6.63	6.51	7.52	7.53	6.21	5.39	6.52	5.14	4.76	5.75	5.88	5.17
Día 7	6.29	4.74	7.00	5.77	6.60	6.10	4.74	6.10	5.86	5.97	5.08	5.20
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	6.79	6.08	6.69	6.54	6.23	5.83	5.33	5.43	5.50	5.70	5.72	5.28
DESVIACION ESTANDAR=	0.80	0.89	0.64	0.78	0.25	0.48	0.72	0.46	0.56	0.34	0.52	0.26
RANGO (prom - desv)=	5.99	5.19	6.05	5.76	5.98	5.35	4.60	4.97	4.95	5.36	5.19	5.02
RANGO (prom + desv)=	7.59	6.97	7.33	7.32	6.49	6.31	6.05	5.89	6.06	6.04	6.24	5.54
VELOCIDAD (m/s)=	6.90	6.58	6.92	6.30	6.24	5.79	4.91	5.18	5.72	5.76	5.82	5.18
VELOCIDAD (km/h)=	24.84	23.69	24.90	22.68	22.45	20.84	17.68	18.66	20.60	20.75	20.94	18.65

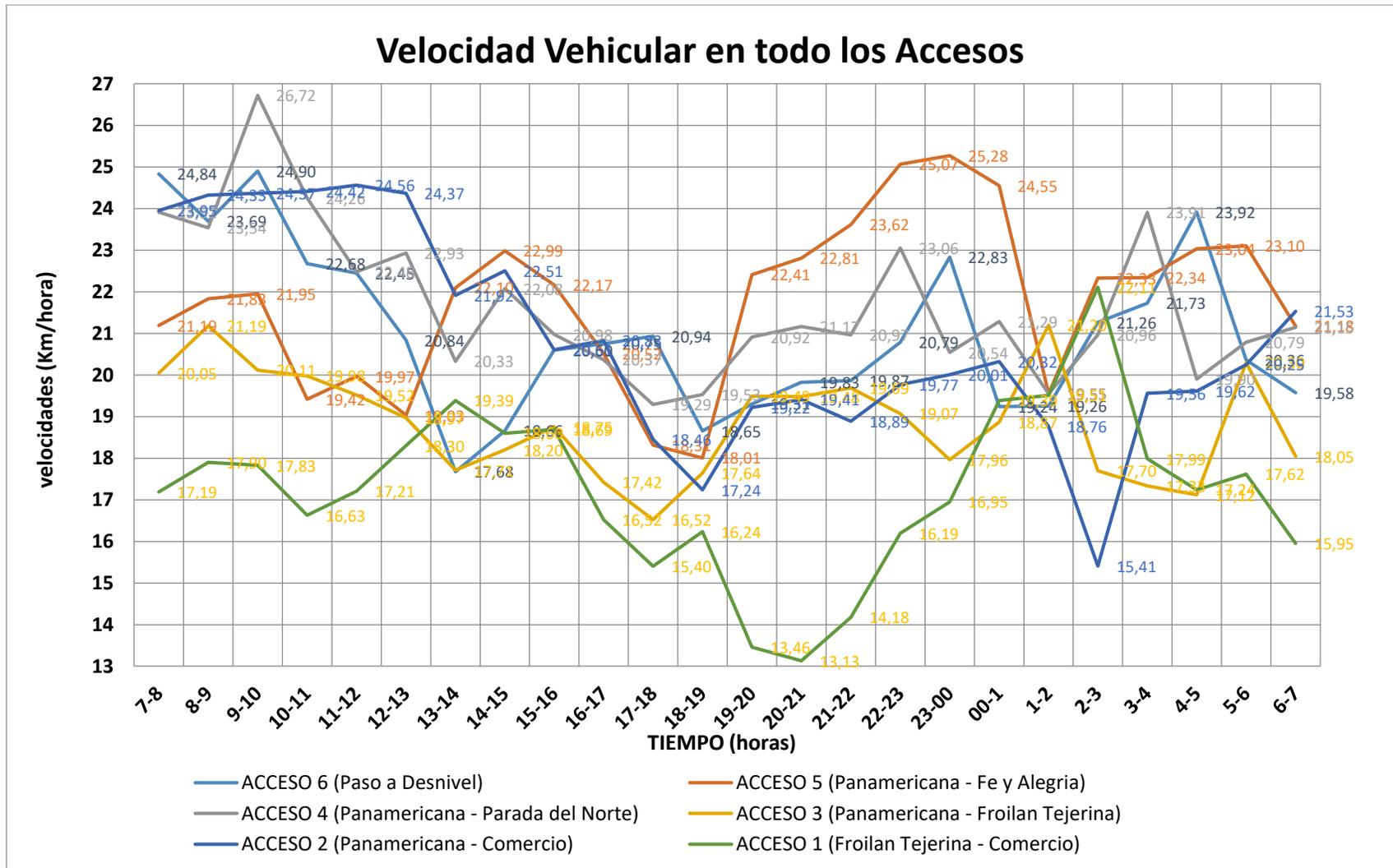
Ref. Elaboración propia

TABLA N°9. Resultados de las velocidades (km/hora).
Para las 24 horas, promedio de los 7 días, Acceso N°6.

ACCESO 6 (Paso a Desnivel)												
horas	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
Día 1	4.36	6.21	5.20	6.33	6.56	4.96	5.48	5.94	0.00	6.71	6.19	7.21
Día 2	6.02	5.50	5.03	6.06	6.75	5.00	4.72	6.00	5.55	7.01	6.47	4.95
Día 3	5.40	5.73	6.25	4.64	5.87	5.72	6.44	5.66	5.97	5.50	5.14	5.39
Día 4	5.13	4.37	5.74	5.17	6.27	6.04	6.80	6.94	7.17	7.65	0.00	6.16
Día 5	5.55	4.90	5.55	6.01	6.05	6.70	4.94	5.10	4.74	6.71	5.41	4.85
Día 6	4.53	6.07	5.37	6.04	6.56	5.01	5.45	6.03	6.14	6.36	6.18	6.80
Día 7	6.02	5.35	5.74	5.58	4.62	4.56	5.52	5.11	6.65	6.44	4.55	5.25
PROM. VELOCIDAD (m/s)=	5.29	5.45	5.55	5.69	6.10	5.43	5.62	5.83	5.17	6.62	4.85	5.80
DESVIACION ESTANDAR=	0.66	0.65	0.40	0.60	0.72	0.75	0.75	0.63	2.41	0.66	2.24	0.93
RANGO (prom - desv)=	4.63	4.80	5.15	5.09	5.37	4.67	4.87	5.19	2.76	5.97	2.60	4.87
RANGO (prom + desv)=	5.95	6.10	5.96	6.29	6.82	6.18	6.38	6.46	7.58	7.28	7.09	6.73
VELOCIDAD (m/s)=	5.36	5.51	5.52	5.77	6.34	5.35	5.35	5.91	6.04	6.64	5.66	5.44
VELOCIDAD (km/h)=	19.31	19.83	19.87	20.79	22.83	19.24	19.26	21.26	21.73	23.92	20.36	19.58

Ref. Elaboración propia

Gráfica N° 8 Velocidad Vehicular de los accesos en estudio.



Ref. Elaboración propia

3.4.3. Densidad Vehicular

- **Levantamiento de datos**

Teniendo ya los resultados de los parámetros que se necesitan, volumen (vehículo por hora), y velocidad (km por hora), se hace uso de los mismos como datos para obtener la densidad vehicular (vehículo por km).

- **Trabajo en Gabinete con los Datos obtenidos**

Para determinar la cantidad de vehículos que transita por cada uno de los accesos en unidad de longitud es necesario hacer el uso de la relación (ecuación N°5):

$$densidad\ vehicular = \frac{volumen}{velocidad} = (vehiculo\ por\ Km)$$

Por ejemplo: **Acceso 1= (7:00 a 8:00 horas)**

$$densidad\ vehicular = \frac{24}{17.19} = 1.39\ vehiculo/Km$$

Y de esta manera se debe calcular la densidad vehicular para cada una de las 24 horas de los 7 días de aforo en los diferentes accesos. Los demás datos se encuentran en el Anexo N°3.

- **Resultados**

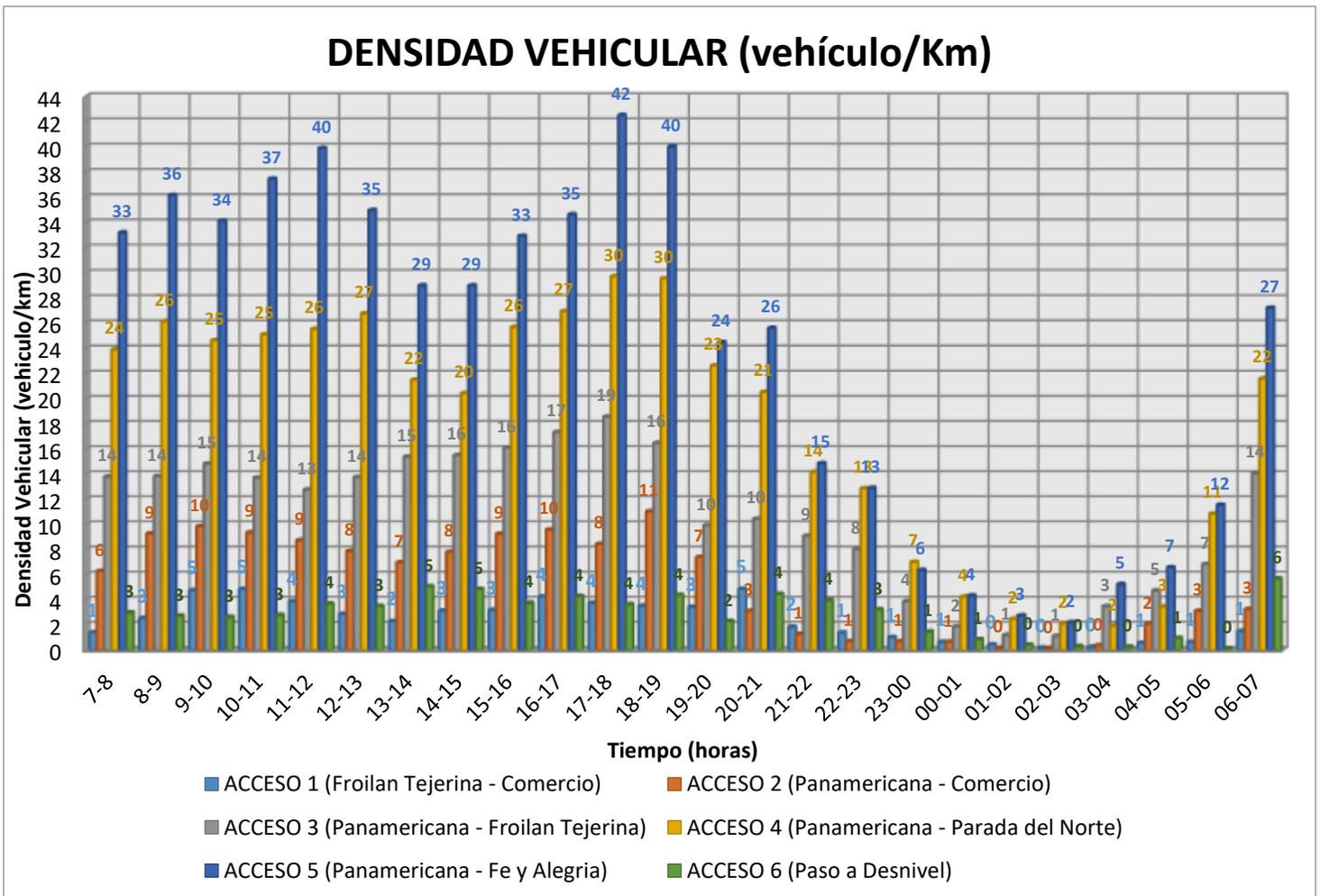
Tabla N° 10 Resultados de la densidad vehicular (vehículo/km)

(horas)	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19
ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)												
	1	3	5	5	4	3	2	3	3	4	4	4
ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)												
	6	9	10	9	9	8	7	8	9	10	8	11
ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)												
	14	14	15	14	13	14	15	16	16	17	19	16
ACCESO 4 (Panamericana dirección al Norte)												
	24	26	25	25	26	27	22	20	26	27	30	30
ACCESO 5 (Panamericana dirección al centro de la ciudad)												
	33	36	34	37	40	35	29	29	33	35	42	40
ACCESO 6 (Paso a Desnivel)												
	3	3	3	3	4	3	5	5	4	4	4	4
(horas)	19-20	20-21	21-22	22-23	23-00	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07

ACCESO 1 (Froilán Tejerina - Comercio)											
3	5	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1
ACCESO 2 (Panamericana - Comercio)											
7	3	1	1	1	1	0	0	0	2	3	3
ACCESO 3 (Panamericana - Froilán Tejerina)											
10	10	9	8	4	2	1	1	3	5	7	14
ACCESO 4 (Panamericana dirección al Norte)											
23	21	14	13	7	4	2	2	2	3	11	22
ACCESO 5 (Panamericana dirección al centro de la ciudad)											
24	26	15	13	6	4	3	2	5	7	12	27
ACCESO 6 (Paso a Desnivel)											
2	4	4	3	1	1	0	0	0	1	0	6

Ref. Elaboración propia

Gráfica N° 9 Densidad Vehicular de los accesos en estudio.



Ref. Elaboración propia

3.4.4. Capacidad y Nivel de Servicio

- **Procedimiento**

De acuerdo al manual de capacidad de la administración federal de caminos de EEUU, debido a que su estudio de capacidad es base en los muchos países de América, se hace uso de su metodología para la determinación de la capacidad de nuestra zona en estudio.

Este estudio de la capacidad vial se orienta en la investigación de las condiciones de operación de las mismas, lo cual nos permite determinar el nivel de servicio.

El cálculo de la capacidad y de los niveles de servicio de las distintas calles de la zona en estudio, está sumergido dentro del caso capacidad en vías interrumpidas, lo cual da lugar a realizar el estudio tomando en cuenta el primer y tercer caso de la capacidad practica según la teoría para obtener la capacidad real de cada acceso.

- **Trabajo en Gabinete con los datos obtenidos**

Para el cálculo de la Capacidad se cuenta con ábacos (*Abaco N°1 Capacidad vías interrumpidas dos accesos* y *Abaco N°2 Capacidad vías interrumpidas un acceso*), que surgen de la experiencia americana, que en función del ancho de acceso y de las condiciones de la situación de cada calle nos permite obtener la capacidad teórica.

El siguiente cálculo es el de la capacidad práctica, que es el factor de ajuste por la capacidad teórica, este factor de ajuste es el 10% más bajo de la capacidad teórica.

Haciendo uso de los factores de reducción (factor de reducción por vehículos pesados, por giros a la izquierda, por giros a la derecha, y factor de reducción por paradas) según sus condiciones, se calculara la Capacidad Real, multiplicando la Capacidad Practica por los factores ya mencionados.

$$Capacidad_{Practica} = Capacidad_{Teorica} * Factor_{ajuste}$$

$$Capacidad_{Real} = Capacidad_{Practica} * Factores_{Reduccion}$$

$$Capacidad_{Real} = Capacidad_{Practica} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

El cálculo de capacidad se realiza para cada acceso.

El Nivel de Servicio, al igual que la capacidad se calcula para cada acceso de la zona en estudio.

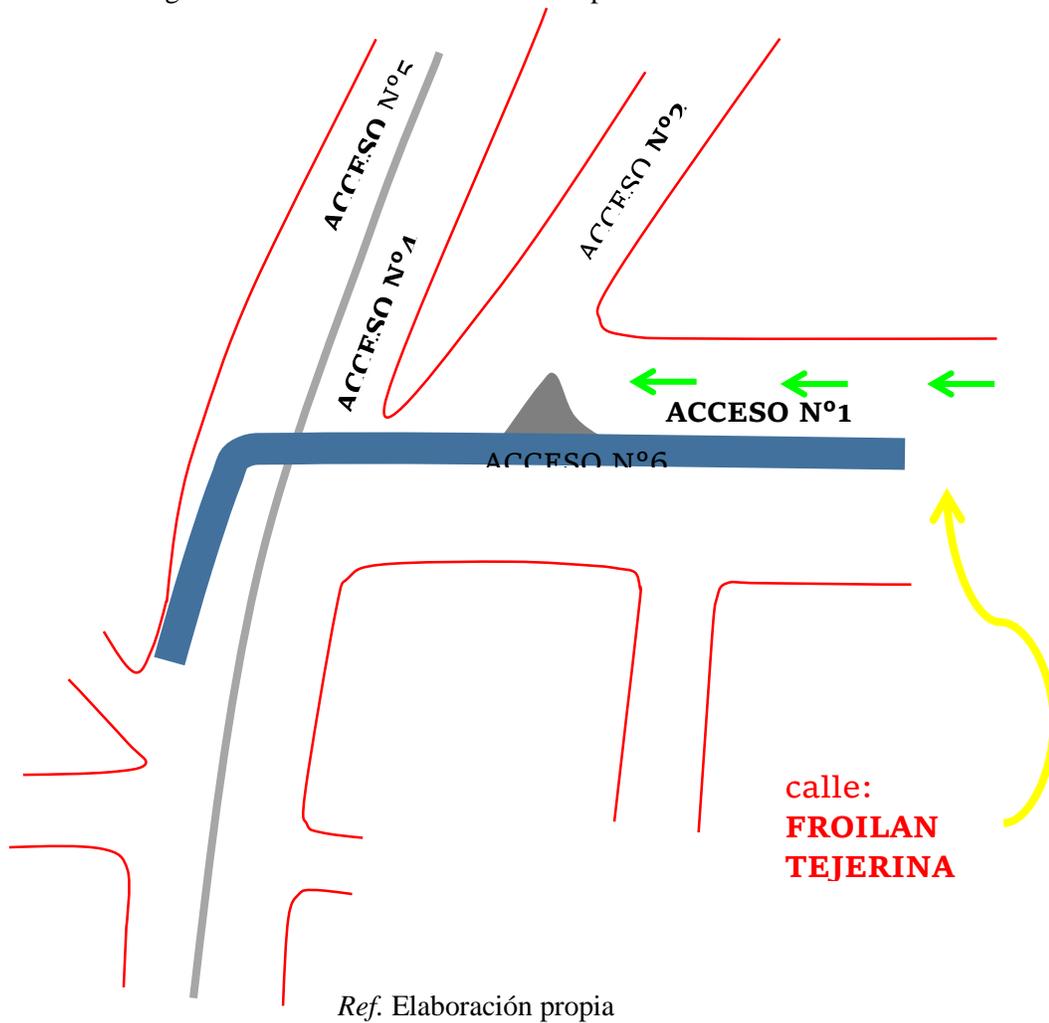
Haciendo uso de la relación volumen/capacidad real, se obtiene la valoración (índice de congestamiento) del Nivel de Servicio.

Entonces de esa manera con el índice de congestión haciendo uso de la tabla N°2. (Niveles de Servicio en función al índice de congestión) podemos indicar el Nivel de Servicio actual de cada uno de los accesos del Mercado Campesino donde se encuentra el Paso a Desnivel.

- **Cálculos y Resultados**

Calle: Froilán Tejerina

Imagen N°45. Calzada del Acceso N° 1 para el Nivel de Servicio.



Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 8.85 m

Ancho de acceso: 8.85m – 1.8m (estacionamiento): 7.05 m

Alrededores de la Zona Central, zona comercial suburbana: *Estacionamiento a la derecha*
(Condición 4)

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°1; entonces obtenemos:

$$Capacidad_{TEORICA} = 1350 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 1215 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

% Giros Derecha = 90%

$$f_{GD} = 0.2$$

Factor de Reducción por Paradas:

Por paradas antes de la interseccion, reducir = 10%

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 218 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 218 veh/hr

Volumen vehicular: 39 veh/hr

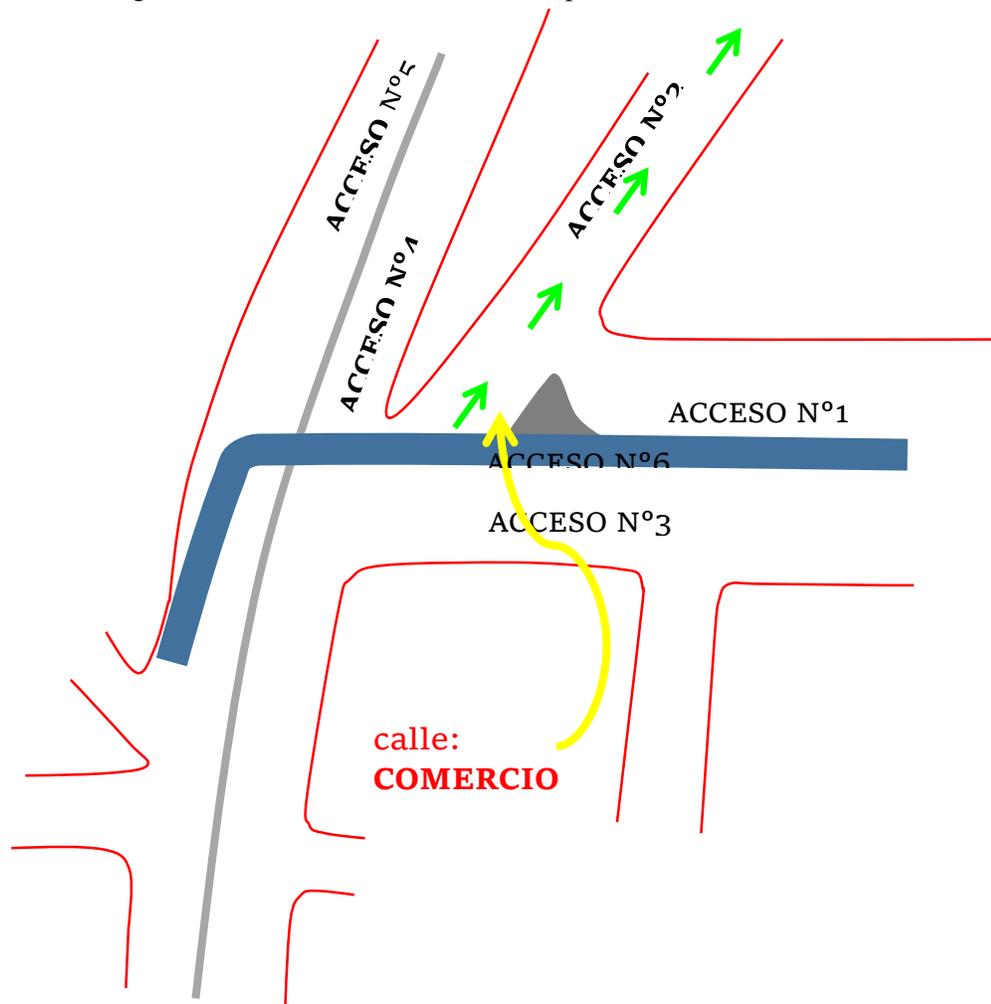
$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

$$Indice \ de \ Congestionamiento = 0.18$$

$$Nivel \ de \ Servicio = C$$

Calle: Comercio

Imagen N°46. Calzada del Acceso N° 2 para el Nivel de Servicio.



Ref. Elaboración propia

Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 7m

Ancho de acceso: 7 m – 1.8m (estacionamiento): 5.2 m

Alrededores de la Zona Central: *Estacionamiento a la derecha*
(Condición 2)

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°2; entonces obtenemos:

$$Capacidad_{TEORICA} = 665 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 598 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

$$\% \text{ Giros Derecha} = 0\%$$

$$f_{GD} = 1$$

Factor de Reducción por Paradas:

$$\text{Por paradas antes de la interseccion, reducir} = 10\%$$

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 538 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 538 veh/hr

Volumen vehicular: 115 veh/hr

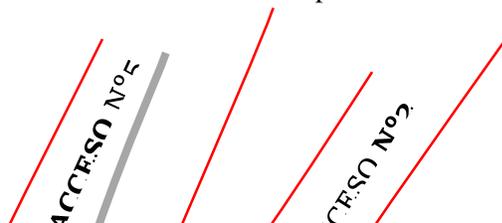
$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

$$Indice \ de \ Congestionamiento = 0.21$$

$$Nivel \ de \ Servicio = C$$

Calle: Froilán Tejerina

Imagen N°47. Calzada del Acceso N° 3 para el Nivel de Servicio.



Ref. Elaboración propia

Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 5.85 m

Ancho de acceso: 5.85m

Alrededores de la Zona Central: *Estacionamiento prohibido*
(Condición 3)

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°1; entonces obtenemos:

$$Capacidad_{TEORICA} = 1014 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 912 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

$$\% \text{ Giros Derecha} = 0\%$$

$$f_{GD} = 1$$

Factor de Reducción por Paradas:

Por paradas antes de la interseccion, reducir = 10%

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 820 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 820 veh/hr

Volumen vehicular: 201 veh/hr

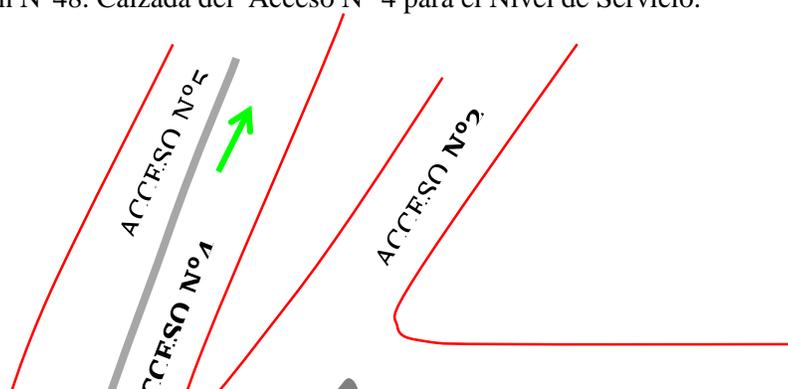
$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

$$Indice \ de \ Congestionamiento = 0.25$$

$$Nivel \ de \ Servicio = C$$

Avenida: Panamericana

Imagen N°48. Calzada del Acceso N° 4 para el Nivel de Servicio.



Ref. Elaboración propia

Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 10.9 m

Ancho de acceso: 10.9m – 1.8m (estacionamiento): 9.1 m

Alrededores de la Zona Central, zona comercial suburbana: *Estacionamiento a la derecha
(Condición 4)*

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°1; entonces obtenemos:

$$Capacidad_{TEORICA} = 1775 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 1597 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

$$\% \text{ Giros Derecha} = 0\%$$

$$f_{GD} = 1$$

Factor de Reducción por Paradas:

$$\text{Por paradas antes de la interseccion, reducir} = 10\%$$

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 1437 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 1437 veh/hr

Volumen vehicular: 391 veh/hr

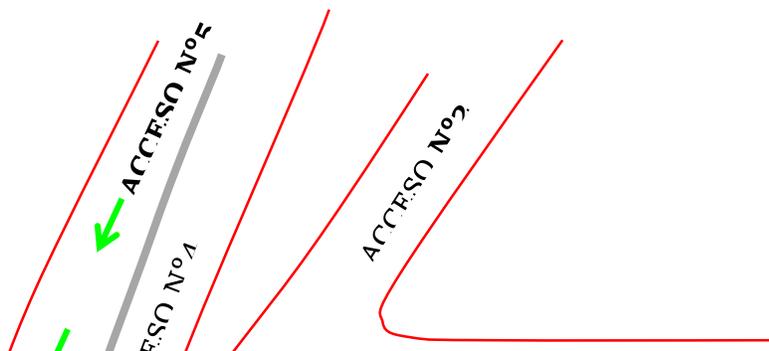
$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

$$Indice \ de \ Congestionamiento = 0.27$$

$$Nivel \ de \ Servicio = C$$

Avenida: Panamericana

Imagen N°49. Calzada del Acceso N° 5 para el Nivel de Servicio.



Ref. Elaboración propia

Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 7.26 m

Ancho de acceso: 7.26m – 1.8m (estacionamiento): 5.46 m

Alrededores de la Zona Central, zona comercial suburbana: *Estacionamiento a la derecha
(Condición 4)*

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°1; entonces obtenemos:

$$\text{Capacidad}_{TEORICA} = 1100 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 990 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

$$\% \text{ Giros Derecha} = 0\%$$

$$f_{GD} = 1$$

Factor de Reducción por Paradas:

Por paradas antes de la interseccion, reducir = 10%

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 891 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 891 veh/hr

Volumen vehicular: 499 veh/hr

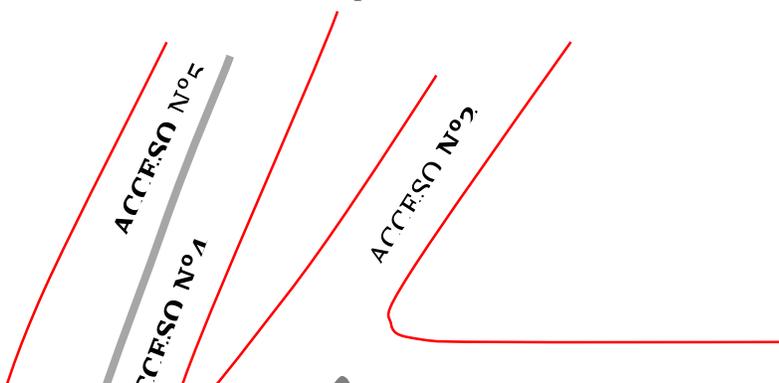
$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

$$Indice \ de \ Congestionamiento = 0.56$$

$$Nivel \ de \ Servicio = D$$

Paso a Desnivel

Imagen N°50. Calzada del Acceso N° 6 para el Nivel de Servicio.



Ref. Elaboración propia

Datos.-

N° de sentidos: 1

Ancho de calzada total: 4.45 m

Ancho de acceso: 4.45 m

Zona Central: *Estacionamiento a la derecha (Condición 1)*

Con los siguientes datos obtenidos, introducimos el ancho del acceso al Abaco N°1; entonces obtenemos:

$$Capacidad_{TEORICA} = 1233 \text{ veh/hr}$$

Determinación de la Capacidad Práctica:

$$Capacidad_{PRACTICA} = Capacidad_{TEORICA} * 0.90$$

$$Capacidad_{PRACTICA} = 1109 \text{ veh/hr}$$

Factores de Reducción:

Factor de Reducción por Vehículo Pesado:

$$\% \text{ Vehiculos Pesados} = 0\%$$

$$f_{vp} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Izquierda:

$$\% \text{ Giros Izquierda} = 0\%$$

$$f_{GI} = 1$$

Factor de Reducción por Giros a la Derecha:

$$\% \text{ Giros Derecha} = 0\%$$

$$f_{GD} = 1$$

Factor de Reducción por Paradas:

Por paradas antes de la interseccion, reducir = 10%

$$f_{Pa} = 0.90$$

Determinación de la Capacidad Real:

$$Capacidad_{REAL} = Capacidad_{PRACTICA} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$Capacidad_{REAL} = 998 \text{ veh/hr}$$

Determinación del Nivel de Servicio:

Capacidad Real: 998 veh/hr

Volumen vehicular: 59 veh/hr

$$Indice \ de \ Congestionamiento = \frac{Volumen}{Capacidad \ Real}$$

3.4.5. Señalizaciones en la zona en estudio

La presencia de señalizaciones en la zona del mercado Campesino es de mucha importancia para la seguridad tanto del tránsito vehicular como para el tránsito peatonal.

Actualmente cada uno de los accesos a la zona del mercado y sobre todo los accesos que se estudian para la realización de este proyecto cuentan con las siguientes señalizaciones.

- **Acceso N°1** (calle Froilán Tejerina hacia la calle Comercio)

Señalización horizontal: cuenta con líneas de separación de carriles para un solo sentido, líneas segmentadas en la calzada.

Imagen N°51. Línea segmentada en la calzada Acceso N° 1.

Ref. Elaboración propia

Señalización vertical: hay señales informativas como ser señales de Parada Vehicular y restrictivas, señales que prohíben el estacionamiento en la calle Froilán Tejerina.

Imagen N°52. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 1.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°2** (calle Comercio)

Señalización horizontal: sobre la calle Comercio no hay señalización horizontal.

Señalización vertical: sobre la calle Comercio se encuentra señales preventivas que señalan el acceso o conexión con la calle Froilán Tejerina y señales informativas, nombres de las calles.

Imagen N°53. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 2.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°3** (Ave. Panamericana - Froilán Tejerina)

Señalización horizontal: En la calle Froilán Tejerina, se observa que cuenta línea de separación de carril de un solo sentido (líneas segmentadas), cruce de peatones y línea de parada.

Imagen N°54. Líneas segmentadas Acceso N° 3.

Ref. Elaboración propia

Señalización vertical: en la avenida panamericana se cuenta con señales informativas y restrictivas; en la calle Froilán Tejerina se cuenta con señales informativas nombre de las calles y restrictivas que prohíben el estacionamiento.

Imagen N°55. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 3.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°4** (Ave. Panamericana dirección al Norte)

Señalización horizontal: sobre la avenida se cuenta con cruce de peatones, línea de parada, línea de separación de carril segmentada, línea restrictiva de cambio de carril y flechas direccionales de frente.

Imagen N°56. Señalización horizontal en el acceso N° 4.

Ref. Elaboración propia

Señalización vertical: sobre la avenida Panamericana se encuentra señales tipo informativa nombre de las calles que tienen acceso a la avenida, parada de buses y restrictiva prohibición de estacionamiento y que prohíben el cambio de carril.

Imagen N°57. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 4.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°5** (Ave. Panamericana dirección al centro de la ciudad)

Señalización horizontal: se encuentra cruces peatonales, línea de parada, línea de separaciones de carril de un solo sentido (líneas segmentadas y continuas) y líneas direccionales de frente.

Imagen N°58. Líneas segmentadas y paso de cebra Acceso N° 5.

Ref. Elaboración propia

Señalización vertical: se encuentran las señales preventivas, restrictivas que prohíben el estacionamiento e informáticas paradas de buses en la zona en estudio.

Imagen N°59. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 5.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°6** (Paso a Desnivel)

Señalización horizontal: en la calzada del paso a desnivel se observa flechas direccionales de frente que indican cual es el acceso y salida del viaducto, línea de demarcación de calzadas, flechas deflectoras que indican el cambio de dirección hacia la salida del acceso a desnivel.

Imagen N°60. Línea de demarcación de calzada y flechas deflectoras Acceso N° 6.

Ref. Elaboración propia

Señales verticales: no se observa señales verticales en lo que es el paso a desnivel, pero si antes de su acceso y salida del mismo, también se encuentran señales informativas y restrictivas al acceso del mismo y preventivas antes de cruzar por debajo del puente.

Imagen N°61. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 6.

Ref. Elaboración propia

Imagen N°61. Señales informativas y restrictivas Acceso N° 6.

Ref. Elaboración propia

Cada una de las señalizaciones ya mencionadas se las puede observar en el plano de referencia que se encuentra en el anexo N°4.

3.4.6. SemafORIZACIÓN EN LA ZONA EN ESTUDIO

- **Acceso N°1** (Froilán Tejerina hacia la calle Comercio)

En la calle Froilán Tejerina, no hay ningún tipo de semáforo en la zona que se estudia para realizar este proyecto.

- **Acceso N°2** (Comercio)

En la intersección de la avenida Panamericana con la calle Comercio no hay ningún tipo de semaforización.

- **Acceso N°3** (Ave. Panamericana - Froilán Tejerina)

En la intersección de la avenida Panamericana con la calle Froilán Tejerina no hay ningún tipo de semaforización.

Pero en la calle Froilán Tejerina entre la calle México si se encuentra instalado un semáforo vehicular. Con la siguiente distribución de tiempos: (verde-amarillo-rojo)

Rojo: 28 segundos

Amarillo: 2 segundos

Verde: 15 segundos

Imagen N°62. Semáforo vehicular en el Acceso N° 3.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°4** (Ave. Panamericana dirección al Norte)

Sobre la avenida Panamericana que tiene sentido hacia el Norte si se cuenta con un semáforo vehicular a 100 metros antes de llegar al paso a desnivel. Con un orden de luces verde-amarillo-rojo y la siguiente distribución de tiempo:

Rojo: 25 segundos

Amarillo: 3 segundos

Verde: 25 segundos

Pasando unos 50 metros aproximadamente del paso a desnivel nos encontramos nuevamente con un semáforo vehicular esta vez acompañado con un semáforo peatonal.

Semáforo vehicular:

Rojo: 16 segundos

Amarillo: 3 segundos

Verde: 25 segundos

Semáforo peatonal:

Rojo: 31 segundos
Verde: 12 segundos

Imagen N°63. Semáforo vehicular y peatonal en el Acceso N° 4.

Ref. Elaboración propia

- **Acceso N°5** (Ave. Panamericana dirección al centro de la ciudad)

Sobre la avenida Panamericana que tiene dirección al centro de la ciudad si se cuenta con un semáforo vehicular y un semáforo peatonal a unos 50 metros aproximadamente del paso a desnivel.

Semáforo vehicular:

Rojo: 15 segundos
Amarillo: 3 segundos
Verde: 25 segundos

Semáforo peatonal:

Rojo: 31 segundos
Verde: 12 segundos

A una distancia de 100 metros después del paso a desnivel se cuenta con otro semáforo vehicular que restringe tanto al deslizamiento de vehículos para este carril de la avenida y los que salen del paso a desnivel. Con la siguiente distribución de tiempo:

Rojo: 16 segundos
Amarillo: 3 segundos
Verde: 25 segundos

Imagen N°64. Semáforo vehicular y peatonal en el Acceso N° 5.

- **Acceso N°6** (Paso a Desnivel)

No se cuenta con ningún tipo de semaforización de lo que es el trayecto del paso a desnivel.

Cada una de las señalizaciones ya mencionadas se las puede observar en el plano de referencia que se encuentra en anexos N°4.

3.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.5.1. Análisis de los resultados – volúmenes vehiculares

El estudio de volúmenes de tráfico vehicular tiene como objetivo el de encontrar valores que representen las características actuales de cada acceso que compone la zona del mercado Campesino donde se ubica el paso a desnivel, para ello usando métodos manuales, con volúmenes promedios horarios se obtuvieron los diferentes resultados, que nos deriva lo siguiente:

- Un vez conocido los volúmenes en todas las calles que comprenden la zona en estudio se procede a identificar los distintos flujos de tráfico: El flujo máximo está constituido de la siguiente manera: acceso N°5 Panamericana hacia el centro de la ciudad, seguido por el acceso N°4 Panamericana hacia el norte. Los demás accesos presentan volúmenes por debajo de los mencionados.

Tabla N°11. Detalle de Volúmenes Máximos Horarios.

Accesos	Volumen Vehicular (veh/hr)	Hora
Panamericana hacia el centro de la ciudad	796	11:00-12:00
Panamericana hacia el Norte	659	9:00-10:00
Panamericana hacia Froilán Tejerina	307	17:00-18:00
Panamericana hacia Comercio	240	9:00-10:00

Paso a Desnivel	111	6:00-7:00
Froilán Tejerina hacia Comercio	85	9:00-10:00

Ref. Elaboración propia

- Los valores que se representan en la tabla anterior, son los volúmenes máximos del promedio de las 24 horas de aforo en los 7 días, entonces estos son los volúmenes de demanda o volúmenes de la situación más crítica que se presentan en la actualidad.
- Según los resultados demostrados en las gráficas de volumen vehicular, se producen mayores cantidades de volúmenes en horas de la mañana para todos los accesos, teniendo una disminución a horas después del medio día para luego aumentar su intensidad después de media tarde.
- Se verifica en los datos en el anexo N°1 que los días viernes y sábados se registra mayor movimiento vehicular.
- La variación en los días hábiles tienen muy poca variación en lo que se refiere el volumen vehicular.
- Según el número del tipo de vehículos, el porcentaje mayor de vehículos que transitan son los livianos, seguidos por los vehículos medianos, por lo cual el porcentaje de vehículos pesados es el menor, esto ocurre para todos los accesos en estudio.
- La gráfica N°6 muestra la cantidad de vehículos por hora para el acceso del paso a desnivel, con el cual se sabe que el flujo vehicular no es de grandes cantidades, pero que si ha favorecido en la disminución del tránsito de vehículos en la calle Froilán Tejerina y Comercio.

3.5.2. Análisis de los resultados – velocidad vehicular

- Se hizo uso de la Velocidad de Punto para la realización de este proyecto, porque se mide el tiempo de una distancia en la cual se cree que el vehículo va a deslizarse sin alguna interferencia de demora, es decir que el vehículo tiene un flujo libre, el tiempo que se necesita para la estimación de la velocidad ($V=d/t$), se mide en una sección de la calle, esta sección o distancia mediada es un dato conocido (25m), con una buena visibilidad para cronometrar el tiempo en el preciso instante del paso del vehículo por

el punto, se tendrán los datos necesarios para la estimación de la velocidad con la cual llegan los vehículos a cada uno de los accesos. Existen otros conceptos para el cálculo de la velocidad como ser: Velocidad de Recorrido, que es el resultado de dividir la distancia recorrida desde el principio y fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla; tomando en cuenta toda las demoras operacionales. La Velocidad de Crucero, es la relación de la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, se descuenta del tiempo los lapsos que el vehículo estuvo detenido por cualquier causa.

Entonces, con los conceptos de las diferentes velocidades, se tomó la decisión de usar la Velocidad en Punto, pues nos arroja las velocidades de llegada a los accesos, es mucho más fácil la obtención de los datos, debido a que hay menos limitaciones, como ser la visibilidad para medir el tiempo y aplicar la velocidad de recorrido y la de crucero, la zona es comercial, hay un número significativo de vehículos a diferentes horas del día, también se necesita de mayor número de personal para medir el tiempo en que el vehículo se ha detenido para el dato necesario del tiempo de la velocidad de crucero.

- Una vez calculadas las velocidades con la cual se deslizan los vehículos, se identifica lo siguiente: que la velocidad máxima alcanzada en los días de aforo en el acceso N°4 y la menor velocidad se identifica en el acceso N°1. los demás accesos se encuentran estándar a la mayor y menor velocidad calculada.

Tabla N°12. Detalle de las Velocidades Máximas Horario.

Accesos	Velocidad Vehicular (km/hr)	Hora
Panamericana hacia el Norte	26.72	9:00-10:00
Panamericana hacia el centro de la ciudad	25.28	23:00-00:00
Paso a Desnivel	24.90	9:00-10:00
Panamericana hacia Comercio	24.56	12:00-13:00
Froilán Tejerina hacia Comercio	22.11	2:00-3:00
Panamericana hacia Froilán Tejerina	21.20	1:00-2:00

Ref. Elaboración propia

- Con las velocidades obtenidas para los seis accesos se observa que no varían mucho de la una a la otra.

- Los factores que impiden que se alcancen velocidades más elevadas son varias son varios, pero entre las principales se encuentran el embotellamiento constante, el estacionamiento de vehículos, la detención de los vehículos públicos para el ascenso y descenso de pasajeros, también el transporte público debido a su labor circula a velocidad es bajas limitando de esta manera la velocidad de los vehículos que vienen detrás de estos, la descarga de mercadería de los comerciantes causan pausas significativas en el deslizamiento o congestiónamiento.
- Como es una zona comercial, los choferes deben moderar la velocidad en la que se trasladan ya que en elevada velocidad resulta muy dificultoso maniobrar o frenar el vehículo para evitar algún tipo de accidente, es el motivo por el cual que su velocidad es limitada en toda la zona.

3.5.3. Análisis de los resultados – densidad vehicular

- Con los resultados obtenidos al usar la relación volumen /velocidad obtuvimos la cantidad de vehículos por kilómetro de cada acceso:

Tabla N°13. Detalle de la Densidad Vehicular.

Accesos	Densidad Vehicular (veh/Km)	Hora
Froilán Tejerina hacia Comercio	5	9:00-10:00 10:00-11:00
Panamericana hacia Comercio	11	18:00-19:00
Panamericana hacia Froilán Tejerina	19	17:00-18:00
Panamericana hacia el Norte	30	17:00-18:00 18:00-19:00
Panamericana hacia el centro de la ciudad	42	17:00-18:00
Paso a Desnivel	6	6:00-7:00

Ref. Elaboración propia

- Con la tabla anterior comprobamos que existe mayor densidad en el acceso N°5, debido al considerable volumen y limitada velocidad, es por ello el resultado.
- La menor densidad se identifica en el acceso N°1, ya que el volumen es el menor de todos los accesos considerados.

- La mayor densidad se encuentra en horas de la mañana.

3.5.4. Análisis de los resultados – capacidad vehicular y nivel de servicio

El estudio de la capacidad en los accesos de la zona en estudio, se orienta a la investigación de las condiciones de operación de los mismos.

Se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de las capacidades de las calles de la zona.

Tabla N°14. Detalle de la Capacidad y Nivel de Servicio.

Accesos	Capacidad Real (veh/hr)	Índice de congestamiento	Nivel de Servicio
Froilán Tejerina hacia Comercio	218	0.18	C
Panamericana hacia Comercio	538	0.21	C
Panamericana hacia Froilán Tejerina	820	0.25	C
Panamericana hacia el Norte	1437	0.27	C
Panamericana hacia el centro de la ciudad	891	0.56	D
Paso a Desnivel	998	0.06	A

Ref. Elaboración propia

- Como se observa en la tabla anterior los accesos N° 1, 2,3 y 4; cuentan con un nivel de servicio C, lo cual tiene una descripción de flujo estable con demoras aceptables.

En el caso del acceso N°1 que es la calle Froilán Tejerina dirigida a la Comercio, como lo indica el nivel de servicio tienen un flujo vehicular estable, pese a el ancho considerable de su calzada el estacionamiento que usan a ambos lados de la calle reduce el ancho efectivo de la vía. Otro de los motivos que causa demoras considerables es el uso de la calzada por los comerciantes del mercado campesino también esto limita los adelantamientos, velocidades inferiores.

El acceso N°2 que es la unión de la avenida Panamericana con la calle Froilán Tejerina debido a que se realizan considerables descargas de mercadería, productos,

etc., en los accesos al mercado causan demoras al tránsito, provocando congestionamientos, el ancho del acceso quedas limitado por los estacionamientos y los usos de los comerciantes de gran parte de la calzada.

El acceso N°3 que se considera a la avenida Panamericana con la calle Froilán Tejerina, está limitada de adelantamientos y cambios de carril sobre la avenida a diferencia sobre la calle Froilán Tejerina, ambas sufren de demoras debido a que transitan un número considerable de transporte público el cual hace sus paradas reduciendo la velocidad y por lo tanto la fluidez vehicular.

El acceso N°4, avenida Panamericana en dirección al Norte, al igual que el anterior acceso queda limitado de adelantamiento y cambio de carril llegando a la unión de los accesos 2 y 3; en este acceso cabe notar que la falta de fluidez en el acceso causa que no se alcance los valores de su capacidad de diseño.

El acceso N°5, que es la avenida Panamericana en dirección al centro de la ciudad a diferencia de los anteriores accesos tienen un nivel de servicio D, lo cual indica que esta próximo al flujo inestable con demoras tolerables, debido a los cambios bruscos de la intensidad la maniobrabilidad queda restringida e imprevistos de cambio de velocidad. Resulta que son pocos los accesos que hay para los vehículos que vienen del norte de la ciudad, es por ello que es considerable el flujo vehicular haciendo que el espaciamiento sea mínimo.

El acceso N°6, que es considerado el paso a desnivel, cuenta con un nivel de servicio A, su calzada es de un acceso con intensidad de tráfico baja y velocidades más o menos altas.

3.5.5. Observación y análisis de las señalizaciones y semaforización

Con la observación y descripción de la señalización y semaforización en cada uno de los accesos en la zona en estudio en páginas anteriores, se tiene la siguiente observación:

- Para las señales horizontales, se debería tratar de mantener el color de las señales que están pintadas sobre el asfalto, así de esta manera resulta una mejor visión de estas a cualquier hora del día. Por ejemplo en la calle Comercio no se ve ningún tipo de señal horizontal. En las demás calles por ejemplo el paso de cebra y líneas segmentadas tienen poca visibilidad, las líneas deflectoras en el paso a desnivel.

Imagen N°65. Señales horizontales poco visibles.

Ref. Elaboración propia

- Las señales informativas, preventivas y restrictivas existen en las diferentes calles, pero por lo que se pudo observar no hay una buena educación de los conductores ni peatones. Estacionan sus movibilidades en lugares prohibidos, pese a que no está permitido caminar por el acceso del paso a desnivel las personas hacen uso de este sin tomar en cuenta el peligro que corren, estacionan sus motocicletas justamente en el acceso del paso a desnivel, causando de esta manera la poca transitabilidad a este.

Imagen N°66. Señales informativas, preventivas y restrictivas.

Ref. Elaboración propia

- La semaforización que está implementada en la zona, es de mucha importancia, ya que antes de la construcción del paso a desnivel con el acceso para peatones en el mismo, era muy inseguro cruzar las calles, el semáforo de peatones resulta muy efectivo al cruzar la avenida Panamericana.

3.6. PROYECCIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS PARAMETROS DE LA INGENIERIA DEL TRAFICO

Como se dio a conocer en el Capítulo I, se realizara una comparación del flujo vehicular, haciendo uso de los resultados de un proyecto que se realizó años posteriores a la realización de esta aplicación.

Tabla N°15. Parámetros del Tráfico Vehicular del año 2002

Año: 2002			
Accesos	Volumen veh/hr	Velocidad Km/hr	Densidad veh/km
Froilán Tejerina =	153	23.70	9
Comercio =	297	18.56	21
Froilán Tejerina =	217	25	16
Av. Panamericana=	203	33	26
Av. Panamericana=	319	34	34

3.6.1. Análisis de la comparación de los parámetros del tráfico vehicular

❖ Volumen

Para la proyección de los volúmenes del año 2002 al año 2017, se hará uso del método de crecimiento exponencial, que mejor se ajuste para este tipo de datos, la fórmula es la siguiente:

Ecuación N° 6. Volumen Vehicular Actual.

Donde.-

V_a = Volumen Vehicular actual

V_n = Volumen Vehicular anterior

i = índice de crecimiento anual de tráfico vehicular

n = número de años para los que se hace la proyección

Usando el índice de crecimiento de 7.6%, que fue el que se usó en el proyecto del que se obtuvo los volúmenes. Se tienen los siguientes resultados:

Tabla N°16. Volumen Vehicular de los años 2002 y 2017.

Accesos	VOLUMEN MÁXIMO HORARIO (veh/hr)	
	Año	Año (actual)
	2002	2017
Froilán Tejerina =	153	459
Comercio =	297	891
Froilán Tejerina =	217	651
Av. Panamericana=	203	609
Av. Panamericana=	319	957
Paso a desnivel=	-	-

Ref. Elaboración propia

Con los datos ya proyectados a la actualidad, se realiza la comparación con los volúmenes que fueron aforados para la realización de este proyecto, identificándolos como Proyecto 1 al que se realizó en el año 2002 y Proyecto 2 el que se realiza actualmente.

Tabla N°17. Comparación de los Volúmenes Vehiculares.

Accesos	VOLUMEN MÁXIMO HORARIO (veh/hr)	
	Proyecto 1	Proyecto 2
Froilán Tejerina - Comercio =	459	85
Comercio =	891	240
Froilán Tejerina =	651	307
Av. Panamericana hacia el Norte =	609	659
Av. Panamericana hacia el centro =	957	796
Paso a desnivel =	-	85

Ref. Elaboración propia

Según los resultados se observa lo siguiente:

- Según la comparación de los resultados de la proyección y aforo de volúmenes actuales cabe notar que los volúmenes actuales son menores en comparación de los proyectados. Se piensa que el motivo es el aumento significativo del número de comerciantes que ha sufrido el mercado del campesino, debido a la falta de cabida del mismo, usan gran parte de la calzada de las calles, quitando gran parte del acceso y la capacidad del diseño de las calles.
- Con el pasar del tiempo hubo reordenamiento de la ruta de varios servicios de transporte público que hizo que cambiara la situación de los accesos de la zona, por otra parte en la calle Comercio son restringidas ciertas líneas de transporte público para disminuir la intensidad de vehículos, también por ello es la causa de la diferenciación del número vehículos.
- Entonces con la comparación de datos y con lo que refleja las cantidades de vehículos se ve que no es muy significativo el volumen que transita por el paso a desnivel, ni por la calle Froilán Tejerina que se dirige a la Comercio, que es el acceso a la estructura, pues se ve que el congestionamiento se encuentra en la avenida Panamericana. El problema que se ve en el acceso de la calle Froilán Tejerina es la falta de ordenamiento vehicular y el uso de la calzada por los comerciantes.

❖ VELOCIDAD VEHICULAR

Haciendo uso del proyecto realizado en el año 2002, las velocidades máximas son las siguientes:

Tabla N°18. Comparación de las Velocidades Vehiculares.

Accesos	VELOCIDADES MÁXIMA HORARIA (Km/hr)	
	Proyecto 1	Proyecto 2
Froilán Tejerina - Comercio =	23.70	22.11
Comercio =	18.56	24.56
Froilán Tejerina=	25	21.20
Av. Panamericana hacia el Norte =	33	26.72
Av. Panamericana hacia el centro =	34	25.28
Paso a desnivel =	-	24.90

Ref. Elaboración propia

Según los resultados se observa lo siguiente:

- Realizando la comparación entre las velocidades actuales con las anteriores, se ve que en algunos accesos las actualmente son menores, el acercamiento entre las velocidades en los accesos que se estudiaron se debe a la implementación de señalizaciones y semaforización en la zona. La implementación de señalizaciones y sobre todo la semaforización de alguna forma sirvió para que se ordenaran la transitabilidad de los vehículos y de los peatones.
- En algunos accesos las velocidades son menores actualmente, ya que la zona en estudio se ha vuelto mucho más comercial, la intensidad de peatones es mucho mayor, entonces el conductor debe ser precavido al transitar por la zona.

❖ DENSIDAD VEHICULAR

Haciendo uso del proyecto realizado en el año 2002, las velocidades máximas son las siguientes:

Tabla N°19. Comparación de las Densidades Vehiculares.

Accesos	DENSIDADES MÁXIMA HORARIA (veh/km)	
	Proyecto 1	Proyecto 2
Froilán Tejerina - Comercio =	9	5
Comercio =	21	11
Froilán Tejerina=	16	19
Av. Panamericana hacia el Norte =	26	30
Av. Panamericana hacia el centro =	34	42
Paso a desnivel =	-	6

Según los resultados se observa lo siguiente:

- Según la comparación, la densidad vehicular actualmente ha aumentado en los accesos que corresponde a la avenida Panamericana, debido al volumen vehicular que transita por la misma.
- Se cree el número de vehículos que circula por unidad de longitud en la calle Froilán Tejerina y por el paso a desnivel no es muy significativo. Ni tiene mucha variación respecto a la densidad del año 2002.

Después de haber realizado el análisis y comparaciones de los parámetros disponibles de la ingeniería de tráfico, se llega al punto de que el paso a desnivel está disponible para cumplir con el objeto de su construcción, sin embargo, el problema del crecimiento vehicular que se refleja con el congestionamiento en la zona, se ve según los resultados obtenidos que el problema se fija directamente en la intersección de la avenida Panamericana con las calle Froilán Tejerina y avenida Panamericana con la calle Comercio. Pues por diferentes situaciones el tránsito por la calle Froilán Tejerina que se dirige a la Comercio y que es el acceso al viaducto no es muy significativo. Entonces resulta que la situación de la problemática con la implementación del paso a desnivel no ha dado conformidad con las expectativas de su construcción, se podría decir que es porque no se realizó un estudio de tráfico actual, es decir, por falta de planificación y operación en la zona.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.CONCLUSIONES

- Se logró realizar el análisis de la situación del tráfico vehicular en la zona del Mercado Campesino –“calle Froilán Tejerina, calle Comercio y la avenida Panamericana”, como resultado de la puesta en servicio del paso a desnivel.
- Se recaudó la información teórica necesaria y suficiente para poder realizar este proyecto, se estudiaron los diferentes conceptos, formas y métodos que mejor se apegaran a la justificación del nombre que lleva esta aplicación, esta información brindo lo necesario para responder la determinación del problema.
- La selección de la norma ABC que establece como tiempo de aforo mínimo para un proyecto vial 7 días de la semana y las 24 horas del día y el método manual para el levantamiento de datos, fue la forma más adecuada y conveniente de realizar el levantamiento de datos, la cual se logró cumplir tal como es requerida.

- Con los conceptos, formas y métodos descritos en el capítulo II, se llevó a cabo el levantamiento de datos necesarios y obtener los resultados claves para el análisis de la situación del tráfico vehicular como consecuencia del puesto en servicio del paso a desnivel.
- Con los resultados obtenidos se concluye que:
- Que los volúmenes máximos registrados en el lapso de aforo es de 796 veh/hr, siendo el menor de los máximos el de 85 veh/hr.
- Con las velocidades obtenidas para los seis accesos se observa que alcanzan velocidades máximas similares, cuya causa se cree que es el sistema semaforización en la zona.
- Se analiza que la capacidad es mucho mayor que el volumen que se registra, sin embargo el nivel de servicio según sus características de circulación, se encuentran en condiciones C y D que resultan una circulación estable y casi inestable esto debido a que la zona tiene variaciones de volúmenes y velocidades a diferentes horas del día.
- El único acceso que cuenta con la característica de circulación A es el puente a desnivel, es decir tiene circulación fluida, intensidad baja y velocidades altas, solo limitadas por las condiciones físicas.
- Las señalizaciones que se ubican en la zona en estudio tienen buena ubicación, cumplen con las condiciones de diseño, la uniformidad y justificación del porque están instaladas, aunque se encuentra olvido en el mantenimiento y conservación de las señales horizontales.
- Según los resultados obtenidos realizando la proyección de los resultados y comparando los mismos con los resultados obtenidos del aforo actual, se llega a la conclusión de que el problema del tránsito que se genera en la zona del mercado Campesino en los accesos que se señalaron en el anterior capítulo, es por el crecimiento vehicular, los accesos más afectados son los que están en la avenida Panamericana con las calle Froilán Tejerina y avenida Panamericana con la calle Comercio, según resultados, mientras que la situación del tráfico de la calle Froilán Tejerina hacia la Comercio y el acceso al paso a desnivel es diferente la causa del

problema vehicular no es por falta de capacidad si no por la escasa educación vial que presentan los conductores y peatones, lo cual repercute en la ignorancia a la señalización, el estacionamiento inadecuado, la falta de respeto a las paradas de transporte público y otros.

- Como conclusión final es que el paso a desnivel no cumple con el objetivo de descongestionar la intersección de Froilán Tejerina – Comercio, por falta de un estudio de tráfico para detectar el lugar exacto del problema vehicular en la zona.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que si en lo posterior se realiza un nuevo estudio de tráfico en la zona, realizar el aforo siguiendo alguna norma el cual pueda llevarse a cabo al pie de la letra, cumpliendo con lo que establece tanto en horas y días que se indique. Así de esa manera se obtendrán datos que se requieren y confiables para el cálculo que se realizará.
- Para realizar este proyecto fue necesario trabajar con personal para la obtención de los datos, entonces se les recomienda brindar la información necesaria y correspondiente, dotar de materiales útiles planillas, cronómetros y cintas métricas, y ubicarlos en un buen lugar para que no se les dificulte la visibilidad ni incomodar a los peatones ni comerciantes.
- Implementar en el paso a desnivel señales de restricción para peatones a la entrada y salida del acceso del viaducto.
- Destinar un nuevo lugar para la feria que se realiza los días domingos sobre la calle Froilán Tejerina que se conecta con la calle Comercio, así de esa forma evitar el corte de acceso en la misma.
- Para que exista menos congestionamiento en la calle Froilán Tejerina hacia la calle Comercio, se deben prohibir que los comerciantes se ubiquen sobre dicha calzada.
- Restringir en forma temporal el estacionamiento de vehículos en calles con embotellamientos, con el propósito de aumentar la capacidad en horas pico y a la vez posibilitar el abastecimiento de insumos en horas de bajos volúmenes.