

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La ingeniería de tráfico nace hace 50 años atrás, producto de resolver el problema de tráfico con usuarios que tienen diferente comportamiento, de vehículos que han tenido avances tecnológicos muy importantes y vías que han quedado fuera del contexto debido a los trazos urbanos que mantienen su geometría desde su fundación, carreteras que no han cambiado su estructura geométrica ante los vehículos de mayor dimensión y peso.

Se ocupa de estudiar, analizar y buscar soluciones, para los peatones y conductores, vehículos públicos privados, vías carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que dé seguridad a los usuarios.

Desde hace mucho tiempo atrás la ciudad de Tarija, aumentó el índice de crecimiento vehicular y está en constante ascenso progresivo, por lo que, en algunas vías de la ciudad de un tiempo a esta parte, en el flujo vehicular se formó un problema, especialmente en horas pico, provocando congestión, accidentes, incomodidad, contaminación y demoras en el tiempo de circulación. La movilidad urbana constituye uno de los aspectos esenciales que influye directamente en el desarrollo de las diferentes actividades de una población.

El estudio de tráfico vehicular es una herramienta que permite entender cómo se comporta el sistema vial de una ciudad, analizando varios factores que inciden en el sistema de transporte a través de modelos matemáticos que permiten caracterizar el comportamiento y la circulación de vehículos en las vías, así como realizar mediciones de la eficiencia de operación del mismo. También permite identificar los puntos que hacen que el sistema vial presente problemas tal es el caso del tipo de vehículos que transitan sobre una vía, el tiempo de recorrido de la misma, la cantidad de personas por vehículo y la cantidad de vehículos que transitan por la vía, información que permite caracterizar el tránsito y detectar los principales problemas.

Estas avenidas no cuentan con un estudio de tráfico ni una adecuada señalización, lo que hace que me permita realizar “Estudio de semaforización y señalización de las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, entre la av. Julio Delio Echazú y final av. Héroes del Chaco para lograr este propósito se realizar un estudio de volúmenes, velocidad, capacidad, niveles de servicio en la vía para determinar en qué lugares se necesitará colocar señalización y semáforos con el fin de mejorar la circulación vehicular y peatonal, regulando de esta manera el tránsito y brindando mayor seguridad al peatón, conductor. No se pretende dar soluciones definitivas, pero si se plantearan opciones para el mejoramiento de los diferentes puntos de estudio, con el fin de mejorar la circulación de los usuarios de estas vías.

El aporte académico a realizarse es brindar a las autoridades municipales y a su secretaria de tránsito y transporte un proyecto que se pueda aplicar para dar solución al problema que se está estudiando. Por otra parte, brindar una referencia para los estudiantes de la universidad, como material para futuros estudios relacionados.

La realización de este proyecto tiene como relevancia social, a actores muy importantes en la sociedad como ser los conductores de los vehículos como así también los peatones, se regularía la circulación vehicular de una manera más ordenada ya que en la actualidad hay problemas en determinadas horas, por lo que se busca mejorar esas condiciones mediante este estudio.

1.2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La ciudad de Tarija, enfrenta problemas de tráfico vehicular, el cual ha incrementado a un nivel incontrolable en algunas zonas de la ciudad, debido al número de vehículos en circulación; hacen que se note ciertos problemas en diferentes lugares de la ciudad, no solo en la zona central sino en diferentes lugares como en el campesino, la zona del tejar, sino también en las calles, avenidas, barrios, intersecciones, etc.;

Donde antes no se tenía este tipo de problema de tráfico, genera conflictos especialmente en horas y días pico, corriendo el riesgo de sufrir accidentes tanto como colisiones entre vehículos, como así también atropellar peatones, por no dar una adecuada solución.

En la ciudad de Tarija, existen diferentes lugares con problemas de tráfico vehicular, en especial en puntos críticos como en las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, muchas veces estas avenidas operan arriba de su capacidad con el fin de abastecer la demanda de los servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos públicos o privados.

Lo que afecta el tráfico se debe a las siguientes condiciones de circulación que marcan un nivel de servicios nefasto:

- Tipo de vehículos que circulan por la avenida.
- Maniobras que realizan los vehículos.
- Características geométricas de la vía: pendiente, ancho de pista etc.
- Proporción de vehículos pesados en la avenida.
- Periodo del día.

Es importante entonces conocer las desventajas que tienen las avenidas para enfrentar problemas de congestión o seguridad de tránsito:

- Incremento de colisiones de vehículos en la misma dirección de circulación.
- Incremento, en la mayoría de los casos, de las demoras totales de conductores, pasajeros, y peatones, es mayor.

1.3. PROBLEMA

Formulación del problema:

¿De qué manera se puede mejorar la seguridad vial en las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, entre la avenida Julio Delio Echazú y final avenida Héroes del Chaco, de manera que se reduzcan las pérdidas económicas y humanas que son de gran impacto y peligro para los usuarios que circulan la vía?

1.3.1. Relevancia y factibilidad del problema

Las avenidas en este momento presenta un intenso tránsito en la vía con mayor presencia en algunas intercesiones de la misma, no cuenta con una adecuada señalización lo que hace que me motive a hacer un “estudio de las avenidas Héroes del Chaco y Defensores del Chaco” para así poder ver el comportamiento de dichas avenidas en sus intersecciones más críticas, el mal ordenamiento del tráfico, el estacionamiento en la vía y por ser una avenida que conecta a diferentes avenidas que causan embotellamiento en las avenidas en estudio. Para lo cual se busca el beneficio del usuario, para tener mejor circulación en dichas avenidas.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El presente “Estudio de las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco”. Es debido principalmente a que existe un incremento en el número de vehículos en circulación y las necesidades de transporte, así como una creciente complejidad estructural de la red vehicular, de modo que la ciudad de Tarija, muestra serios problemas de congestión de tráfico en sus principales vías de circulación, provocando embotellamientos, contaminación del aire, ruido, y un incremento en accidentes de tránsito.

Las avenidas en estudio presentan altos volúmenes de tráfico, además de los vehículos de transporte pesados, a lo largo de la vía hay zonas con bastante afluencia de personas ya que esta vía conecta, colegios, fabricas, mercados áreas comerciales, por lo que existe un alto riesgo para los usuarios, en una vía de esta envergadura se debe cuidar la seguridad vial, de manera que permitan mejorar el tránsito y la calidad de vida de las personas que viven o realizan sus actividades cotidianas en la zona, garantizando circulación segura confiable y agradable.

Los costos por esperar en un atasco automovilístico o en una cola formada en un semáforo, no sólo incluyen pérdida de tiempo, sino que también implican aumento de consumo del combustible, contaminación, problemas de salud, estrés, malestar, entre otros de manera que contemplemos los siguientes elementos;

- La congestión vehicular en las avenidas son las causas del trabajo, que busca dar alternativas de solución, al tráfico, a los conflictos de las diferentes intersecciones en estudio.
- El aumento del parque automotor en los últimos años es significativo en el país, lo que repercute en nuestro departamento e influye particularmente la vía a estudiar.
- Para el estudio de análisis sobre influencia del volumen del transporte público como privado en las avenidas "Defensores del Chaco y Héroe del Chaco" se debe realizar un estudio que permita conocer la situación actual respecto al volumen de tráfico.
- Por ser un tramo muy poblado se debe cuidar a los usuarios más vulnerables de la vía ya que a medida que se aumenta la velocidad, también aumenta la probabilidad de accidentes y la gravedad de sus consecuencias.

Los datos generados durante el desarrollo de la investigación, permitirán conocer cuál es el estado actual del sistema de tránsito de la intersección objeto de estudio. Esto es importante ya que se dan a conocer cuáles son los problemas en base a información real y objetiva, permitiendo además plantear solución que permitan mejorar el tránsito y la calidad de vida de las personas que viven o realizan sus actividades cotidianas en la zona, garantizando transitabilidad del flujo vehicular. El aporte será el informe del estado actual de las avenidas en estudio.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Determinar por medio de las diferentes metodologías el comportamiento actual de la circulación vehicular en las avenidas: Defensores del Chaco y Héroe del Chaco, identificar las intersecciones de mayor conflicto mediante el cual se analice las condiciones en las que se encuentran y plantear soluciones favorables a los problemas existentes, para mejorar la fluidez del tráfico vehicular, para seguridad del conductor y del peatón.

1.5.2. Objetivo específico

- Analizar los conceptos fundamentales de ingeniería de tráfico, mismo que brinda los parámetros de volúmenes de tráfico, fundamentación y metodología sobre las capacidades vehiculares, nivel de servicio, semaforización y señalización.
- Realizar el aforo de volumen de tráfico con el método manual para obtener los volúmenes de tránsito promedio horario (TPH), de cada acceso en cada intersección, a través de indicadores estadísticos.
- Determinar la capacidad vehicular y niveles de servicio en todas las intersecciones de la vía de estudio, considerando la intersección semaforizada, según los criterios del manual de carreteras (HCM) de los (EEUU). En las avenidas: Defensores del Chaco y Héroes del Chaco.
- Realizar el aforo de tiempos, por el método del cronometro, con la norma (AASTHO), para determinar la velocidad punto y velocidad de recorrido total en cada tramo de las avenidas.
- Realizar un inventario vial para identificar la situación actual en las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco
- Analizar las características geométricas y operativas de las intersecciones que componen la vía de estudio.
- Diseñar el tiempo de ciclo y fase en las intersecciones que cumplan con las condiciones básicas para la implementación de un sistema de semáforos, con la norma (AASTHO) y el manual de dispositivos de tránsito de la (ABC).
- Plantear propuestas de acciones a la problemática actual de la vía de estudio con la finalidad de mejorar la circulación vehicular.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones que permita el planteamiento.

1.6. HIPÓTESIS

Si, se aplica la correcta valoración de la seguridad vial optimizamos los tiempos de ciclo y fase de los semáforos en el tramo de las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, se logrará aumentar la capacidad y el nivel de servicio en las intersecciones de mayor conflicto.

De manera paralela estaremos brindando un mejor servicio y protegiendo al usuario en la ocurrencia de accidentes de tránsito, además de minimizar los riesgos y consecuencias de los accidentes, su continuidad y daños en los costos públicos y personales.

1.7. OPERACIÓN DE LAS VARIABLES

1.7.1. Variables independientes

Superficie de rodadura.

Volumen del tráfico vehicular.

Señalización.

Tabla N ° 1.1. Definición conceptual de variables independiente

Variables independientes	Definición conceptual	Indicador	Valor o acción
Superficie de rodadura	Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos, soporta directamente las cargas del tráfico. Compuesta por uno más carriles.	*Calzada *Bermas *Cunetas *Cordón *Alcantarillas	*Grietas *Baches *Piel de cocodrilo *Hundimientos *Exudación *Condición o estado
Volumen de tráfico vehicular	Se define como volumen de tráfico, a la cantidad de vehículos que circulan en un tramo en un determinado periodo de tiempo.	*Cantidad de vehículos *Tráfico promedio horario	Cálculo TPD en vehículos/hora
Señalización	Las señales de tráfico o tránsito son signos usados en vía pública para impartir información necesarios a los usuarios que transitan por un camino o carretera	*Señalización horizontal *Señalización vertical *Elementos de protección y seguridad	*Tipo de señal *Ubicación/ coordenadas *Condición o estado

Fuente. Elaboración propia

1.7.2. Variable dependiente

Seguridad vial.

Tabla N ° 1.2. Definición conceptual de variables dependiente

Variable Dependiente	Definición conceptual	Indicador	Valor o acción
Seguridad vial	La seguridad vial consiste en la prevención de accidentes de tránsito o la minimización de sus efectos, especialmente para la vida y salud de las personas.	*Índice de seguridad vial *Dispositivos de control de tránsito	Formulas pre establecidas de índice de seguridad vial

Fuente. Elaboración propia

1.8. DISEÑO

1.8.1. Identificación del tipo de investigación

1.8.1.1. Investigación aplicada

En este caso el objeto, es encontrar estrategias que puedan ser empleadas para el abordaje de un problema en específico. La investigación se nutre de la teoría para generar conocimientos prácticos. A través de esta investigación se puede medir ciertas variables para pronosticar comportamientos, que nos serán útiles para nuestro estudio.

1.8.2. Unidades de estudio y decisión muestral

1.8.2.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio comprende todos los estudios sobre los volúmenes y velocidades de tráfico a partir de aforos manuales, determinación de la capacidad y niveles de servicio además de la semaforización y señalización en las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco.

1.8.2.2. Área de estudio

El área de estudio son las avenidas DEFENSORES DEL CHACO Y HÉROES DEL CHACO, se tomó en cuenta 30 intersecciones que comprende todos los estudios sobre los

volúmenes y velocidades de tráfico a partir de aforos manuales.

Figura N ° 1.1. Área de estudio av. Defensores del Chaco



Fuente. Image satelital Google Earth

Figura N ° 1.2. Área de estudio av. Héroe del Chaco



Fuente. Image satelital Google Earth

1.8.2.3. Población

La población será los vehículos que circulan por la zona de estudio, específicamente en los puntos donde se realizara la recolección de datos, ya que estos servirán para realizar el análisis correspondiente para determinar una solución.

1.8.2.4. Muestra

La muestra para realizar el estudio de tráfico son la avenida Defensores del Chaco y avenida Héroes del Chaco.

1.8.2.5. Muestreo

Los puntos de muestreo donde se realizará el estudio son las intersecciones más conflictivas, donde se medirán los volúmenes de tráfico y velocidades.

1.8.3. Métodos y técnicas empleadas

Para los aforos de volúmenes se realizó con el método manual donde se tomó en cuenta diferentes variables como el tipo de vehículo si es liviano, mediano o pesado. El movimiento del vehículo en la intersección, de frente, giro izquierdo, giro derecho.

Para el aforo de tiempos para el cálculo de velocidades se utilizó el método del cronometro para la velocidad punto y la velocidad de recorrido total.

1.8.3.1. Técnicas empleadas

Descripción de los instrumentos para la obtención de datos

Los instrumentos que se utilizará para la obtención de datos serán los siguientes:

- Planilla de aforos
- Cámara fotográfica
- Cronómetro
- Cinta métrica

- Calculadora
- Computadora
- Vehículo

Planilla de aforos: Es donde se suministra toda la información general que se solicita.

Cámara fotográfica: Permitirá tomar fotografías de la zona de estudio.

Cronómetro: Es para controlar los intervalos de tiempo que recorre el vehículo en una determinada distancia.

Cinta métrica: Instrumento que nos permite medir la longitud de un punto a otro punto.

Calculadora: Material que nos ayuda realizar cálculos en cualquier momento y lugar.

Computadora: Instrumento donde se realiza el contenido de este estudio como así también donde se procesa los datos obtenidos llegando así a un análisis minucioso.

Vehículo: Para desplazarse en el tramo de estudio.

1.8.3.2. Métodos y procesos de aplicación

Para iniciar un estudio de tráfico requerimos información de campo que puede ser eminentemente técnica o también complementaria dependiendo del tipo de estudio y su magnitud la recolección de datos abarcará aforos de velocidades, aforos de volúmenes de tráfico estudios de demanda de estacionamientos, medición de la oferta de estacionamiento, medición del comportamiento de semáforos existentes, toma de información sobre ascensos y descensos de pasajeros en el transporte público, inventario de señalización, etc.

Dependerá de cada proyecto o estudio para que se tenga que recabar parte o toda la información de campo.

Recopilación de datos para el aforo de volúmenes método manual

Se presenta un esquema sobre la metodología a utilizar para la elaboración del presente trabajo, constara con los siguientes pasos fundamentales:

Paso 1: Se realizará la recolección de información sobre la capacidad vehicular con el propósito de generar un marco teórico, mediante la norma AASTHO y el manual de capacidad de los Estados Unidos de 1998, se procederá a la recolección de información primaria en campo, para conocer si las intersecciones cuentan con estacionamiento, paradas antes y después de las mismas.

Paso 2: El trabajo de campo se realizará aforos con los siguientes puntos:

- Se deberá sacar las horas picos, esto se lo realizara desde las 06:00 am hasta las 21:00 pm porque son las horas de mayor circulación.
- Teniendo la hora pico se realizará el aforo en las tres horas picos en tres días de la semana, dos días hábiles y un día no hábil (fin de semana).
- El aforo se lo realizará durante un mes.

Este método considera que el conteo de vehículos es realizado de forma manual por uno o varios observadores quienes en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

La ventaja en este método de aforo, se puede hacer más completo, tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos si es liviano, mediano o pesado de frente, giro izquierda y derecha.

Método del cronómetro para aforos de tiempos para cálculos de velocidades

Velocidad punto este método 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. Este método es utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro.

Se tomará distancias de 50 metros en cada tramo de las avenidas **Defensores del Chaco y Héroes del Chaco**.

Para el cálculo de la velocidad de recorrido total se sigue el siguiente procedimiento:

Se utiliza una movilidad ya sea pública o privada y se debe cronometrar dos tiempos. El tiempo que la movilidad está circulando y el tiempo que la movilidad está parada, esto se realiza con 2 cronómetros simultáneamente hasta que termine el trayecto.

Una vez terminado el trayecto se anota los datos obtenidos para luego procesarlos en gabinete.

Todo el procedimiento se repite una vez por hora pico todos los días estudiados.

1.8.3.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

Tratamiento de los datos (empleo de la estadística).

Esta investigación tiene un carácter probabilístico, puesto que se realizará un mes de aforo, el cual nos proporcionará una serie de datos que tendrán que ser analizados posteriormente.

Contaremos con un conjunto de datos (N) (datos que representa a la población, que en nuestro caso es la capacidad, nivel de servicio y semaforización), y tendremos otro conjunto de datos (N) (datos que representa la muestra, son todas las intersecciones que se encuentran ubicadas en las “avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco”), que serán evaluados para tener mejor resultado.

Se desarrollará medidas de depuración, las cuales nos indicaran los datos que por algún motivo salieron de rango, a partir de las cuales encontraremos la media y la desviación estándar.

Las ecuaciones de los indicadores estadísticos son las siguientes:

Media aritmética

$$X = \frac{\sum Xi}{N}$$

Donde:

X = Media aritmética

X_i = Valores de la variable x

N = Número de valores observados

Σ = Signo de sumatoria indica que se debe sumar

Desviación estándar:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(X_j - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

X = Media aritmética

X_j = Valores de la variable x

n = Número de observaciones

Rango de depuración óptimo

$$(X \pm \sigma)$$

Donde:

X = Media aritmética

σ = Desviación estándar

Utilizaremos las medidas de posición como la media aritmética y así también como la desviación media para hacer la depuración correspondiente.

Planteamiento y soluciones.

Como el resultado del análisis se planteará soluciones con un orden de priorización, es decir habrá algunas actividades inmediatas, otras a mediano plazo y otras a largo plazo todas las soluciones tendrán que ser técnicas y que apunten a ser de bajo costo.

Seguimiento y control de resultados.

No se puede considerar resuelto el problema si es que no se hace un seguimiento a las soluciones implantadas que demuestren con valores su eficiencia es probable que en esta etapa si los resultados conseguidos no son satisfactorios puedan plantearse otras alternativas de solución.

1.9. ALCANCE

1.9.1. Alcance general

El presente trabajo expone el problema que nos lleva a la elaboración de este tema, planteamos los objetivos que cumpliremos a lo largo de la realización del estudio.

Se estudiará sobre el conocimiento general de los elementos del tráfico: elemento usuario, vía y vehículo más sus características y tipos de cada elemento; los parámetros esenciales del tráfico.

Se hará la medición de los parámetros del tráfico, se tomará los datos de aforos en las intersecciones de la vía, que están basados en porcentajes de giros, porcentajes en vehículos pesados, porcentajes de vehículos livianos, ancho de carril, para poder hacer el respectivo cálculo de todos los parámetros de la ingeniería del tráfico, para obtener la capacidad vehicular y plantear los niveles de servicio. Para obtener los tiempos de fase del semáforo se obtendrán la velocidad de punto y el volumen de vehículos, para la señalización se hará un inventario en las avenidas para una adecuada semaforización.

1.9.2. Alcance específico

Se efectuará una introducción sobre la importancia que tienen en la actualidad los conceptos fundamentales del tráfico en nuestro medio ya que el tráfico es la ciencia que estudia, analiza y busca soluciones para que la interrelación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos y privados, vías de carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios.

Al inicio también se verá la evolución del transporte, los trazos urbanos, elementos de circulación, evolución del vehículo, los problemas del tráfico, factores del problema, tipos

de solución y planteamiento de soluciones, todos estos conceptos son muy importantes tenerlos en cuenta para hacer un estudio de tráfico.

Luego se estudiará sobre el conocimiento general de los elementos del tráfico: elemento usuario, vía y vehículo más sus características y tipos de cada elemento.

Este trabajo está basado en realizar aforos en 30 intersecciones del área de estudio, para obtener volúmenes de vehículos, velocidad de punto, velocidad de recorrido total, porcentajes de giros, porcentajes de vehículos pesados, porcentajes de vehículos livianos, también se obtendrá el ancho de carril para determinar la capacidad vehicular y plantear los niveles de servicio.

En la semaforización se verá los componentes del semáforo, los sistemas semafóricos como ser la coordinación alterna y coordinación progresiva, tipos de semáforos y los diagramas espacio - tiempo. Con los niveles de servicio, determinaremos que intersección está trabajando arriba de su capacidad y se implementará los tiempos de fase de los semáforos.

Para la señalización se hará un inventario del área de estudio para la implementación de la señalización correspondiente según las normas.

Concluido el trabajo sobre el "Estudio de tráfico en las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco" con el conocimiento más sólido del tema se hará algunas recomendaciones que ayuden en un futuro próximo a hacer un buen estudio de tráfico.

El alcance del presente proyecto de grado "ESTUDIO DE SEMAFORIZACIÓN Y SEÑALIZACIÓN EN LA AVENIDA DEFENSORES DEL CHACO Y HÉROES DEL CHACO, DE LA CIUDAD DE TARIJA" tiene como objetivo establecer soluciones apropiadas al problema basado en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO

2.1. NACIMIENTO DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Después de la aparición del automóvil, las carreteras se proyectaban teniendo en cuenta únicamente el movimiento de vehículos aislados, debido a que circulaba un número muy bajo de ellos para entonces y bastaba que cada uno pudiera moverse a una velocidad razonable y segura para que la carretera cumpliera con todos sus objetivos.

En el año 1920 se empezó a desarrollar en la Unión Norteamericana una especialidad profesional dentro del campo de la Ingeniería Civil orientada hacia el tránsito. En 1930 se definió por completo la nueva profesión y sus miembros fundaron el Instituto de Ingenieros de Transito. Al principio su función estaba centrada principalmente en el estudio de los accidentes de tránsito y la forma de evitarlos, pero paulatinamente su campo se fue ensanchando para tratar de abarcar los numerosos factores que intervienen en el complejo fenómeno del tránsito.

2.2. DEFINICIÓN DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería civil, que se encarga de estudiar analizar y buscar soluciones para que la inter relación entre usuarios peatones y conductores, vehículos públicos, privados, vías, carreteras y calles puedan permitir una circulación adecuada y que de seguridad a los usuarios.

2.3. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

El objetivo principal de la ingeniería de tráfico es brindar a los peatones y vehículos seguridad, confort, economía, velocidad y armonía con el medio ambiente. La ingeniería de tráfico analiza los siguiente:

2.3.1. Características del tráfico

Se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos

sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc.

Por otro lado, se estudia al usuario todas las reacciones para maniobrar el vehículo como ser: Rapidez de reacción para frenar, para acelerar, su resistencia al cansancio, etc.

2.3.2. Reglamentación del tráfico

Se debe establecer los reglamentos del tráfico, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento. También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policiaco en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

2.3.3. Señalamiento y dispositivos de control

Su función principal es la determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

2.3.4. Planificación vial

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

Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

2.3.5. Administración

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

2.4. PROBLEMA DEL TRÁFICO

El problema del tráfico se produce básicamente cuando el volumen de tráfico o de la distribución normal del transporte genera una demanda de espacio mayor que el disponible en las vías. Hay una serie de circunstancias específicas que causan o agravan la congestión, la mayoría de ellos reducen la capacidad de una carretera en un punto determinado o durante un determinado periodo.

2.5. FACTORES DEL PROBLEMA

Analizando el problema ya enunciado, vemos que intervienen cinco factores que deben ser tomados en cuenta en cualquier intento de solución al mismo. Estos factores son:

1. Diferentes tipos de vehículos en el mismo camino diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.

- a) Automóviles
- b) Camiones y autobuses, de alta velocidad
- c) Camiones pesados, de baja velocidad, incluyendo remolques
- d) Vehículos tirados por animales (que aún subsisten en algunos países)

2. Superposición del tránsito motorizado en caminos inadecuados

- a) Relativamente pocos cambios en el trazo urbano
- b) Calles angostas, torcidas y fuertes pendientes
- c) Aceras insuficientes
- d) Caminos que no han evolucionado

3. Falta de planificación del tránsito

- a) Calles, caminos y puentes que construyen con especificaciones anticuadas
- b) Intersecciones proyectadas sin base técnica
- c) Prevención casi nula para estacionamientos

- d) Falta de obras complementarias del camino

4. El automóvil no considerado como necesidad pública

- a) Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo
- b) Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor

5. Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario

- a) Legislación y reglamentos de tránsito que tienden más a forzar al usuario a los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario
- b) Falta de educación del usuario en general a la importancia del vehículo automotor

Todos estos factores crean el problema cuya severidad se puede medir en: accidentes y congestionamiento.

2.6. TIPOS DE SOLUCIÓN

Si el problema del tráfico nos causa pérdida de vidas y bienes, o sea que equivale a una situación de falta de seguridad para las personas y de ineficiencia económica del transporte, la solución, la obtendremos haciendo el tráfico más seguro y eficiente. Hay tres tipos de solución que podemos dar al problema del tráfico:

2.6.1. Solución integral

Identificando el problema de tráfico ya sea en aéreas urbanas o en carreteras la primera idea de la ingeniería de tráfico es conseguir una solución definitiva al problema y para ello se tendría que buscar una solución integral que por su puesto sería de muy alto costo, pero en contra posición sería la solución definitiva.

Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este

tipo de solución es casi imposible de aplicar en ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

2.6.2. Solución parcial de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente tenemos, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos, como calles angostas, cruce peligroso, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, En las que pueden tomarse éstas:

El ensanchamiento de calles; modificar intersecciones, rotatorias; creación de intersecciones canalizadas; sistemas de control automático con semáforos; estacionamientos públicos y privados, etc.

2.6.3. Solución parcial de bajo costo

Una solución de bajo costo podemos considerarla de punto parcial, es decir no soluciona definitivamente el problema de tráfico, pero conjuntamente es una solución que está basada en el aprovechamiento máximo de las condiciones físicas existentes, con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito, a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario.

Incluye entre otras cosas, la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito, las medidas necesarias de educación vial; el sistema de calles con circulaciones en un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de tránsito y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo.

2.7. BASES PARA UNA SOLUCIÓN

De cualquier manera, la experiencia demuestra que en cualquier tipo de solución deberán existir cuatro bases en que se apoye la misma.

- Ingeniería de tráfico
- Educación vial
- Reglamentación y normativa

- Vigilancia y control policial

2.7.1. Ingeniería de tráfico

Este pilar de la base de soluciones es la que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios ya partir del análisis de estos se plantea soluciones reales y adecuadas. Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico, quien debe recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2.7.2. Educación vial

Es un pilar importante porque el conjunto de usuarios, peatones o conductores deben tener un mínimo de educación vial que les permita accionar dentro de los flujos vehiculares y peatonales ya que es frecuente que los usuarios cometan errores e infracciones que son causas de accidentes y por lo general perjudican la normal circulación vehicular y peatonal en calles y carreteras.

En realidad, la educación vial es una obligación de los medios de transporte, medios de comunicación, organismos policiales, instituciones gubernamentales, etc.

2.7.3. Reglamentación y normativa

La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuadas a las condiciones de las vías y a las características de los vehículos que circulan además de las necesidades del usuario.

Estos reglamentos y normas deben ser puestos en vigencia y revisados periódicamente de acuerdo a la evolución que vaya teniendo al tráfico para tratar en lo posible que estén acordes a las condiciones reales y actuales.

2.7.4. Vigilancia y control policial

Para hacer cumplir las normas reglamentos hacer una planificación de la circulación vehicular y peatonal la cual se cumpla, es necesario que haya vigilancia y control policial cuya labor en nuestro medio es recomendada a los organismos operativos de tránsito.

Aquel medio en el que faltan algunos de estos cuatro elementos, no tendrá un tránsito exento de accidentes y de congestionamientos.

Es necesario que, cualquiera que sea el tipo de solución que se adopte, es necesario que se tome en cuenta estos elementos indispensables para la seguridad vial.

2.8. METODOLOGÍA

Para solucionar este problema, debemos seguir cuatro pasos sucesivos, que permitirán el planeamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios serían los siguientes:

- Recopilación de información
- Procesamiento de la información
- Análisis de la información procesada
- Planteamiento de soluciones

2.8.1. Recopilación de información

En esta recopilación de datos son precisamente las estadísticas, los informes oficiales, aforos, mediciones, encuestas relevamiento. Los periodos de recolección de información pueden ser variables sin embargo le recomendación es la siguiente: Si las condiciones operativas y presupuestarias nos dan la posibilidad esta recolección de información debe tener un tiempo de un año considerando todos los días del año esto permitirá tener datos históricos en todas las temporadas del año y en todas las horas del día.

En la mayoría de los casos no siempre es posible esta resolución porque demanda muchos recursos económicos y humanos lo más frecuente desde la recolección de la información se realiza periodos menores que pueden ser tres meses o un mes este último como mínimo además de reducir el periodo de recolección en meses también pueden reducirse en días consolidando solo tres días a la semana, de manera que se tomen dos días hábiles y un día no hábil para la recolección de información.

Es también posible reducir las horas de recolección de información dentro de cada día tomando el criterio de las tres horas pico que serían las principales del día cuya determinación debe realizarse en un trabajo previo durante una semana.

2.8.2. Procesamiento de información

Una vez que se termine con la recolección de la información para los diferentes estudios que van a englobar el estudio de tráfico, se debe realizar el correspondiente procesamiento de información, dependiendo del tipo de información si son aforos, mediciones, encuestas éstas tendrán que ser procesadas totalmente y apoyado en la herramienta estadística, se harán la depuración correspondiente y se determinarán indicadores de tendencia central, indicadores de desviación e indicadores probabilísticos.

2.8.3. Análisis de la información procesada

En esta etapa se debe establecer las causas técnicas que originan el problema de manera que identificadas las causas se pueda establecer claramente que solución se debe adoptar y a que variable se debe atacar, este resultado debe salir de un análisis de todos los valores procesados de manera que sean el respaldo de la intersección a determina.

2.8.4. Planteamiento de soluciones

Una vez concluido con los análisis el siguiente paso es el planteamiento de la solución o las posibles soluciones que en realidad constituye el logro del objetivo de la ingeniería de tráfico tendrá que basarse en el análisis realizado y el estudio para ello en la viabilidad técnica y en la viabilidad económica.

2.9. ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO

La ingeniería de tráfico basa su estudio en la consideración de tres elementos fundamentales que son:

- Elemento usuario
- Elemento vehículo
- Elemento vía

2.9.1. Elemento usuario

El elemento usuario es la persona que está dentro de la circulación vehicular y peatón siendo parte del problema pudiendo tomar dos decisiones que son:

- a) Usuario conductor
- b) Usuario peatón

a) Usuario conductor

El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. La destreza del conductor se manifiesta en el mejor dominio del vehículo y la mayor exactitud para apreciar distancias y velocidades.

Depende de cualidades propias del individuo, pero también de la manera y a la edad en que éste aprende a manejar.

Cualidades de los conductores para manejar

- Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia
- Calcular correctamente las distancias y velocidades de acuerdo con el movimiento de vehículos y peatones
- Tener actitud mecánica y habitual para el vehículo
- Ser personas que respetan las normas y el derecho de los demás

Los factores que pueden modificar las facultades del individuo en el tiempo de reacción son:

- La fatiga
- Las enfermedades o deficiencias físicas
- El alcohol y las drogas
- Su estado emocional

- La época del año
- Las condiciones del tiempo
- La altura sobre el nivel del mar
- El cambio del día a la noche y viceversa

b) Usuario peatón

El peatón o transeúnte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras. Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas.

Actualmente en los centros urbanos hay un elevado número de vehículos motorizados, por ello en estos centros urbanos los peatones accidentados ocupan cifras importantes.

2.9.2. Elemento vehículo

Es el segundo elemento fundamental en el problema del tráfico, es el de mayor evolución ha tenido a través de los años con relación a los otros elementos y probablemente es el que ha salido de la concordancia con los otros elementos ya que el vehículo actual es muy diferente al vehículo de hace 50 años tanto en dimensiones, en velocidad, en potencia y en otras características cuyas condiciones de la vía no están acordes a ese vehículo.

Entre las características que nos interesan del elemento vehículo podemos establecer las siguientes: Características físicas y características de dimensiones,

a) Características físicas

Las características pueden variar de un vehículo a otro, de diferentes dimensiones, diferentes marcas, modelos, ya que actualmente circulan tipos muy variados, para simplificar estas características vamos a nombrar y especificar qué tipo de vehículos o movibilidades circulan en la ciudad de modo muy generalizada. Se divide en dos grupos:

Vehículos ligeros o livianos

Vehículos pesados (autobuses y camiones)

b) Características de dimensiones

Tanto en vehículos que circulan en vías urbanas como en carreteras las evoluciones de los vehículos a través de los años han ido variando sus dimensiones en función de las necesidades del uso de vehículo.

Clasificación de vehículos según la norma de diseño. Según la (A.B.C.), los vehículos del país se clasifican en cuatro grupos detallados en la tabla N° 2.3.

Tabla N ° 2.1. clasificación de vehículos según la (A.B.C.)

Grupo de clasificación	Características del vehículo	Ancho total (m)	Largo total (m)	Radio mínimo de la rueda externa delantera (m)	Radio mínimo de la rueda interna trasera (m)	Detalles
VP	Automóviles	2.1	5.8	7.3	4.7	Vehículos livianos como automóviles, camionetas vagonetas minibuses, etc.
CO	Autobuses y camiones	2.6	9.1	12.8	8.7	Vehículos comerciales de dos ejes, comprende a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y seis rudas.
O	Autobuses interurbanos	2.6	12.2	12.8	7.1	Automóviles y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud
SR	Camión semirremolque	2.6	16.8	13.7	6	Vehículo comercial articulado, compuesto normalmente por una unidad tractora y un semirremolque o remolque de dos ejes o más.

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.)

2.9.3. Elemento vía

La vía es una infraestructura que físicamente permite el espacio necesario especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en espacio y tiempo, con niveles adecuados

de seguridad y comodidad. Las características de la vía que esta relaciona con la problemática del tráfico Son:

a) Características geométricas

Entre las características geométricas de la vía que están caracterizadas tenemos las siguientes: Ancho de carril, de calzada, sección transversal, pendiente e intersección.

❖ Ancho de carril

Este elemento de la vía condiciona la capacidad vehicular es decir a mayor ancho de para retención tenemos algunos valores carril mayor capacidad vehicular normalizados de anchos de carril tanto de vías urbanas como en carreteras.

Tabla N ° 2.2 Anchos de carril

Vía urbana	Carreteras
2.5 m	2.50 m
3.0 m	3.05 m
3.5 m	3.35 m
4.0 m	3.50 m
	3.65 m

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

❖ Ancho de calzada

Los anchos de calzada de las vías están relacionados con el número de carriles por sentido que pueda tener la vía urbana de carretera. Se tienen algunos valores tanto en vías urbanas como carreteras.

Tabla N ° 2.3 Anchos de calzada

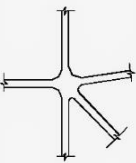








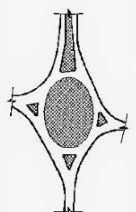








Vía urbana	Carreteras
5 m	5.00 m
6 m	6.10 m
7 m	6.70 m
8 m	7.00 m
9 m	7.30 m
10 m	10.50 m

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

❖ Intersección

Es un elemento geométrico particular de las vías urbanas y ocasionalmente en carreteras, es donde influyen dos flujos vehiculares en distintos sentidos por lo tanto es un elemento fundamental del análisis de tráfico. Según el número de accesos que haya en intersección esta puede ser:

Figura N ° 2.1. Tipos básicos de intersecciones

ESPECIALES	DE CUATRO RAMALES				DE TRES RAMALES				
	INTERSECCIÓN EN X		INTERSECCIÓN EN +		EMPALME EN Y		EMPALME EN T		
	EN ESTRELLA		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE		SIMPLE
			ENSANCHADA		ENSANCHADA		SIMPLE		ENSANCHADA
	ROTONDA VEASE FIGURA 501.01		CANALIZADA		CANALIZADA		CANALIZADAS		CANALIZADAS
			CANALIZADA		CANALIZADA		CANALIZADAS		CANALIZADAS

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.).

b) Características de circulación

La vía como elemento fundamental de tráfico no solo es importante en su geometría sino también en las características de circulación donde aspectos como el sentido de flujo, el número de sentidos y posibilidades de maniobra son factores que afectan en general a la circulación del tráfico.

2.10. PARÁMETROS ESENCIALES DEL TRÁFICO

Los parámetros fundamentales de tráfico son aquellos que están presentes en forma permanente en el comportamiento del flujo vehicular teniéndose tres parámetros que son: la velocidad, volumen o intensidad de tráfico y densidad de tráfico.

2.10.1. Parámetro de velocidad

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

2.10.1.1. Tipos de velocidad

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

- a) Velocidad de punto
- b) Velocidad de recorrido total
- c) Velocidad de crucero
- d) Velocidad directriz o de diseño
- e) Velocidad de circulación media

a) Velocidad de punto

La velocidad de punto es aquella velocidad que se mide a la circulación vehicular considerando a la misma como flujo libre, es decir, que no se tengan restricciones en el movimiento por vehículos que van adelante, por vehículos que van por atrás, por cruce de peatones, etc. La velocidad de punto no es una velocidad de diseño ni en calles ni en carreteras, pero es una velocidad cuya referencia nos da las velocidades máximas posibles que se puedan presentar tanto en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras.

En el caso de ciudades las distancias para medir velocidades de punto serán de 50, 75 o 100 metros y en el caso de carreteras los espacios serán de 100, 200 o 500 metros siempre y cuando no haya accesos de entrada y de salida. La relación que nos permite determinar la velocidad de punto es la siguiente:

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

Donde:

VP = Velocidad de punto (m/seg.)

d = Distancia de recorrido (m.)

t = Tiempo de recorrido (seg.)

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

❖ **El método del cronómetro**

Es aquel que 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 cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida.

Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

❖ **El método del radar métrico**

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

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

b) Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella velocidad que se asemeja al comportamiento real del vehículo en circulación, si bien también es una relación de espacio sobre tiempo para el caso de velocidades de recorrido total el espacio que se toma en cuenta debe ser

más grande debido a que se quiere reflejar todas las restricciones a las maniobras de velocidad y todas las causas de demora que pudiesen presentarse, para ello se requiere de una distancia relativamente grande.

En el caso de ciudades urbanas estas distancias de recorrido total son elegidas en función de la dirección de los flujos direccionales más importantes; en carreteras se toman tramos experimentales que reflejen el comportamiento real de la carretera. La velocidad de recorrido total es la relación entre la distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación más el tiempo de demoras.

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

- El tiempo que se tarda en circulación propiamente dicho
- El tiempo de demoras donde el vehículo no está en movimiento

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

$$VR = \frac{dr}{(tc + td)}$$

Dónde:

VR = Velocidade de recorrido total (km/hr)

tc = Tiempo de circulación (hr)

td = Tiempo de demoras (hr)

dr = Distancia de recorrido (km)

c) Velocidad crucero

Para un vehículo la velocidad de crucero es el resultado de dividir 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 descontará del tiempo total de recorrido, todo

aquel tiempo que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. Por lo tanto, esta velocidad por lo general será de valor superior a la de recorrido.

$$VC = \frac{dr}{(tc + td)}$$

Dónde:

VC = Velocidade crucero (km/hr)

tc = Tiempo de circulación (hr)

dr = Distancia de recorrido (km)

d) Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es un valor muy importante tanto en carreteras como en calles urbanas, la velocidad de diseño no es resultado de un aforamiento más bien es de concepto que indica que la velocidad de diseño debe ser aquella con el cual el 80 % o más de los vehículos que circulan deben tener esa velocidad.

La velocidad de diseño es un valor adoptado tanto en carreteras como en calles. En el caso de carreteras existen tablas de velocidades de diseño recomendables en función al tipo de carretera.

En el caso de calles urbanas no está tan ligada la velocidad de diseño a las características geométricas y físicas de las calles ya que estas están más relacionadas con conceptos arquitectónicos. En las ciudades la velocidad de diseño se adopta en función de los valores de la velocidad de circulación media que son producto de promedios de las velocidades de punto en diferentes arterias de la ciudad.

e) Velocidad de circulación media

Es la velocidad que se determina a partir de las velocidades de punto registradas en varios puntos de la ciudad y determinando sus valores medios. De estos valores se puede adoptar ya sea el valor máximo, el valor medio o un valor mínimo como valores de velocidad de diseño de acuerdo a las características propias de cada estudio de cada proyecto.

2.10.2. Parámetro volumen de tráfico

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle, en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma una hora, día, una semana, un mes o un año.

Intensidad es la cantidad de vehículos que pasa por una sección de carretera o una vía urbana en un periodo de tiempo que sea fracción de hora donde se tenga la mayor cantidad de vehículos.

2.10.2.1. Tipos de volúmenes de tráfico

En los volúmenes de tráfico normalmente se tiene 3 tipos de indicadores normalizados que son:

- 1) Tráfico promedio diario (TPD)
- 2) Tránsito promedio horario (TPH)
- 3) Volumen directriz

1) Tráfico promedio diario (TPD)

Dentro de los volúmenes de tráfico considerando que el concepto general de la relación de número de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera o calle en un periodo de tiempo, si ese periodo de tiempo es de un día o 24 horas el volumen determinado recibe el nombre de tránsito diario, si ese conteo o aforo es realizado por varios días el valor promedio es conocido como tránsito promedio diario. Normalmente se estipula que un estudio de volúmenes de tráfico completo debe tener un tiempo de duración de registro de un año, por lo tanto, los valores de tránsito diario que se obtengan serán de tránsito promedio diario anual.

2) Tránsito promedio horario (TPH)

Los volúmenes horarios a diferencia de los volúmenes diarios dentro de los estudios de ingeniería de tráfico son más significativos porque nos muestran las características de circulación en cuanto al número de vehículos en cada hora correspondiente a un día y en

todo el transcurso de un año eso permite trabaja estadísticamente y formar polígonos de frecuencia, histogramas, determinar horas pico, determinar variaciones horarias, etc.

Si bien es más importante tener información del tráfico horario, también es cierto que resulta más costoso obtener esta información debiendo tenerse mayor personal, mayores puntos de aforo y por lo tanto un mayor costo.

Cuando no es posible tener información sobre el tránsito promedio horario (TPH) se puede utilizar la relación establecida por la AASHTO que han estudiado el efecto del volumen del tráfico quienes establecen la siguiente relación:

$$TPH = (12\%-15\%) TPD$$

3) Volumen directriz

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".

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 esta para el TPH entre el 12 al 15 % del TPD.

2.10.2.2. Composición del volumen

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

Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en automóviles camiones autobuses y motocicletas y bicicletas.

Entendiéndose por automóviles a todos aquellos que generalmente están compuestos de 2 ejes y 4 ruedas como los autos, jeep y camionetas pequeñas.

En el tipo de camiones se tendrá los pequeños medianos y grandes diferenciándose por la capacidad de carga que tiene este tipo de vehículos.

Generalmente los autobuses representados por los livianos y pesados diferenciándose por la capacidad de pasajeros que puedan transportar este tipo de vehículos.

Motocicletas y bicicletas si bien debe estudiárseles para saber la cantidad de este tipo de motorizados no está incluidos en el volumen total representadas en el TPD o el TPH.

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

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

2.10.2.3. Variación de los volúmenes de tráfico

Nos referimos a las variaciones periódicas que sufre el volumen de tráfico en las horas del día, los días de 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 con mucha frecuencia.

❖ **Variación mensual.**

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

❖ **Variaciones por sentidos.**

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.

2.10.2.4. Aforo de volúmenes de tráfico

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

Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento).

Estudios prioritarios de construcción.

Estudios prioritarios de señalización.

Estudios de accidentes en la zona.

Existen dos tipos marcados de aforo de volúmenes que son:

- 1) Método manual
- 2) Métodos automáticos

1) Métodos manuales

Son aquellos en los cuales se considera que el conteo de vehículos va a ser realizado en forma manual por uno o varios observadores quienes en base a una planilla preestablecida realicen el conteo de vehículos en un punto de aforo definido y en tiempos determinados.

Los tipos de datos a obtener pueden ser:

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

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes o un año. Definir cuanto tiempo se va a realizar los aforos para estudiar su comportamiento, es importante y necesario. En la actualidad existen 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 la información tenemos dos alternativas:

- Según la 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, primero se toma un día completo de aforo cuyo resultado establece las tres horas pico del día; en función a ello se realiza el aforo en función a esas horas pico por tres días a la semana, dos días hábiles y un día no hábil durante un periodo del mes.

La desventaja de este método es muy lento, trabajoso y con posibilidades de tener errores personales, además de tener un costo elevado por la cantidad de personal necesario.

La ventaja de este método está en que el aforamiento puede ser más completo y tomando en cuenta varias variables como ser tipo de vehículos, número de ejes, tipo de vehículos por servicio (Comerciales, de servicio público, particulares, de carga, etc.)

2) Métodos automáticos

Los métodos automáticos son aquellos que han tratado de aminorar los costos, la cantidad de personal y la precisión de información sobre el número de vehículos registrados en un punto. Se ha tenido una evolución respecto a estos métodos en función a los equipos que se han ido utilizando, una primera de realizar automáticamente el aforo fue mediante las membranas eléctricas que fueron colocadas transversal al eje de la calle o carretera que ante el paso de los vehículos producían un impulso eléctrico el cual estaba conectado a un contador que avanzaba en cada impulso.

Esta metodología es utilizada hasta ahora teniendo la ventaja de que puede realizarse conteos diarios u horarios, pero con la desventaja de que no muestra la composición del tráfico ni las características del mismo.

Para mejorar este sistema luego han sido creados los bucles magnéticos que estaban colocados como un lazo transversal a la calzada de la calle o carretera y estos también conectados a un contador y en los últimos modelos a un ordenador, la ventaja de este sistema es que los bucles estaban calibrados para un determinado peso.

2.10.2.5. Flujo direccional

La definición de flujos direccionales es de mucha importancia para establecer intersecciones críticas, calles críticas, horarios críticos, y días críticos con respecto al volumen de tráfico que nos servirán en el momento de plantear soluciones. Una intersección crítica es aquella que posee en determinadas horas del día un flujo vehicular grande con volúmenes de llegada a dicha intersección mayores a los de otras intersecciones cercanas a la misma que forman parte del mismo flujo.

Las intersecciones críticas siempre son parte o se encuentran dentro de un flujo direccional pudiéndose encontrar también en la zona de cruce de dos flujos direccionales; las

intersecciones críticas son sujetas por lo general a congestionamientos si es que no se toman las acciones requeridas para evitarlas, como ser la implementación de semáforos.

2.10.3. Parámetro densidad

La densidad vehicular es la cantidad de vehículos que por unidad de longitud que normalmente se toma 1 km, este parámetro es resultante de las dos anteriores es decir de la velocidad y del volumen de tráfico cuya relación será:

$$Densidad = \frac{Volumenes}{Velocidad}$$

Donde:

Densidad = Volumen/Velocidad

Velocidad = Velocidad de circulación (km/hr)

Volumen = Volumen de tráfico (veh/hr)

❖ Formas de determinación

En la actualidad gracias al avance de la tecnología han aparecido equipos electrónicos, como detectores neumáticos, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, fotografías, filmadoras, etc. que de alguna manera pueden ayudar a medir la densidad del tráfico.

2.11. CAPACIDAD

La capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera o calle. De manera particular, la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por un punto durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito.

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

convertido a tasa de flujo horaria, entonces la capacidad de un sistema vial, es la tasa máxima horaria.

La capacidad depende de las condiciones existentes. Estas condiciones se refieren a las características de la sección (características geométricas, condición del pavimento, etc.) y las del tráfico (especialmente su composición y circulación). Además, habrá que tener en cuenta las regulaciones de la circulación que existan (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamientos, etc.) y que influirán sobre el tráfico. Por último, habría que considerar las condiciones ambientales y meteorológicas. Aunque se tiene poca experiencia sobre la influencia de estos factores, ya que generalmente es pequeña y que solo en condiciones excepcionales puede llegar a ser determinantes.

En este sentido, la capacidad de una sección de una carretera podrá alcanzar un valor máximo cuando sus propias condiciones y las del tráfico sean óptimas, lo que corresponde a una capacidad en condiciones ideales.

Para el análisis de este parámetro de tráfico, se ha establecido que las entidades investigadoras han realizado una subdivisión a partir del tipo de vías teniendo los siguientes tipos:

- 1) Vías ininterrumpidas
- 2) Vías interrumpidas

1) Vías ininterrumpidas

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

De estas solo estudiaremos la capacidad vehicular de dos carriles porque el 98 % de la red del país son este tipo de carreteras sin embargo las metodologías para el cálculo de capacidad son diferentes para cada una de ellas.

2) Vías interrumpidas

Las vías interrumpidas son aquellos que, por la presencia de flujos transversales al flujo principal, son interrumpidas en forma periódica, en este caso están todas las vías urbanas, porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadriculado, con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que permite un flujo transversal al flujo principal.

Determinación de la capacidad en vías interrumpidas, con el método HCM de los EEUU:

Para la determinación de la capacidad en calles se ha establecido a partir de innumerables estudios que los lugares más críticos son los accesos de las intersecciones y es ahí donde se debe determinar la capacidad.

Al igual que para la capacidad de carreteras el manual de capacidad HCM de la administración federal de los EEUU versión 1985 han determinado las bases para obtener los valores de capacidad en vías interrumpidas para ello se establece lo siguiente metodología.

El procedimiento que se sigue para determinar la capacidad en las intersecciones tiene 3 etapas:

- Determinación de la capacidad teórica o ideal
- Determinación de la capacidad práctica o posible
- Determinación de la capacidad real

2.11.1. Capacidad teórica

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

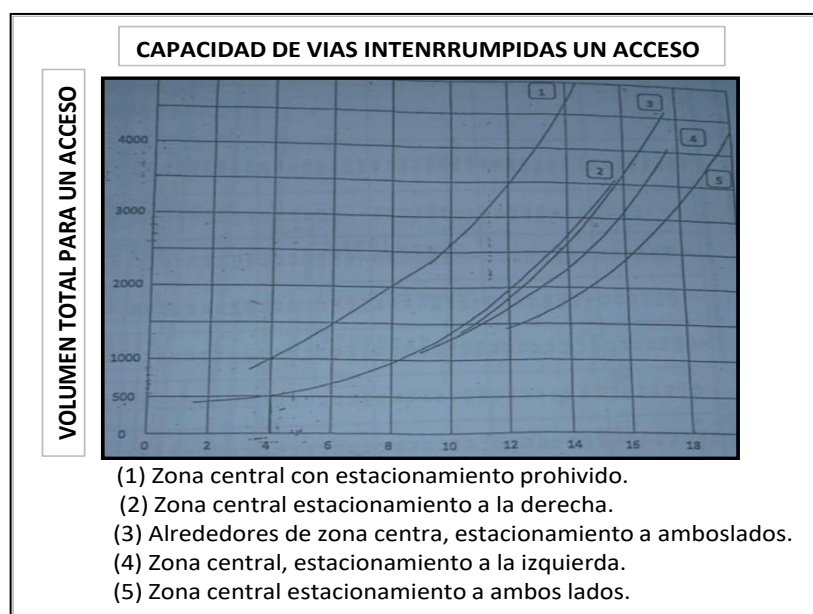
2.11.1.1. El ancho de acceso

Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede nuevo acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

2.11.1.2. Características funcionales

Están básicamente la posibilidad de estacionamiento en los accesos y la ubicación de la intersección en el entorno del trazo urbano. Es decir, si está en zona central, intermedia o periférica. Tomando estos dos factores se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Figura N ° 2.2. Ábacos del manual de ingeniería de tránsito



Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

2.11.2. Capacidad práctica o posible

Sea visto que la capacidad teórica puede tener variabilidad en el tiempo debido a otros factores o variables como las variaciones de flujo o volúmenes, variaciones de las condiciones de los accesos a las vías meses o épocas del año, motivo por cual por seguridad sea establecido que hay una capacidad práctica o posible que es igual al 10 % menos de la capacidad teórica.

Entonces para tener la capacidad práctica se debe multiplicar un factor de 0.9 a la capacidad teórica.

$$Cap_{Prac} = Cap_{teo} * 0.9$$

2.11.3. Capacidad real

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

2.11.3.1. Factores de reducción

En la práctica existen diferentes factores, que de una u otra manera influyen en la capacidad, y éstos son:

- Giros
- Estacionamiento
- Veh. Pesados
- Paradas antes y después de la intersección

Una vez determinada la capacidad real y teniendo el volumen del acceso se calcula la relación volumen / capacidad, en la Tabla N° 2.4.

Se define capacidad en vías interrumpidas a la cantidad máxima de vehículos que circulan por las calles o lugares cíclicos en las calles como intersecciones en un determinado tiempo normal mente de 1 hora. A diferencia de la capacidad que tienen las carreteras, en las calles existen otras condiciones diferentes de circulación de volumen de tráfico, de maniobras de interrupciones, de flujo peatonal, etc.

Estas condiciones hacen que la capacidad en las calles sea diferente a la capacidad en carreteras.

La metodología que sigue para determinar los factores de reducción son las siguientes:

- **Por giros.** Sustraer 0.5 % por cada 1% en el que el tráfico gira a la derecha, pasa del 10% el tránsito total. Sustraer el 1% por cada 1% en el que el tránsito gira a la izquierda pasa del 10% del tránsito total. La máxima de reducción por ambos giros debe hacerse al 20% del tránsito total.
- **Por paradas.** Paradas de ómnibus antes de la intersección restar el 10 % por paradas restas el 5% en zonas centrales y 10% en zonas después de la intersección intermedias.
- **Por estacionamiento.** permitidos restar 1.80 m al ancho de acceso y utilizar el ancho restante para hacer un recálculo de la Capacidad Ideal o Teórica.
- **Por vehículos pesados.** Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibus y camiones pasen del 10% de número total.

Por lo tanto, la capacidad real será el producto de la capacidad práctica multiplicada por el factor de paradas y factor de estacionamientos y por el factor de vehículos pesados.

Capacidad intersección puede tener dos o más accesos también tendrán capacidad diferente de cada acceso. Se considera como capacidad de la intersección, a la capacidad más baja.

Con estas condiciones la capacidad real es igual a la siguiente relación:

$$Cap_{Real} = Cap_{Practica} + fvd + fai + fdi + fgi + fgd$$

Donde:

Fvp = Factor de vehículos pesados

Fai = Factor por paradas antes de la intersección

Fdi = Factor por paradas después de la intersección

Fgi = Factor por giro izquierdo

Fgd = Factor por giro derecho

2.11.4. Factores que afectan a la capacidad y a los niveles de servicio

2.11.4.1. Condiciones ideales

Muchos de los procedimientos utilizados proporcionarían formulaciones sencillas para un conjunto de condiciones definidas como estándar (ideales), que deben corregirse para tener en cuenta las condiciones prevalecientes que no coincidan con ella. En principio, una condición es ideal cuando su mejora no produce un incremento en la capacidad.

En estas condiciones se presume buen clima, pavimento en buen estado, usuarios “racionales” y la inexistencia de incidentes que obstruyan el flujo.

Las siguientes son las condiciones ideales para infraestructura de flujo interrumpido.

- Repartición del tránsito por igual en ambos sentidos.
- Carriles de no menos de 3.65 metros.
- Una distancia (bermas) de 1.8 metros entre el borde de la calzada exterior y los obstáculos u objetos adyacentes a la vía o separador.
- Velocidad de proyecto de 100 km/hr para vías de 2 carriles y de 110 km/hr para vías multicarril y autopista.
- Flujo constituido únicamente por vehículos ligeros. Ausencia de vehículos pesados.
- Superficie de rodadura en condiciones óptimas.
- Visibilidad adecuada para adelantar.
- Señalización horizontal y vertical óptima.

Terreno llano y rasante horizontal. En la mayoría de los análisis las condiciones existentes difieren de las condiciones ideales, por lo cual se deben incluir correcciones que reflejan la inexistencia de las condiciones ideales.

2.11.4.2. Condiciones de la vía o la infraestructura

Las condiciones que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos del proyecto. Estos factores son los siguientes:

- El tipo de vía y el medio urbanístico en que está inmersa.
- El ancho del carril.
- El ancho de las bermas y los despejos laterales.
- La velocidad de proyecto.
- El alineamiento horizontal y el alineamiento vertical.
- La disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

2.11.4.3. Condiciones del tránsito

Las condiciones del tránsito influyen en la capacidad y los niveles de servicio. El tipo de vehículo y las distribuciones de los vehículos entre carriles, se definen como vehículos pesados aquellos que tienen más de cuatro ruedas sobre el pavimento.

Además de la composición vehicular, se tiene en cuenta el reparto por sentidos de circulación, que es especialmente crucial en vías de dos carriles donde las condiciones ideales se producen cuando la distribución es 50/50 (50% en cada sentido).

La distribución entre carriles y entre calzada en estructuras multicarriles y autopistas es importante, ya que en esos casos el análisis se hace en forma independiente para cada sentido de circulación.

2.11.4.4. Condiciones de control

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.

2.11.4.5. Determinación del nivel de servicio

Para la determinación del nivel de servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección, esta relación es conocida como el factor de carga.

Con este valor entramos a la Tabla N° 2.4. que se muestra a continuación y determinamos a qué nivel de servicio corresponde.

Tabla N ° 2.4. Niveles de servicio método HCM

Tabla 1		
Niveles de servicio y velocidad de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción de flujo de tránsito	Factor de carga v/c
A	Flujo libre	0
B	Flujo estable	≤ 0.10
C	Flujo estable	≤ 0.30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0.70
E	Flujo inestable	≤ 1.0
F	Flujo forzado	--b
a. Capacidad		
b. No aplicable		

Fuente: Manual de Ingeniería de Tránsito de Raúl Iván Palma Álvarez.

2.12. 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 niveles de servicio son una medida cualitativa de las condiciones de circulación, estableciéndose por el manual de capacidad de la administración federal de caminos de USA considerados como una norma en los países americanos los niveles de servicio son:

Nivel de servicio A.

Describe operaciones de libre fluidez, velocidades de libre fluidez prevalecen. Los vehículos son casi completamente libres de maniobrar dentro del tráfico aun en la máxima densidad del nivel de servicio A, lo cual permite al motorista un alto nivel de confort físico y psicológico.

Nivel de servicio B.

Representa una libre fluidez razonable, y la velocidad a flujo libre es mantenida. La habilidad para maniobrar dentro del flujo de tráfico está ligeramente restringida, y el nivel general de confort físico y psicológico proveído a los conductores es aún alto.

Nivel de servicio C.

Provee un flujo con velocidades iguales o cercanas a la velocidad de flujo libre de autopista. La libertad de maniobrar dentro del flujo de tráfico es notablemente más restringida en el nivel de servicio C y los cambios de vía requieren más cuidado y vigilancia por parte del conductor.

Nivel de servicio D.

Es el nivel en el cual la velocidad empieza a declinar ligeramente con el incremento del flujo, la densidad empieza a incrementarse algo más rápidamente con el incremento del flujo. La libertad de maniobrar dentro del flujo de tráfico es más limitada, y el conductor experimenta un reducido nivel de confort físico y psicológico.

Nivel de servicio E.

Las operaciones en este nivel, virtualmente no se tienen espacios usables en el flujo de tráfico, en cuanto a la capacidad, el flujo de tráfico no tiene la habilidad para disipar ni siquiera la menor interrupción, y puede esperarse que cualquier incidente produzca un serio colapso con una extensa fila o enfilamiento vehicular. La maniobrabilidad dentro del flujo de tráfico es extremadamente limitada y el nivel de confort físico y psíquico para el conductor es pobre.

Nivel de servicio F.

Describe colapsos en fluidez vehicular, tales condiciones generalmente existen dentro las formaciones de fila de tras de puntos de colapso, 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.

Figura N ° 2.3. Diferentes tipos de servicio



NIVEL DE SERVICIO A



NIVEL DE SERVICIO B



NIVEL DE SERVICIO C



NIVEL DE SERVICIO D



NIVEL DE SERVICIO E



NIVEL DE SERVICIO F

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R.

2.13. DISPOSITIVOS DE TRÁNSITO SEÑALES Y MARCAS

Los dispositivos para regular el tránsito son los medios físicos que se emplean para indicar detalladamente a los usuarios de las vías públicas la forma correcta y segura de transitar por ellas a fin de evitar accidentes y demoras innecesarias. Entre las funciones de estos dispositivos se encuentra prevenir a los conductores y peatones sobre peligros existentes y guiarlos en sus recorridos por las vías, los dispositivos que se usan para regular la circulación son las llamadas señales de tránsito, las marcas en las vías y sus inmediaciones, los semáforos y otros.

2.13.1. Requisitos de la señalización de tránsito

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- Debe ser necesaria
- Debe ser visible y llamar la atención
- Debe ser legible y fácil de entender
- Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente
- Debe infundir respeto
- Debe ser creíble

2.13.2. Aspectos claves de la señalización

El cumplimiento de los requisitos mínimos a que se refiere el párrafo anterior supone que, a su vez, las señales deben satisfacer determinadas condiciones respecto de los siguientes aspectos claves:

2.13.2.1. Diseño

El diseño y la apariencia exterior de un dispositivo son fundamentales para que éste desempeñe satisfactoriamente su función. El tamaño, contraste, colores, forma y composición de un dispositivo son factores muy importantes para favorecer la interpretación del mensaje del dispositivo a mayor distancia y en menos tiempo.

2.13.2.2. Emplazamiento

Toda señal debe ser instalada de tal manera que capte oportunamente la atención de usuarios de distintas capacidades visuales, 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.

2.13.2.3. Conservación y mantenimiento

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 catastro de ellas y con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza, reemplazo o retiro.

2.13.2.4. Justificación

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

2.14. SEÑALES DE TRÁNSITO

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

2.14.1. Señalización vertical

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de

prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

2.14.1.1. Función

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

Señales preventivas:

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

Señales reglamentarias o restrictivas:

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Señales informativas:

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

2.14.1.2. Color y retrorreflectancia

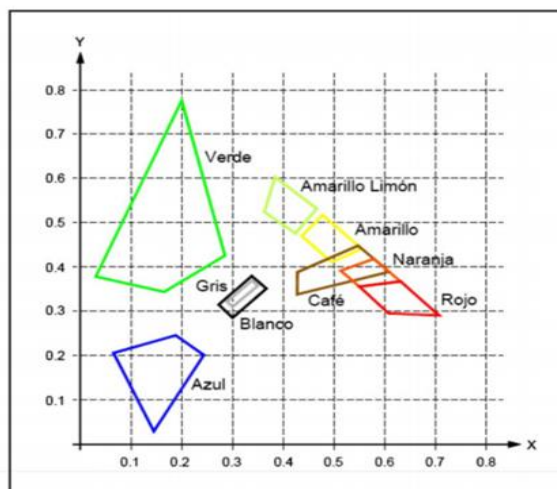
Las señales que se instalen deberán ser visibles para los usuarios, con el fin de permitir que se produzca una pronta y adecuada reacción, aun cuando el usuario se acerque a la señal a alta velocidad. Los dispositivos deben cumplir con las siguientes características: buena visibilidad, tamaño de letras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

Colores:

Las señales verticales se deben construir con los colores especificados para cada una de ellas. Los colores se definirán sobre la base de coordenadas cromáticas y deben estar

dentro de los polígonos correspondientes, especificados en el diagrama cromático CIE 1931.

Figura N ° 2.4. Diagrama cromático CIE 1931 para señales verticales



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

La retrorreflectancia:

corresponde a uno de los parámetros más importantes de una señal vertical, ya que ésta debe ser visualizada tanto de día como de noche. En períodos nocturnos, la lámina retrorreflectiva con que cuenta una señal, permite que tenga la propiedad de devolver parte de la luz a su fuente de origen, lo que se traduce en que los conductores al iluminarla con los focos del vehículo, puedan apreciarla con mayor claridad.

2.14.1.3. Emplazamiento

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

Ubicación longitudinal:

La ubicación de una señal debe garantizar que un usuario que se desplaza a la velocidad

máxima que permite la vía, será capaz de interpretar y comprender el mensaje que se le está transmitiendo, con el tiempo suficiente para efectuar las acciones que se requieran para una eficiente y segura operación.

En lo que se refiere a la separación que debe respetarse entre cada tipo de señal, en el sentido longitudinal, es decir, paralelo al eje de la vía, la tabla N ° 2.5. Entrega distancias mínimas de separación entre diferentes tipos de señales, con la finalidad que el conductor del vehículo cuente con el tiempo suficiente para efectuar las maniobras adecuadas.

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

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

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

Ubicación lateral:

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

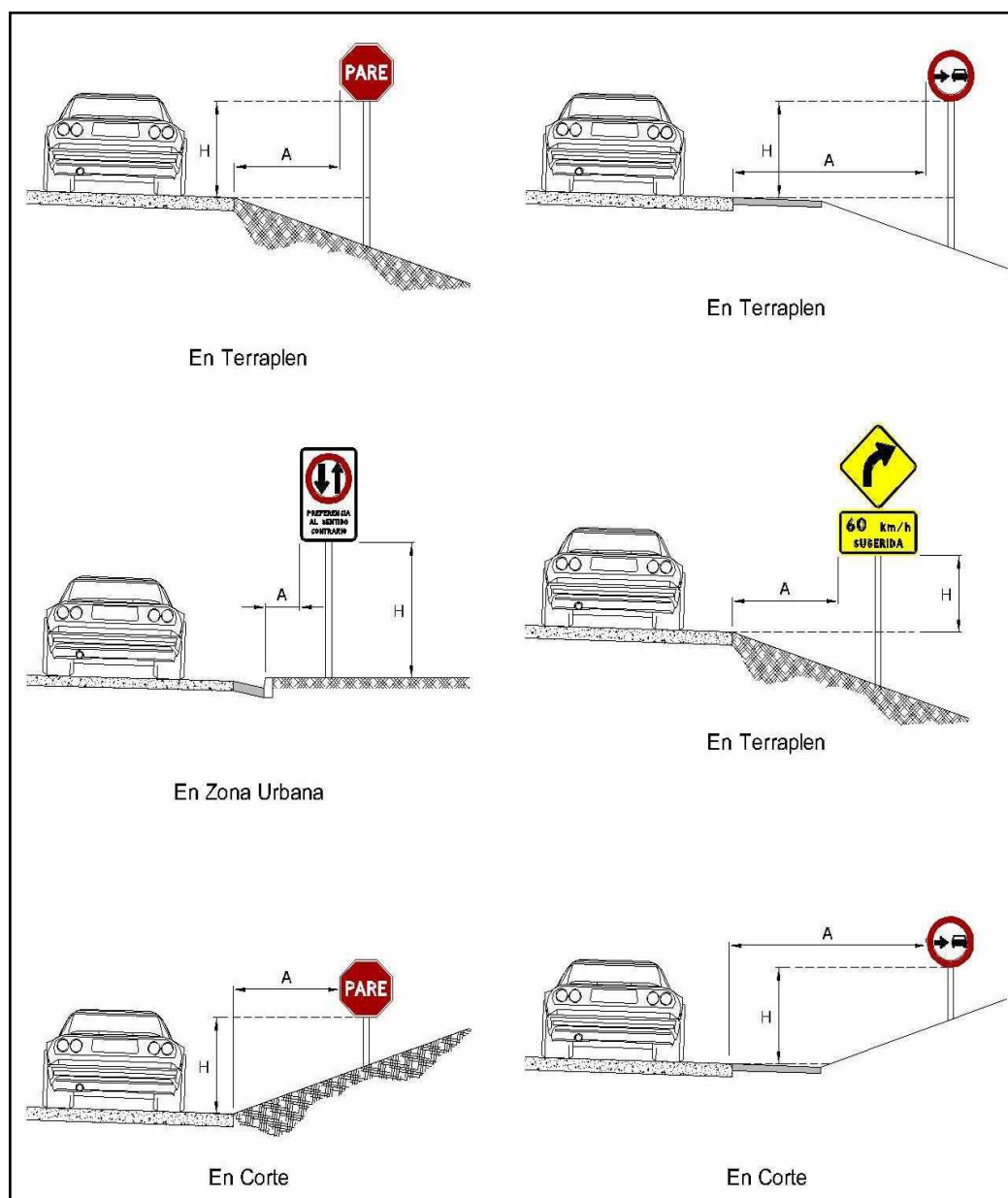
Para una mejor interpretación de la ubicación lateral de una señal vertical, tanto en distancia desde la calzada como en altura, se incluye a continuación tabla N ° 2.6. y la figura N ° 2.5

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

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

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

Figura N ° 2.5. Ubicación transversal de señales verticales (distancia y altura)



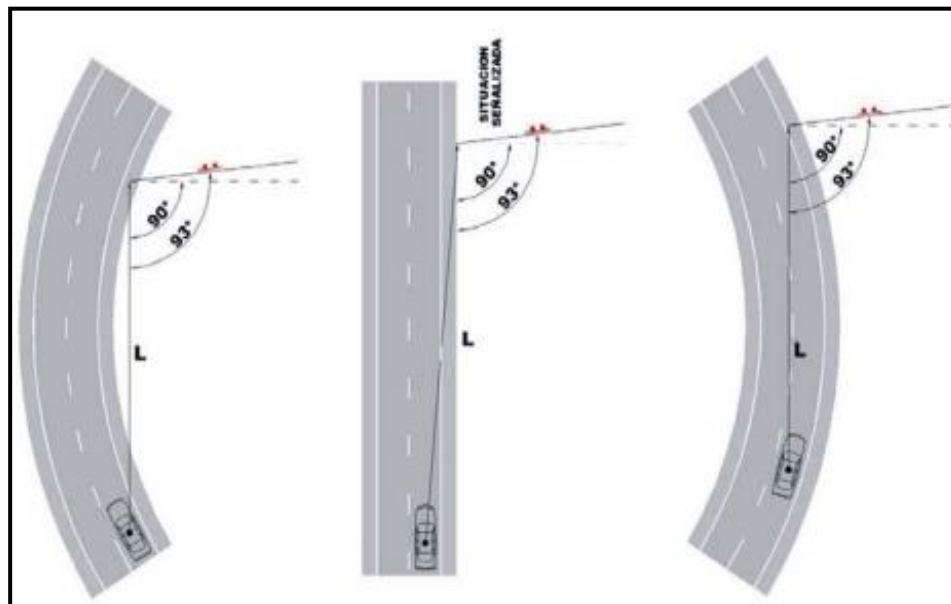
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Orientación:

Considerando que una lámina retrorreflectante, al ser iluminada por los focos de un vehículo, podría devolver demasiada cantidad de luz al conductor, ocasionando encandilamiento o dificultades para una adecuada comprensión del mensaje de la señal, se deberá instalar la placa de manera tal, que ésta y una línea paralela al eje de la calzada,

formen un ángulo levemente superior a los 90° (ángulo recto), recomendándose un valor de 93° . según se puede apreciar en la Figura N° 2.6.

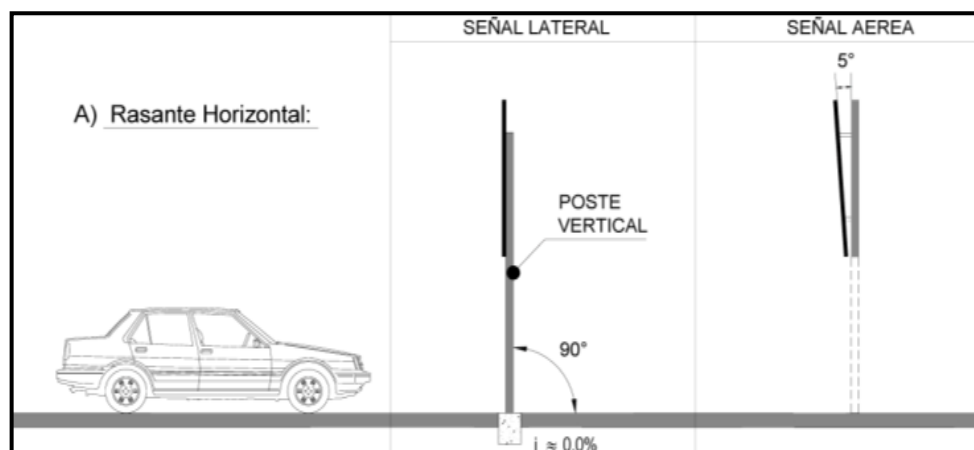
Figura N° 2.6. Orientación de la señal (perspectiva horizontal)



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

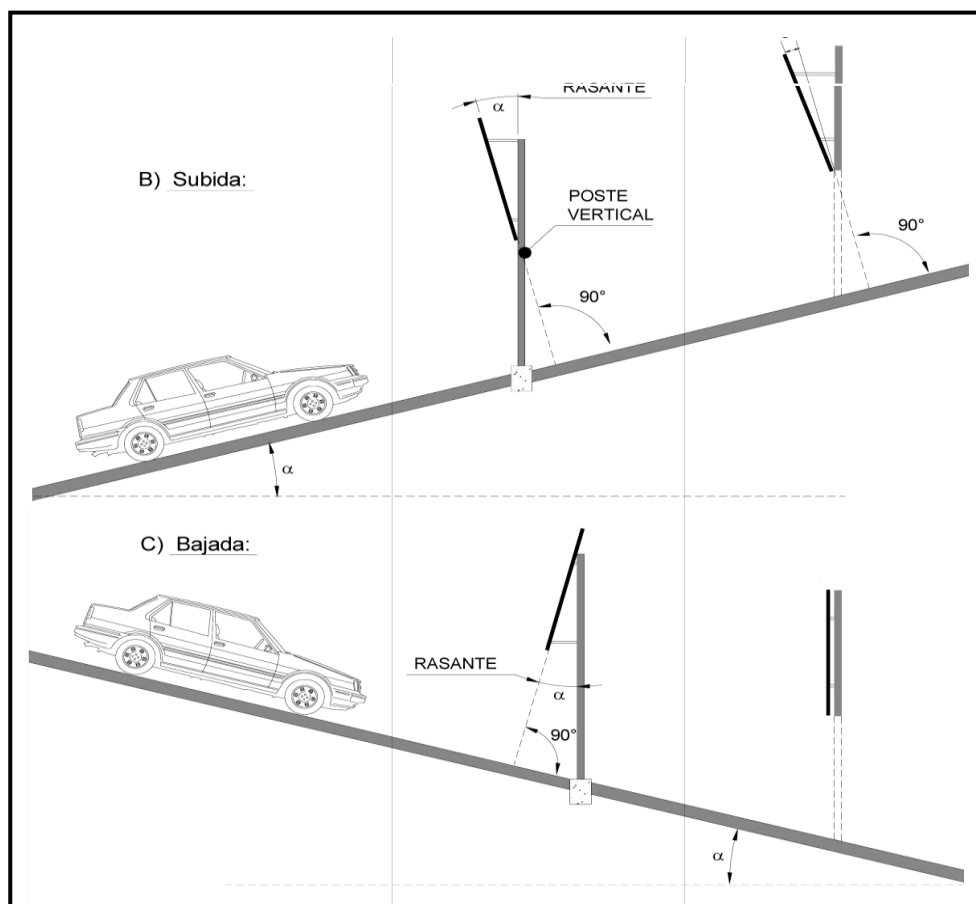
Por otro lado, se debe considerar la orientación de la señal, desde una perspectiva vertical, los criterios anteriores, son válidos para todas las señales verticales, incluyendo señales tipo elevadas.

Figura N° 2.7. Orientación de la señal (perspectiva vertical)



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

Figura N ° 2.8. Orientación de la señal (perspectiva vertical)



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

2.14.1.4. Tableros

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

2.14.1.5. Estructuras de soporte

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

2.14.1.6. Señales preventivas

Objetivo:

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

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

Forma:

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, con la excepción de CRUZ DE SAN ANDRÉS (SP-33). En la Figura N° 2.11. se presenta las formas básicas que caracterizan a este tipo de señales.

Color:

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

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

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

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

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

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

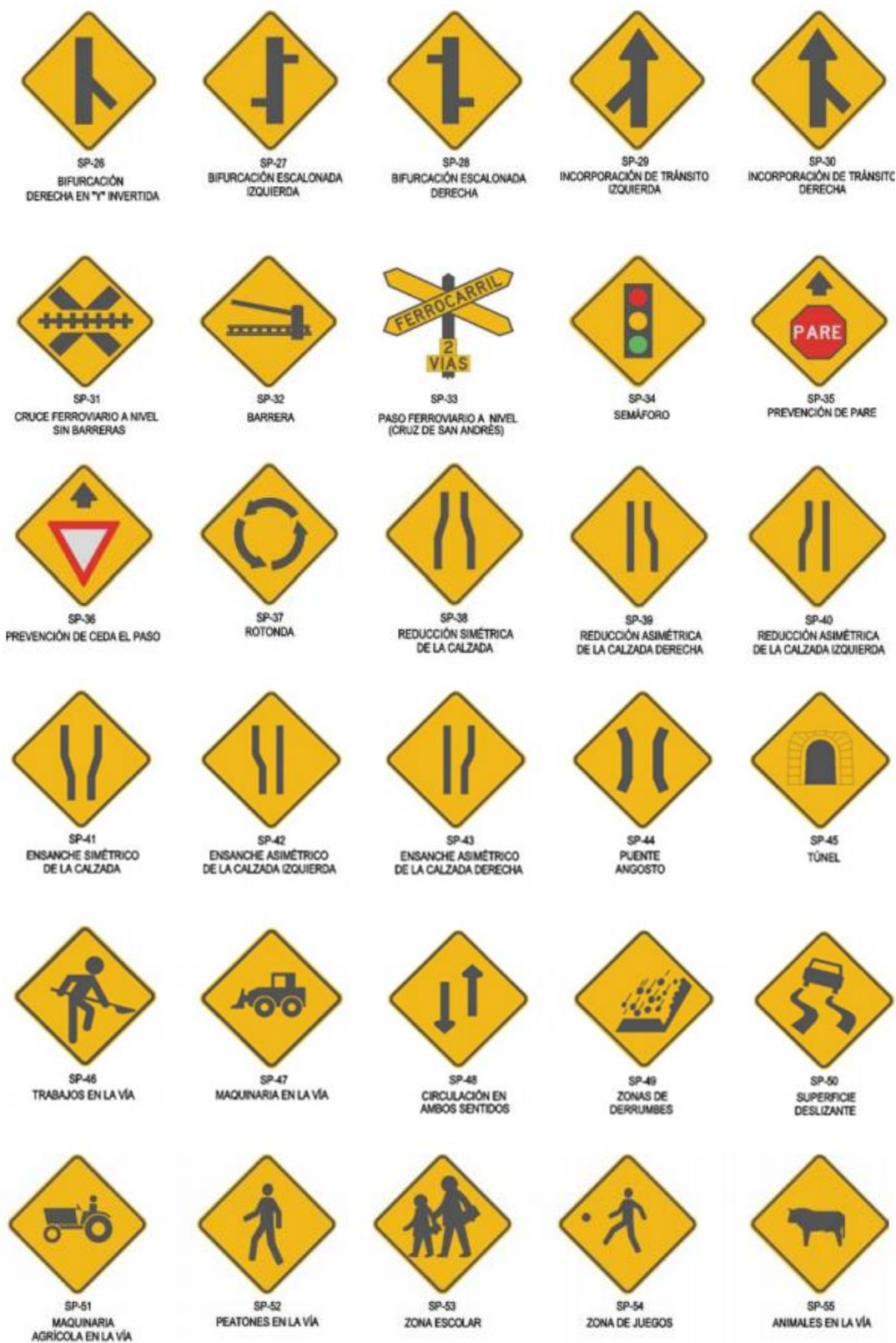
Clasificación:

Figura N ° 2.9. Señales preventivas 1-25



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

Figura N ° 2.10. Señales preventivas 26-55



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

Figura N ° 2.11. Señales preventivas 56-68



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

2.14.1.7. Señales reglamentarias o restrictivas

Objetivo:

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

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

Forma:

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

SR-01: Pare: Cuya forma es octagonal.

SR-02: Ceda el paso: Cuya forma es un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo.

SR-38: y SR-39: Sentido único de circulación y sentido de circulación doble, serán de forma rectangular.

Color:

Los colores utilizados en estas señales son los siguientes:

Fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro.

Las excepciones a esta regla son:

SR-01: Pare: cuyo fondo es rojo, orlas y letras en blanco.

SR-38 y SR-39: TRÁNSITO EN UN SENTIDO y TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS, serán de fondo negro y flechas y orlas blancas.

SR 40 a la 43: SEÑALES DE PASO OBLIGADO Y CICLO VÍA, serán de fondo azul y símbolo blanco.

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

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

Clasificación:

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

Figura N ° 2.12. Señales reglamentarias 1-25



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

Figura N° 2.13. Señales reglamentarias 26-43



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

2.14.2. Señalización de tránsito horizontal (demarcación)

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

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

su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad vial.

No obstante, como desventaja, la visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros. Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

2.14.2.1. Función

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

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

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

2.14.2.2. Líneas de carril

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

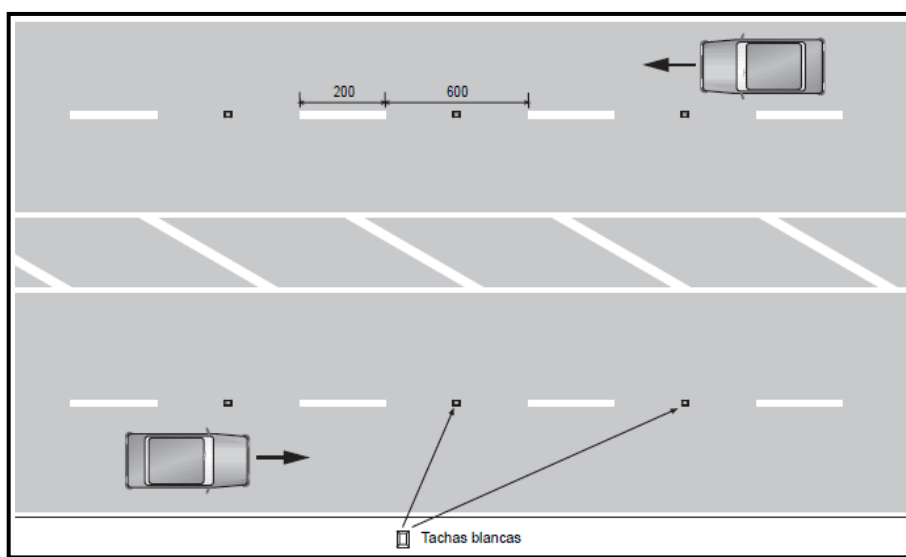
Línea blanca discontinua:

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

Línea segmentada normal:

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

Figura N ° 2.14. Líneas de pistas segmentadas

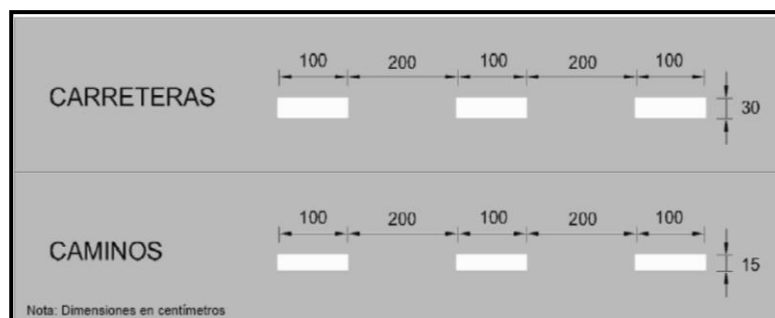


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Líneas segmentadas especiales:

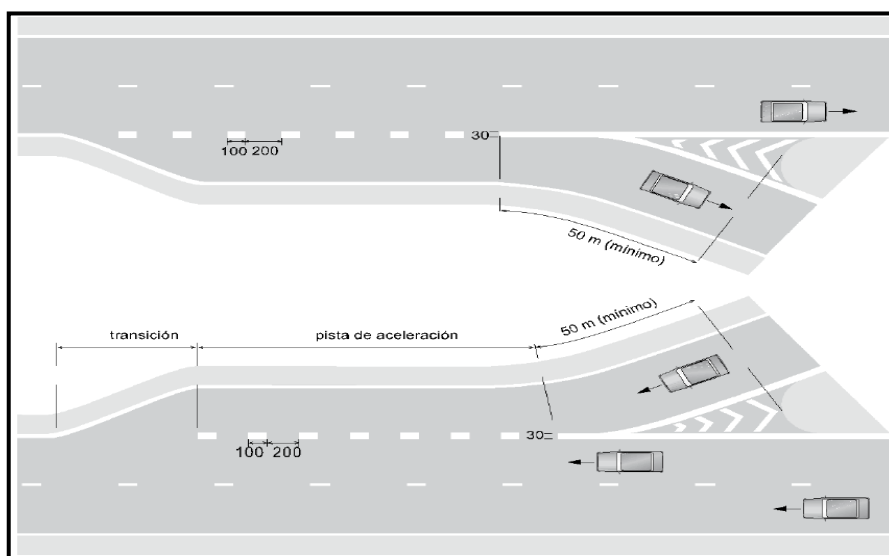
Se utilizan para separar una pista normal de circulación de una pista auxiliar. Las pistas auxiliares corresponden a pistas de cambio de velocidades, pistas de viraje, pistas de salidas directas, pistas de incorporación, pistas lentas, etc.

Figura N ° 2.15. demarcación para pistas auxiliares de incorporación y egreso



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

Figura N ° 2.16. Caso de pista de incorporación y egreso



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

2.14.2.3. Líneas transversales

Estas líneas tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.

Líneas de detención:

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

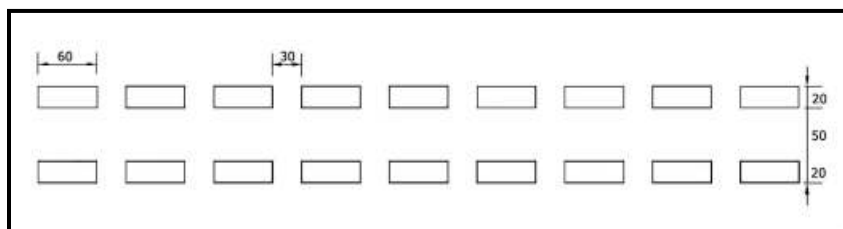
Cruce controlado por señal ceda el paso:

En este caso la línea de detención corresponde a una demarcación transversal conformada por una línea segmentada doble y constituyendo un complemento a la señal vertical ceda el paso (SR-2).

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

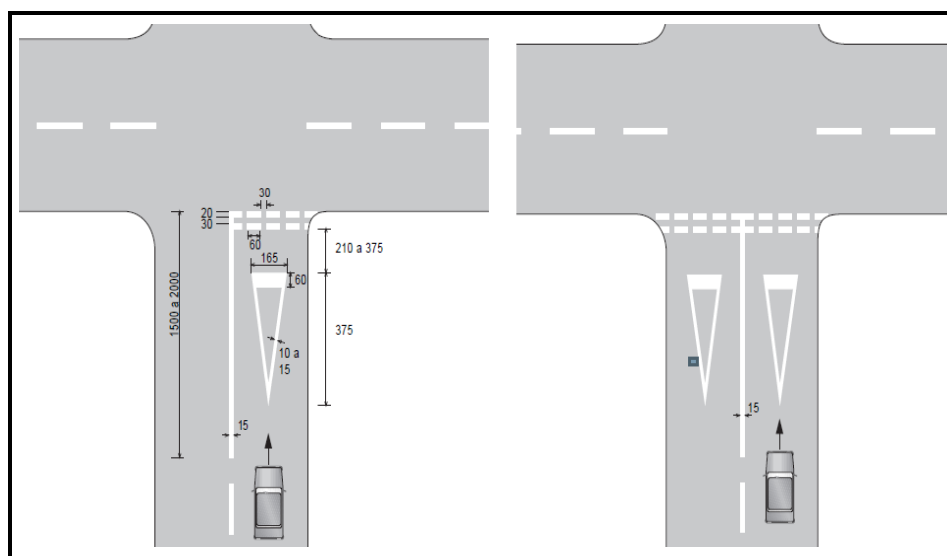
Las líneas de detención deberán demarcarse siempre y deberá presentar las siguientes características, en cuanto a ancho y longitud de segmentos y brechas.

Figura N ° 2.17. Línea de detención ceda el paso



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

Figura N ° 2.18. Determinación en cruce regulado señal ceda el paso



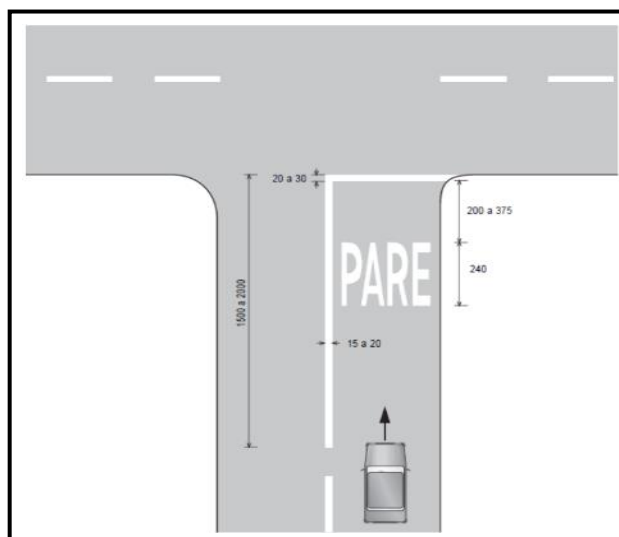
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Cruce controlado por señal pare:

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal PARE, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad.

Estas líneas de detención deben demarcarse siempre; y deberá presentar las características, en cuanto a ancho.

Figura N ° 2.19. Señalización horizontal en cruce regulado señal pare



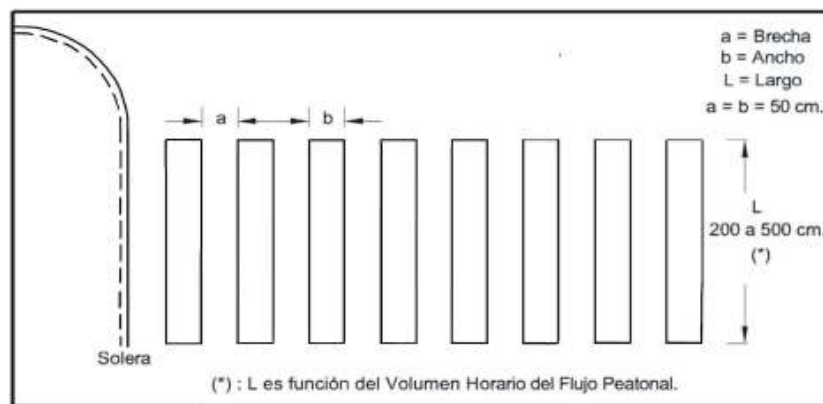
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Líneas de cruce en paso peatonal tipo cebrá:

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

La línea de detención asociada al cruce peatonal indicará al conductor que enfrenta un paso de cebrá, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo deberá detenerse.

Figura N ° 2.20. Largo de peatones a un alto flujo peatonal



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

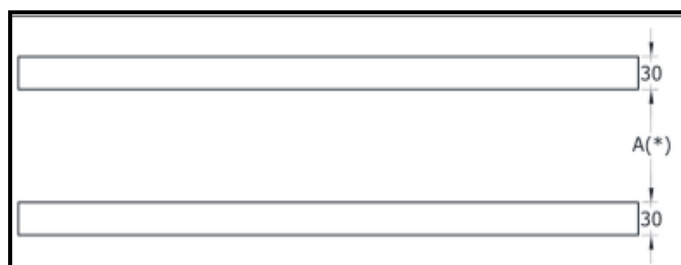
Líneas para cruce peatonal semaforizadas:

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

La demarcación está conformada por dos líneas paralelas de color blanco, cuyo ancho es de 30 cm. y 50 cm. En caso que la intersección presente desalineamientos geométricos, dichas líneas de demarcación podrán no ser paralelas. No obstante, la línea de detención deberá ubicarse entre 1 metro de la línea transversal más próxima que delimita la senda de cruce.

El ancho “A” de la senda peatonal será de 2 m como mínimo. Para flujos peatonales mayores a 500 peatones por hora, el ancho del paso peatonal, deberá ser aumentado en 0.5 metros por cada 250 peatones por hora, con un máximo de 5 metros.

Figura N ° 2.21. Dimensiones demarcación peatonal semaforizado



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

2.14.2.4. Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos, tales como amarillo, negro, etc. para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso.

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican, con la excepción de la flecha de advertencia.

Flechas:

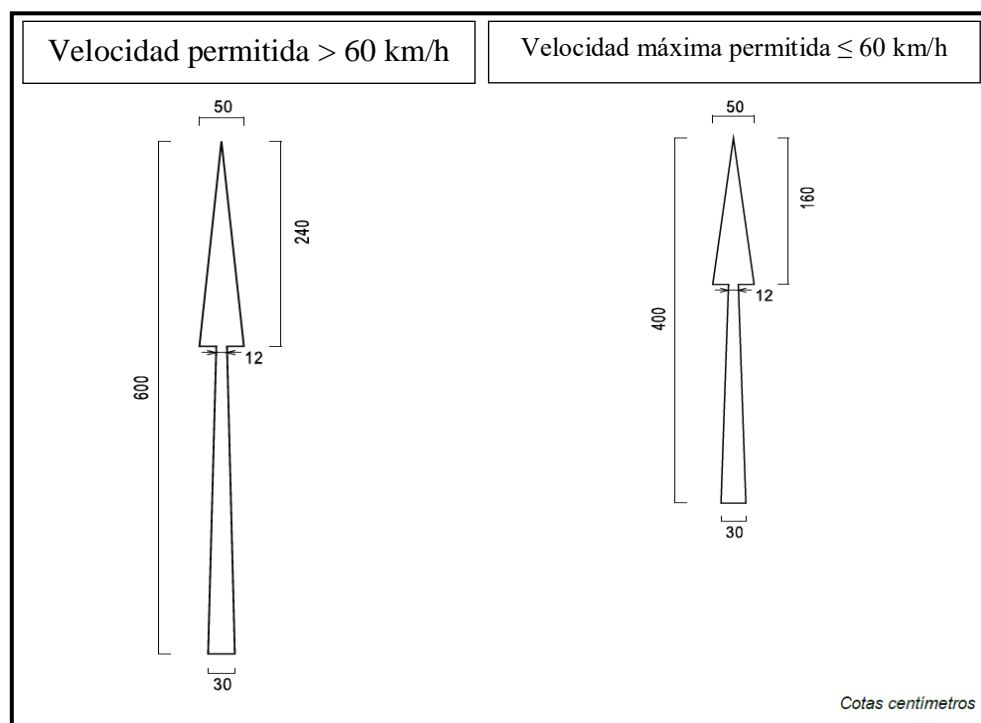
Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor, la dirección y sentido que deben seguir los vehículos que transitan por una pista de circulación, lo que contribuye a la seguridad y expedición del tránsito.

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

Flecha recta:

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

Figura N° 2.22. Flecha recta.



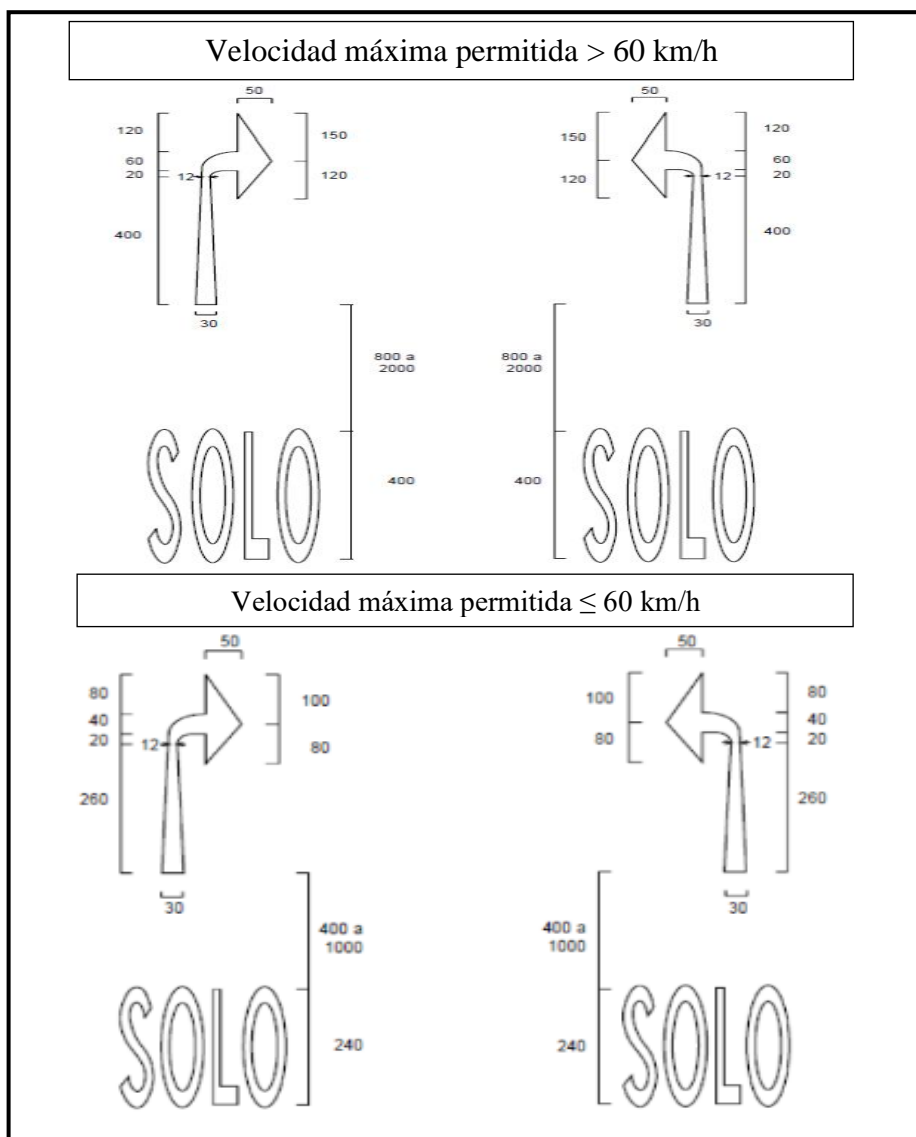
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Flecha de viraje:

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

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

Figura N ° 2.23. Flecha de viraje

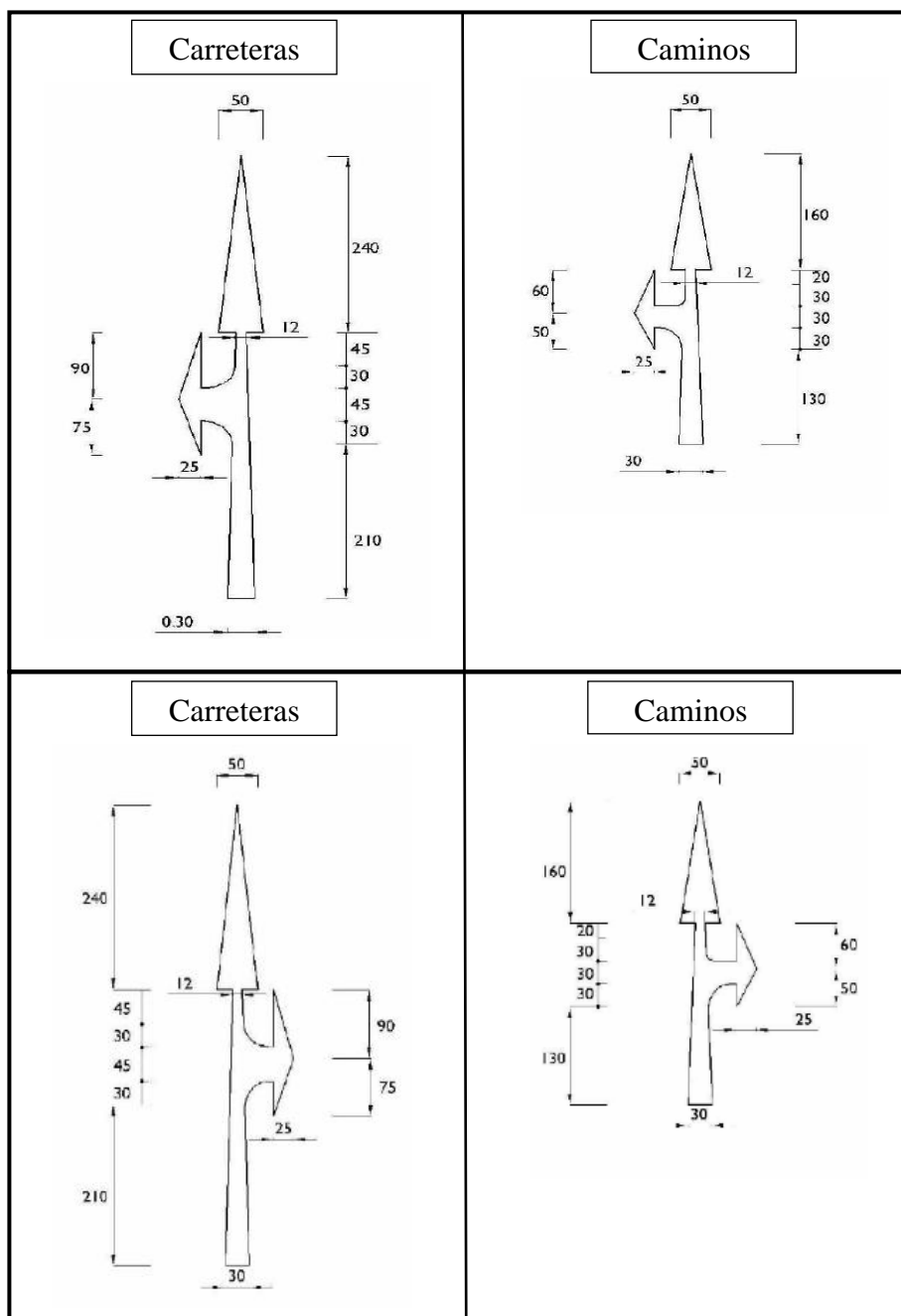


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Flecha recta y de viraje:

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

Figura N ° 2.24. Flecha recta y de viraje

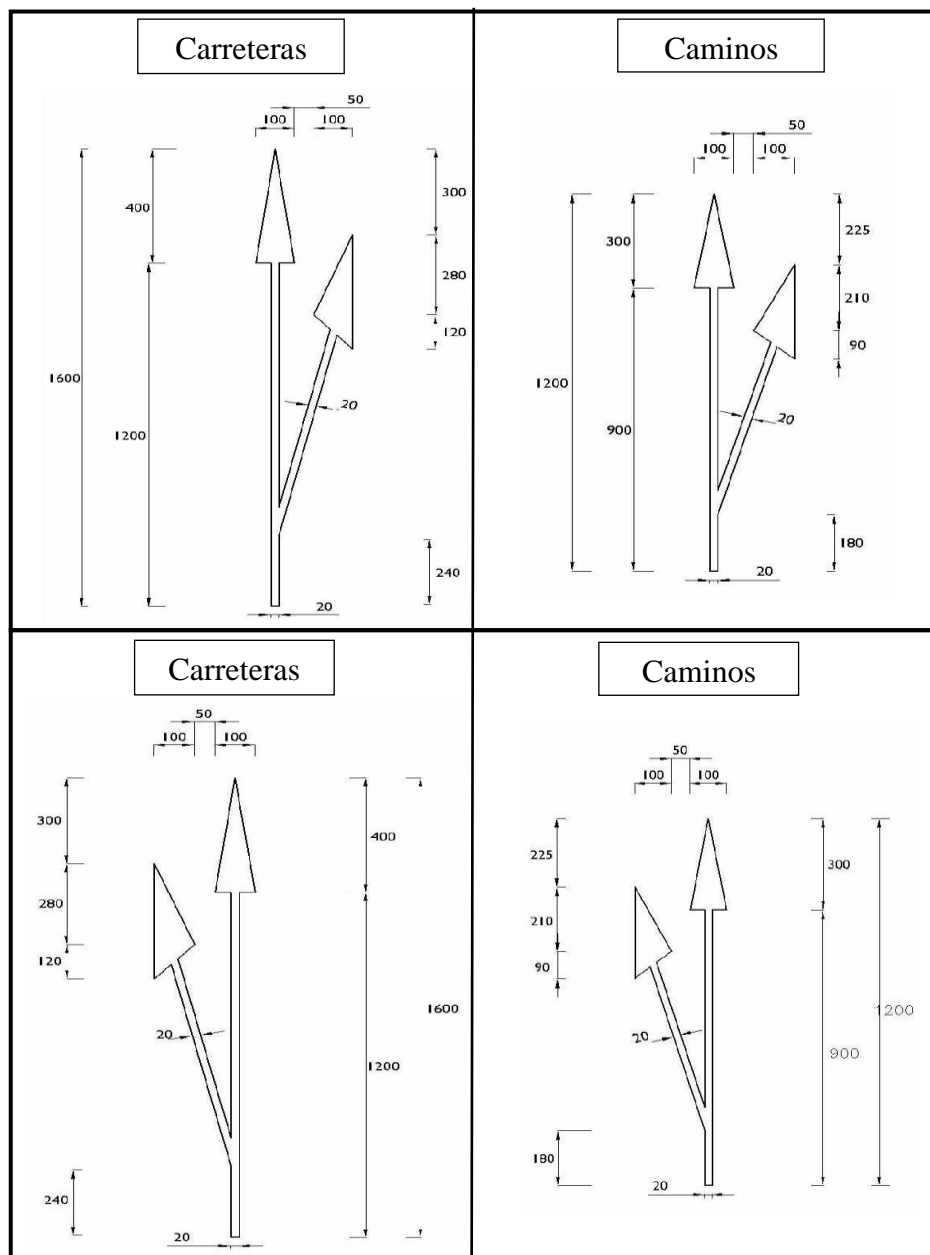


Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

Flecha recta y de salida:

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

Figura N ° 2.25. Flecha recta y de salida



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

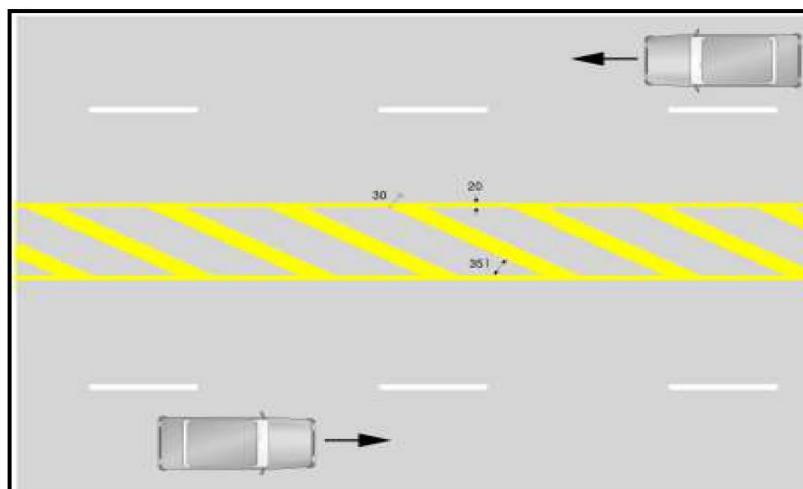
2.14.3. Otras demarcaciones

2.14.3.1. Achurado

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

Se distinguen distintos tipos de achurado; en diagonal y en “V” los achurados en diagonales se emplean en canalizaciones y en islas centrales, cuando los flujos que los enfrentan tienen sentidos opuestos y en las superficies retranqueadas que se extienden por el costo del separador. En el caso de los achurados en “V” se emplean para anunciar en una isla o bandejón, cuando los flujos vehiculares convergen o divergen. Es conveniente destacar estas superficies con la instalación de tachas reflectantes de color amarillo.

Figura N ° 2.26. Achurado



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

2.14.3.2. Resaltos

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

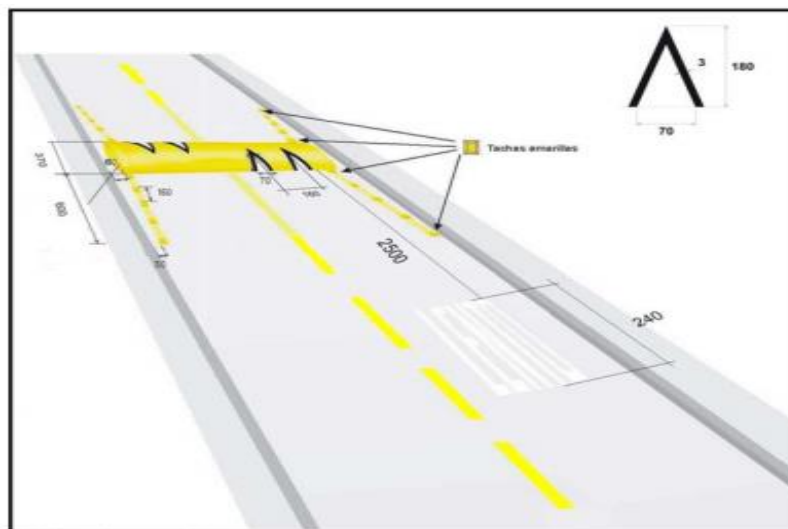
Estos dispositivos, se emplearán en accesos a intersecciones que presenten una alta tasa de accidentes, en donde sea necesario proteger el flujo peatonal y en las vías donde es necesario disminuir las velocidades de los vehículos.

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

- En cruces de vías de acceso no regulados, donde se requiere reducir la velocidad.
- Tramos de caminos donde se registra exceso de velocidad.
- En cruces y vías para proteger el flujo peatonal.

- Cruces regulados por señales de prioridad, para q los conductores respeten la velocidad.
- Zonas de escuela y plazas de juegos infantiles.

Figura N ° 2.27. Resalto



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

2.15. DEFINICIÓN Y FUNCIÓN DE LOS SEMÁFOROS

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

La principal función de un semáforo en el control de una intersección es el dar paso a distintos grupos de vehículos y peatones, de manera de que éstos pasen a través de la intersección con un mínimo de problemas, riesgos y demoras.

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

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

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

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

2.15.1. Clasificación de semáforos

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

2.15.2. Semáforos para el control de tránsito de vehículos

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

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

2.15.2.1. Semáforos para el control de pasos peatonales

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

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

En zonas escolares: Los semáforos en zonas escolares son dispositivos especiales para el control del tránsito de vehículos, que se colocan en los cruces establecidos en las escuelas

con el propósito de prevenir al conductor de la presencia de un cruce peatonal.

2.15.2.2. Semáforos especiales

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

Semáforos para regular el uso de canales: Los semáforos para regular el uso de canales son aquellos que controlan el tránsito de vehículos en canales individuales de una calle o carretera. Estas instalaciones se caracterizan por las unidades de señales encima de cada canal de la calzada. Se emplean señales para explicar su significado y propósito.

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

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

2.15.3. Tipos de semáforos

Semáforos vehiculares

Semáforos peatonales

2.15.3.1. Semáforos vehiculares

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

A) Al lado de la vía de tránsito:

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

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

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

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

Número:

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Estas pueden ser suplementadas con semáforos peatonales donde éstos sean requeridos, los cuales se ubicarán a cada lado del paso peatonal.

Las dos o más caras de semáforos adecuadamente instaladas les permitirán a los conductores observar prácticamente en todo momento al menos una indicación, aunque uno de los semáforos sea obstruido momentáneamente por camiones y autobuses, y representa un factor de seguridad en caso de resplandor del sol del día, de luz excesiva por anuncios luminosos durante la noche.

Ubicación transversal:

El semáforo con soporte del tipo poste se ubicará a 0.60 metros medidos de la orilla exterior de su parte más saliente. Cuando no exista la acera, se ubicarán de tal manera que la proyección vertical de su parte más saliente coincida con el hombrillo del camino, fuera del acotamiento.

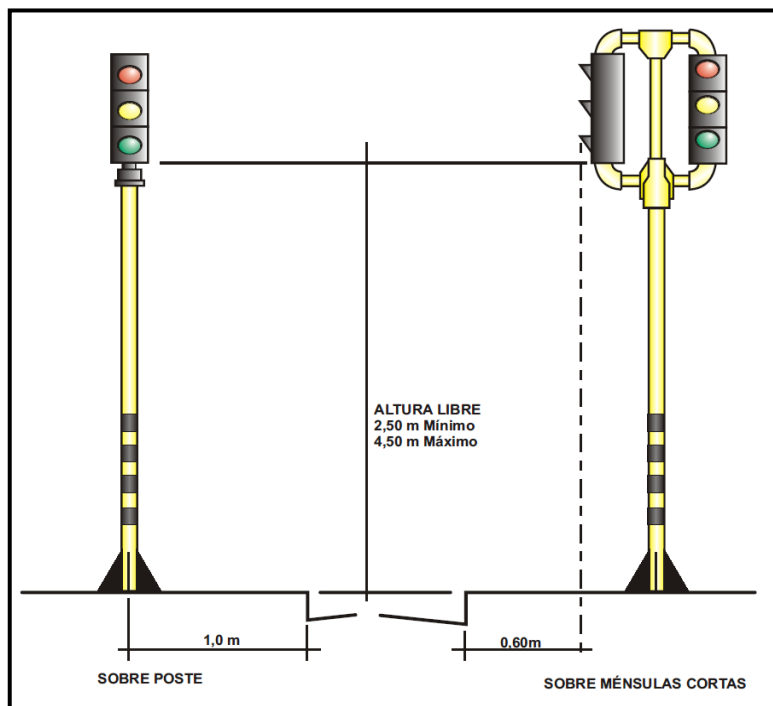
Altura:

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

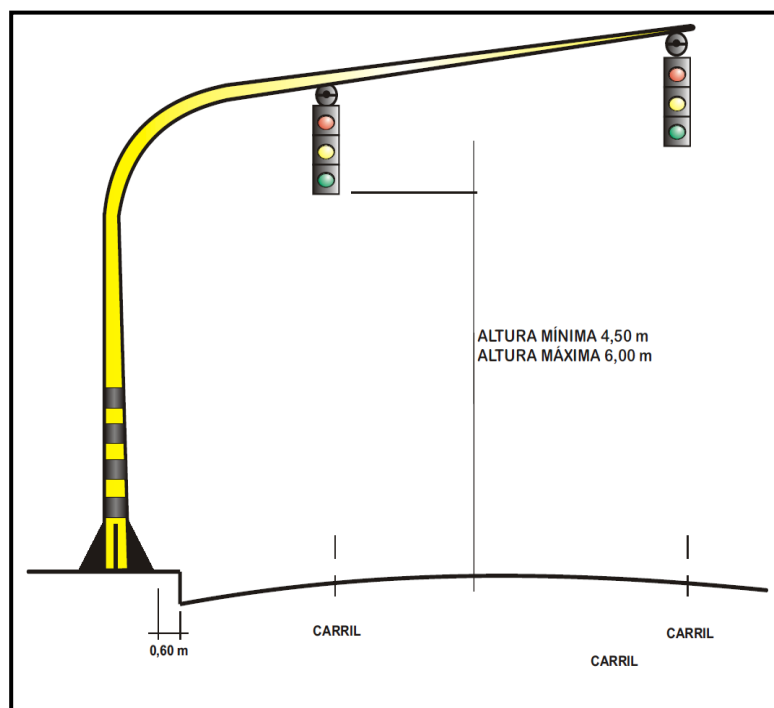
- Para semáforos con soporte del tipo poste, Altura mínima 2.50 metros. Altura máxima 4.50 metros. Nos muestra la (Figura 2.28).
- Para semáforos con soporte del tipo ménsula larga (Figura 2.29) Altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.00 metros.
- Para semáforos suspendidos por cables con una altura mínima 5.30 metros. Altura máxima 6.00 metros, (Figura 2.30).

Forma:

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

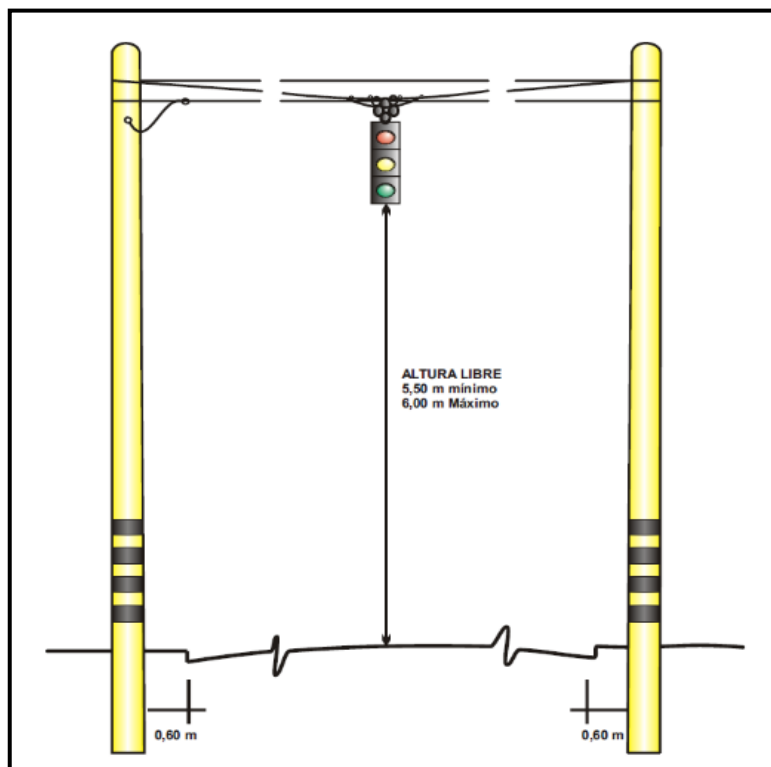
Figura N ° 2.28. Semáforos montados en postes

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

Figura N ° 2.29. Semáforo montado en ménsula larga sujeta a parte lateral

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

Figura N ° 2.30. Semáforo montado suspendido por cables



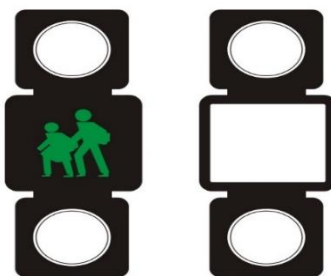
Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito de la (A.B.C.).

2.15.3.2. Semáforos peatonales

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

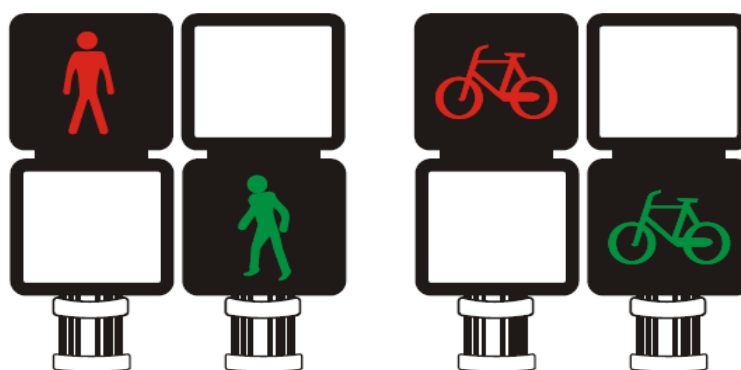
- La indicación PARE iluminada en color rojo quiere decir que el peatón no deberá Atravesar la calle en dirección a la señal, mientras ésta se encuentra encendida.
- La indicación de PASE iluminada en color verde fijo significa que los peatones al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del que se encuentran frente mismo.
- La indicación de PASE en color verde intermitente significa que un peatón no deberá empezar a cruzar la calle en dirección de la señal, porque la luz de ésta va a cambiar a la indicación de PARE; cualquier peatón que haya iniciado su cruce durante la indicación fija deberá acelerar la marcha y seguir hasta la acera o la isla de seguridad. Puede utilizarse con el mismo fin la indicación de PARE intermitente.

Figura N ° 2.31. Semáforo en zonas escolares



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

Figura N ° 2.31. Semáforo para la indicación para dar paso a peatones



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

2.15.3.3. Características de los semáforos vehiculares

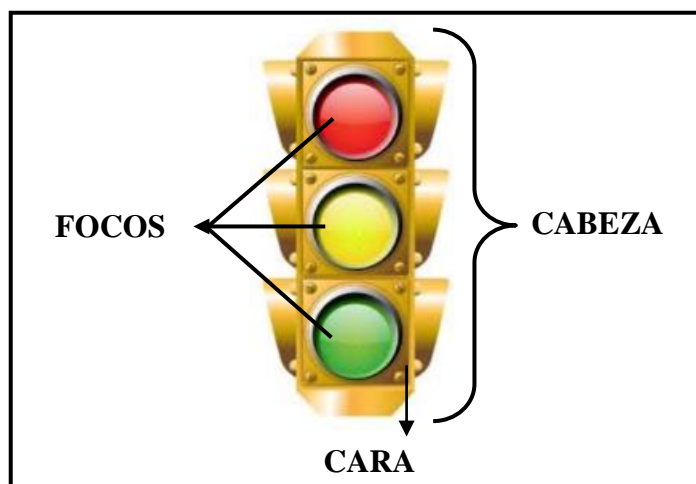
Las características físicas de los semáforos son idénticas tanto para los de tiempo predeterminado como para los activados por el tránsito, la única diferencia consiste en el mecanismo que dirige la operación.

Están constituidos por los siguientes elementos:

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

circular y viseras arriba y a los costados eventualmente. Los focos de cada cara se ubican en la siguiente posición: el rojo en la parte alta, inmediatamente el amarillo y por último el verde y si hay señales adicionales como ser giros pueden ir debajo o a un costado de la señal verde.

Figura N ° 2.33. Características de los semáforos vehículos



Fuente: Elaboración propia.

Figura N ° 2.34. Significado de los colores

INDICACIÓN		COLOR
Rojo		Pare
Amarillo		Transición
Verde		Pase

Fuente: Elaboración propia.

Verde total: El tránsito que observe esta luz puede seguir de frente o girar a la izquierda o derecha a menos que alguna señal prohíba el giro, sin embargo, el conductor debe respetar el derecho de paso a otros vehículos o peatones que estén cruzando legalmente la intersección.

Los peatones que observen esta luz también pueden proceder a cruzar la vía dentro de los pasos marcados o no, a menos que existan semáforos peatonales que indiquen otra cosa.

Amarillo fijo: La luz amarilla advierte que inmediatamente después aparecerá el rojo y el conductor, si aún puede debe detener el vehículo para esperar la próxima fase verde, esta fase verde preverá el tiempo suficiente para permitir el despeje de vehículos antes que entre el tránsito de la otra arteria.

Rojo fijo: El tránsito de frente a la luz roja debe parar antes de la línea de pare que indique el paso peatonal y debe permanecer detenido hasta la aparición del verde. Ningún peatón debe entrar en la calzada a menos que un semáforo peatonal indique su paso.

Verde con flecha de frente: El tránsito que tenga esta señal debe seguir su marcha de frente sin hacer giros a ningún lado. Los peatones que se encuentren de frente a esta señal pueden cruzar la vía dentro de su paso marcado a menos que haya un semáforo peatonal que indique otra cosa.

Verde con flecha de giro: El tránsito que tenga esta señal debe entrar en la intersección con cuidado para hacer el giro indicado por la flecha verde.

Rojo intermitente (señal de pare): Cuando el semáforo está en rojo intermitente los conductores de vehículos deben detenerse antes del paso peatonal y el derecho a seguir estará sujeto a las normas vigentes para una señal de pare.

Amarillo intermitente (señal de precaución): Cuando el semáforo está en amarillo intermitente los conductores de vehículos pueden pasar la intersección con suma precaución.

2.15.3.4. Condiciones para la instalación de semáforos

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

- Condición N°1. Volumen mínimo de vehículos
- Condición N°2. Interrupción del tránsito continuo
- Condición N°3. Volumen mínimo de peatones

- Condición N°4. Movimiento o circulación progresiva
- Condición N°5. Antecedentes y experiencia sobre accidentes
- Condición N°6. Combinación de las condiciones anteriores

Condición N°1. Volumen mínimo de vehículos

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

Tabla N ° 2.7. Condición N° 1 volúmenes mínimos

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

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

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

Condición N°2. Interrupción del tránsito continuo

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

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

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

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

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

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

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

Condición No 3. Volumen mínimo de peatones

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

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

Tipo de intersección	Total Veh/hr ambos sentidos		Total peat/hr	Periodo mantenimiento de demanda (hora)
	Calzada no dividida	Calzada dividida >12m.		
Fura de áreas escolares	600	1000	150	8
Corresponde a áreas escolares	800		250	2

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

Cuando la velocidad del 80 % de los vehículos que circulan por la arteria principal exceda los 65 km/h, o cuando la intersección se encuentre en poblaciones de menos de 10.000 habitantes, la condición de valores mínimos responde al 70 % de los consignados en la tabla anterior.

Un semáforo instalado bajo la anterior condición en una intersección aislada, debe ser del tipo semiactivado por el tránsito con botones operados por los peatones que cruzan la vía principal.

En conexión con semáforos para el control del tránsito instalados en cruces escolares, queda entendido que un semáforo no es la única solución al problema de conflictos del tránsito entre los vehículos y los escolares.

Los períodos cortos durante los cuales los riesgos son inusitadamente altos, con frecuencia son mejor dirigidos mediante el control de un agente de tránsito o patrullas escolares.

En algunas circunstancias, los alumnos responden a las indicaciones del semáforo en forma tan inadecuada que el semáforo puede convertirse en un factor que contribuye a aumentar los accidentes, en vez de disminuirlos. La reacción ante el control de un agente de tránsito o las patrullas escolares usualmente es menos incierta.

Los hechos completos deben ser recopilados, estudiados y analizada la información por ingenieros civiles o de transportes y vías, antes de tomar decisiones sobre la instalación de semáforos cerca de las zonas escolares. Como resultado de estos estudios y en consideración a los métodos de control anteriormente enumerados, los semáforos pueden justificarse sí:

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

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

Condición N°4. Movimiento o circulación progresiva

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

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

1. En vías con circulación en un solo sentido o en vías en las que prevalece la circulación en un solo sentido y en las que los semáforos adyacentes están demasiado distantes para conservar el agrupamiento compacto y las velocidades deseadas de los vehículos.
2. En las vías de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no proveen el adecuado agrupamiento de vehículos ni el control de la velocidad y el semáforo propuesto junto con los adyacentes pueden conformar un sistema progresivo de semáforos.

Un semáforo instalado atendiendo este requisito debe basarse en la velocidad que comprende el 85% del tránsito, a menos que un estudio del caso específico indique otra situación. En ningún caso debe considerarse la instalación de un semáforo de acuerdo con este requisito, si la separación entre semáforos resultase ser inferior a 300 metros.

Condición N°5. Antecedentes y experiencia sobre accidentes

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

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

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

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

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

Condición N°6. Combinación de las condiciones anteriores

Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumple en un 100%, pero dos (2) o más se satisfacen en un 80% del valor indicado para cada uno de ellos, se puede considerar justificada la instalación de semáforos.

Las decisiones en estos casos excepcionales deben apoyarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen, debiendo estudiarse la conveniencia de emplear otros métodos que ocasionen menos demoras al tránsito.

Todas estas normas están basadas en el empleo de semáforos de tiempo predeterminado, los semáforos activados por el tránsito pueden justificarse con menores volúmenes. Es conveniente que una instalación semafórica de tiempo predeterminado sea desactivada en los periodos de bajos volúmenes de tránsito (siempre que estos se mantengan en periodos de tiempo apreciables) y opere entonces con luces intermitentes de precaución o peligro.

2.15.3.5. Determinación de ciclo y fase

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

Pueden proveer dos o tres distribuciones de tiempo que dará cabida a diferentes volúmenes de demanda en distintos periodos del día. En la determinación de los tiempos debe prestarse mucha atención a las siguientes variables:

Volumen de demanda vehicular.

Composición del tráfico.

Volumen de demanda peatonal.

Movimiento de giro.

Tiempo de fase amarilla

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

Para asignar un tiempo a esta fase debemos tomar en cuenta la distancia de visibilidad de frenado. La velocidad de circulación media y al ancho de la intersección, teniéndose como relación que involucra estas acciones en las siguientes ecuaciones.¹

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

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

¹ Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

$$D = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f + i)}$$

Donde:

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

V = Velocidad de circulación media (km/hr)

t = Tiempo de reacción y percepción que para tramos urbanos varía entre (2–2.5 seg.)

f = Coeficiente de fricción de neumático, se toma un valor medio de (0.40)

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

a = Ancho de la intersección (m.)

❖ Tiempo de ciclo

Es aquel que se requiere para lograr una vuelta recorriendo todas las fases, existen diferentes criterios sin embargo no existen precisión para un valor exacto de ciclo, teniéndose un rango en el cual debe estar inmerso entre tiempo de 35 a 120 seg.; es posible también determinar aproximadamente un ciclo recomendable con las siguientes relaciones.²

$$Tc = \frac{1.5 * P + 5}{1 - Y}$$

Donde:

Tc = Tiempo de ciclo (seg.)

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

Y = Flujo de saturación (factor de flujo)

❖ Tiempo de fase verde y roja

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

² Webster, Traffic Signal, Road Research Technical Paper, London (webster-1958).

$$\frac{VA}{t_{VA}} = \frac{VB}{t_{VB}}$$

Donde:

VA= Volumen acceso A (veh/hr)

VB = Volumen acceso B (veh/hr)

t_{VA} = Tiempo de verde en acceso A (seg.)

t_{VB} = Tiempo de verde en acceso B (seg.)

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

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

$$\text{ciclo} = t_{VA} + t_{VB} + ta + ta'$$

Donde:

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

ta = Tiempo de fase amarilla (seg.)

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

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

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

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

$$\frac{VA * ta}{t_{VA}} = \frac{VB * ta'}{t_{VB}}$$

Cuando existen un conjunto de semáforos ubicados en varias intersecciones que están

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

2.15.3.6. Coordinación de semáforos

Se entiende por coordinación de semáforos a la forma metodológica de hacer que funcione un conjunto de semáforos aislados para lograr una mayor fluidez en la circulación, cuanto mejor estén asignados los tiempos de las diferentes fases y mejor este la coordinación mayores posibilidades se tendrán de conseguir que la evaluación sea fluida y con menores tiempos de demora.³

Existen diferentes tipos de coordinación de semáforos entre ellos los más importantes son los siguientes:

Coordinación continua o simultánea.

Coordinación Alternativa.

Coordinación Flexible.

Coordinación continua o simultánea

Este tipo de coordinación es aquel que aproximadamente nos den la misma indicación al mismo tiempo en todos los semáforos es decir que todos los semáforos de una red indiquen al mismo tiempo fase verde, amarilla y rojo.

Una distancia entre semáforo que sea acorde a este tipo de coordinación está dada por la siguiente relación.

$$d = 3.6 * C * V$$

Donde:

d = Distancia entre semáforos (m.)

C = Tiempo de ciclo (seg.)

V = Velocidad media de circulación (km/hr)

³ Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998).

En la mayoría de las ciudades las primeras redes de semáforos son de este tipo de coordinación que funciona bien para algunas intersecciones y con demoras para otras.

Coordinación alterna

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre una misma línea con mediciones de tipo alterno es decir que las indicaciones de fase verde pueden ir en forma alternada cada una, dos o tres intersecciones y lo mismo ocurriría con las fases rojas de tal manera que permite un conjunto de vehículos pueda funcionar con fluidez un determinado espacio para este tipo se recomienda que la separación de semáforos responda a la siguiente relación:

$$d = 1.8 * C * V$$

Dónde:

d = Separación de semáforos (m.)

C = Tiempo del ciclo (seg.)

V = Velocidad media de circulación (km/hr)

Esta modalidad de coordinación alterna es útil y recomendable para trazos urbanos donde se tenga definido flujos direccionales principales y flujos direccionales secundarios.

Coordinación flexible

La coordinación flexible se entiende como la determinación de diferentes tiempos de fase verde en semáforos pertenecientes a una red, aunque tenga tiempos fijos respondan más a las necesidades de la demandan real en cada intersección, es decir este tipo de coordinación optimiza los tiempos de fase verde en función de las demandas de acceso siendo esto solo posibles en una central digitalizada que tenga subcentrales inducidas unitarias para cada semáforo.

Cualquiera sea el tipo de coordinación que se adopte este tendrá que pasar por una prueba en funcionamiento mínimo de tres meses el cual está sujeto a un control para ver cuáles son las ventajas y desventajas y lograr una reasignación de tiempos y una coordinación adecuada a las condiciones de circulación.

2.16. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES CON SEMÁFOROS

El procedimiento presentado a continuación se basa en la metodología del manual norteamericano Highway Capacity Manual (HCM-95).

2.16.1. Análisis de la capacidad de intersecciones con semáforo

La capacidad en una intersección con semáforo se define para cada acceso, como la tasa de flujo máxima que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito de la calle y del semáforo. Esta medida en vehículos por hora (veh/hr) para intervalos pico de 15 minutos.

Condiciones prevalecientes de tráfico.

Se refieren a:

Volúmenes por tipo de movimiento a la izquierda, derecha o directo.

Composición vehicular: Automóviles, autobuses o camiones.

Maniobras de estacionamiento.

Paradas de autobuses.

Condiciones prevalecientes de la calle.

Se refieren a las características geométricas de los accesos:

Número y ancho de carriles.

Pendientes.

Uso de carriles.

Condiciones prevalecientes del semáforo.

Se refieren a:

Secuencia de fases.

Asignación de tiempos.

Tipo de operación o control.

2.16.1.1. Para el análisis de la capacidad se debe calcular

La relación volumen a capacidad (v/c) para movimientos críticos para carriles simples o grupos de carriles en todo el acceso. Esta relación se determina para un intervalo pico, donde “ v ” es el flujo actual del acceso o grupo de carriles y “ c ” es la capacidad.

El flujo de saturación (s) en unidades de vehículos por hora de luz de verde (veh/hr), esto quiere decir para un 100% del tiempo verde efectivo en un acceso o grupo de carriles dado.

La relación de flujo para un acceso o grupo de carriles “ i ”, (v/s) i .

Un grupo de carriles es definido como uno o más carriles de un acceso que carga un conjunto de flujos vehiculares, formado en base a las características geométricas del acceso y a las características de los flujos vehiculares.

La capacidad de un acceso o grupo de carriles se define como:

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Dónde:

c_i = Capacidad del acceso o grupo de carriles “ i ”, (veh/hr).

s_i = Flujo de saturación del acceso o grupo de carril “ i ”, (veh/hv – vehículos por hora de luz verde).

g_i = Tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles i , (seg.)

C = longitud de ciclo del semáforo, (seg.)

g_i/C = Relación de verde para el acceso o grupo de carriles.

La relación volumen a capacidad para un acceso o grupo de carriles (v/c) i , se llama grado de saturación X_i en el análisis de la intersección, para enfatizar la fuerte relación de la capacidad con las condiciones de señalización y por consistencia con la literatura, se expresa como:

$$X_i = \left(\frac{v}{c} \right) i = v_i \left(\frac{s_i * g_i}{C} \right) = \left(\frac{v}{s} \right) i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Dónde:

$X_i = (v/c)_i$ = Grado de saturación para un acceso o un grupo de carriles i .

v_i = Flujo actual para un acceso o grupo de carriles i , (veh/hr).

s_i = Flujo de saturación del acceso o grupo de carriles “ i ”, (veh/hr – vehículos por hora de luz verde).

g_i = Tiempo de verde efectivo para el acceso o grupo de carriles i , (seg.)

C = Longitud de ciclo del semáforo, (seg.)

$(v/s)_i$ = Relación de flujo para un acceso o grupo de carriles “ i ”.

Otro concepto de capacidad para evaluar globalmente la intersección señalizada en el análisis operacional, es el grado de saturación crítico de la intersección (X_c), por ejemplo, en una intersección con un plan de dos fases, grupos de carriles opuestos se mueven durante el mismo tiempo verde, generalmente uno de estos dos grupos de carriles requerirá más tiempo verde que el otro por lo que tendrá una mayor relación de flujo. Por lo tanto, esto podría ser el grupo de carriles “crítico” para dicha intersección de dos fases, se define que:

$$X_c = \frac{C}{C - L} \left[\sum_i i \left(\frac{v}{s} \right) c_i \right]$$

Dónde:

X_c = Grado de saturación crítico.

$\sum_i (v/s)_i c_i$ = Suma de las relaciones de flujo de todos los accesos o grupos de carriles críticos “ i ”.

C = Longitud de ciclo del semáforo, (seg.)

L = Tiempo total perdido por ciclo, (seg.)

2.16.2. Análisis del nivel de servicio de intersecciones con semáforos.

El nivel de servicio se expresa en términos de la demora media por vehículo debido a las detenciones para un periodo de análisis de 15 minutos.

Parámetros que afectan al nivel de servicio.

Promedio de demora de parada por vehículo para varios movimientos dentro de la intersección en un periodo de análisis de 15 minutos. La demora es una medida de calidad del servicio de la vía al usuario:

La calidad de la progresión.

Longitud de las fases verdes.

Longitudes de ciclo, etc.

Variables que afectan al retraso.

La calidad de la progresión.

La longitud de ciclo.

La relación del verde.

La relación volumen a capacidad (v/c) para el grupo de carriles en cuestión.

El método plantea 6 niveles de servicio para las intersecciones con semáforos que se detallaran a continuación:

Nivel de servicio A.

Describe operaciones con demoras muy bajas, menores a 5 segundos por vehículo. La mayoría de los volúmenes llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Presentan longitudes de ciclo cortas que pueden contribuir a demoras mínimas.

Nivel de servicio B.

Describe operaciones con demoras mayores a 5 segundos hasta 15 segundos por vehículo. Algunos vehículos comienzan a detenerse causando retrasos.

Nivel de servicio C.

Describe operaciones con demoras mayores a 15 segundos hasta los 25 segundos por vehículo. Estos retrasos elevados pueden dar como resultado una progresión de tránsito regular, las longitudes de ciclo son largas, el número de vehículos parados es significativo.

Nivel de servicio D.

Describe operaciones con demoras mayores a 25 segundos hasta los 40 segundos por vehículo. En un nivel D la influencia de congestión se vuelve más apreciable, las demoras son resultado de una progresión de tránsito de mala llegada a la fase roja, las longitudes de ciclo son amplias y las relaciones de v/c son altas.

Nivel de servicio E.

Describe operaciones con demoras mayores a 40 hasta 60 segundos por vehículo. Este nivel es considerado por muchas agencias de ser el límite de un retraso aceptable. Estos valores altos de retraso generalmente indican una pobre progresión, longitudes de ciclo muy largos y relaciones de v/c altas.

Nivel de servicio F.

Describe operaciones con demoras mayores a 60 segundos por vehículo. Este nivel es considerado inaceptable para la mayoría de los conductores, a menudo ocurre una sobresaturación, cuando los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, presentan muchos ciclos malogrados, una pobre progresión y largas longitudes de ciclo.

Tabla N° 2.10. Criterios de N. S. para intersecciones reguladas por semáforos.

Nivel de servicio	Demora por parada por vehículo (seg.)
A	≤ 5.0
B	>5.0 y ≤ 15.0
C	>15.0 y ≤ 25.0
D	>25.0 y ≤ 40.0
E	>40.0 y ≤ 60.0
F	>60

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

Nota 1: El nivel de servicio “C” es considerado como un objetivo de diseño deseable.

Nota 2: Es posible tener demoras en el nivel de servicio “F” (inaceptable) mientras la relación v/c sea menor a 1 ($v/c < 1$), posiblemente tan bajo como 0.75 o 0.85, por tanto, los retrasos altos pueden ocurrir para esas relaciones de v/c si existiesen alguna de las condiciones siguientes:

La longitud de ciclo es larga.

El grupo de carriles en cuestión tiene un tiempo rojo.

La progresión de tráfico pobre.

Nota 3: Un grupo saturado de carriles (relación v/c cercano a 1.0) puede tener demoras bajas si:

La longitud de ciclo es corta.

La progresión de tráfico es favorable para el grupo de carriles en cuestión o ambas.

Nota 4: Cuando la precisión de la demora es requerida para relaciones v/c mayores que 1.0 se tendrá que realizar estudios más detallados de volúmenes de tráfico, índices de flujo de saturación y otras características operacionales que deben ser realizadas.

2.16.3. Metodología del análisis operacional de intersecciones con semáforo

El análisis operacional determina la capacidad y el nivel de servicio para cada grupo de carriles o acceso y finalmente el nivel de servicio global de la intersección. Debido a que el análisis operacional de las intersecciones con semáforo es complejo, está dividido en cinco módulos distintos, como sigue a continuación:

Módulo de entrada: Se refiere a toda la información requerida para los cálculos subsecuentes. El módulo incluye todos los datos necesarios sobre la geometría de la intersección, volúmenes de tráfico y condiciones de la señalización.

Módulo de ajuste del volumen: Las demandas de volumen son generalmente basados en términos de vehículos por la hora para una hora pico. El módulo de ajuste de volumen convierte esto a relación de flujo para un periodo de análisis. Y se toma en cuenta para los efectos de la distribución de carriles. La definición del grupo de carriles para análisis además toma lugar en este sentido.

Módulo de flujo de saturación: El flujo de saturación es calculado para cada grupo de carriles establecidos para el análisis. Se tomará en cuenta un flujo de saturación “ideal” para reflejar una variedad de condiciones prevalecientes.

Módulo de análisis de capacidad: Las relaciones de flujo de volúmenes y saturación son manipulados para calcular la capacidad y las relaciones v/c para cada grupo de carriles y la relación v/c crítica para la intersección.

Modulo del nivel de servicio: Las demoras se estiman para cada grupo de carriles y se determina el nivel de servicio.

Módulo de entrada: Muestra la información necesaria para el análisis operacional. Esta información tiene 4 categorías principales: Condiciones geométricas, condiciones de tránsito, condiciones de los semáforos y valores sustitutivos por omisión.

Condiciones geométricas

Se refiere a la configuración física de la intersección como ser:

Número y ancho de carriles.

Movimiento por carril.

Ubicación de estacionamiento.

Pendientes de los accesos.

Condiciones de tráfico

Se consideran los volúmenes de tráfico para cada movimiento en cada acceso y la composición de automóviles, autobuses y camiones.

Se considera también el número de autobuses urbanos son aquellos que hacen paradas para recoger o descargar pasajeros antes y después de la intersección.

Los buses que no hagan tales paradas son considerados como vehículos pesados.

Los flujos peatonales se consideran si entran en conflicto con los vehículos, debido a que este interferirá en los giros a la derecha permitidos.

El tipo de llegada para cada grupo de carriles describe la calidad de progresión, a continuación, se presenta 6 tipos de llegadas con sus características:

Tipo de llegada 1:

- Grupo de vehículos densos.
- Volumen del grupo de vehículos en %, más del 80% del volumen del grupo de carriles.
- Llegada de vehículos al inicio de la fase roja.

Tipo llegada 2:

- Grupo de vehículos moderadamente densos.
- Volumen del grupo de vehículos del 40 al 80% del volumen del grupo de carriles.
- Llegada de vehículos a la mitad de la fase roja o grupo de vehículos dispersos.

Tipo de llegada 3:

- Grupo de vehículos altamente dispersados.
- Volumen del grupo de vehículos en %, del 40% del volumen del grupo de carriles.
- Llegada de vehículos aleatoria.

Tipo llegada 4:

- Grupo de vehículos moderadamente densos.
- Volumen del grupo de vehículos en %, del 40 al 80% del volumen del grupo de carriles.
- Llegada de vehículos en el medio de la fase verde o grupo de vehículos dispersos.

Tipo de llegada 5:

- Grupo de vehículos densos a moderadamente densos.
- Volumen del grupo de vehículos en %, más del 80% del volumen del grupo de carriles.
- Llegada de vehículos al inicio de la fase verde.

Tipo de llegada 6:

- Tipo de llegada para una calidad de progresión excepcional.
- Grupo de vehículos progresivamente densos.

Tabla N° 2.11. Relación entre el tipo de llegada y la Relación de columna (Rc).

Tipo de llegada	Intervalo de la relación de columna (rc)	Valores sustitutivos por omisión (Rc)	Calidad de la progresión
1	≤ 0.50	0.333	Muy mala
2	>0.50 y ≤ 0.85	0.667	desfavorable
3	>0.85 y ≤ 1.15	1	Llegada de forma aleatoria
4	>1.15 y ≤ 1.50	1.333	favorable
5	>1.50 y ≤ 2.00	1.667	Altamente favorable
6	>2.00		excepcional

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

Condiciones de los semáforos.

Se deberá especificar el diagrama de fases, el tiempo verde, el tiempo amarillo y las longitudes de ciclo para cada uno de los accesos.

Valores sustitutivos por omisión.

Tabla N° 2.12. Valores sustitutivos por omisión para los análisis de la circulación y de planteamiento.

Característica	Valor sustitutivo por omisión
Circulación	
Intensidad de la situación ideal	1900 veh/hv/c
Volumen peatonal en conflicto (considere nulo salvo que los datos de campo indiquen lo contrario)	Ninguno: 0 pt/h Bajo: 50 pt/h Moderado: 200 pt/h Alto: 400 pt/h
Porcentaje de vehículos pesados	2
Inclinación (porcentual)	0
Número de autobuses con parada	0/h
Condiciones de estacionamiento	Sin estacionamiento
Maniobras de estacionamiento	20/h
Tipo de llegada	
Grupo de carriles con movimientos de paso, de frente o recto	3 si es aislado
Grupo de carriles sin movimientos de paso, de frente o recto	4 si es coordinado* 3
Factor de hora punta	0.9
Factor de utilización de carril	Véase la Tabla N°7

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

Tabla N° 2.13. Valores sustitutos por omisión para los análisis de la circulación y de planteamiento.

Característica	Valor sustitutivo por omisión
Instalación y Semaforización	
Tipo de semaforización	De tiempos fijos
Duración de ciclo	60 - 120 segundos
Tiempo perdido	3.0 segundos / fase
Amarillo más todo rojo	4.0 segundos / fase
Tipo de área	Fuera del centro urbano
Ancho de carril	3.60 m
(*) Generalmente pueden lograrse mejores tipos de llegada con un diseño de progresión favorable.	

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

Ocasionalmente, algunos de los datos de campo podrían no estar disponibles cuando variables críticas no son conocidos, podría ser necesario conducir un análisis de planeación, sin embargo, valores sustitutos por omisión podrían ser usados para algunas de las variables sin comprometer seriamente los cálculos. La Tabla N° 2.12 resume los valores sustitutos por omisión para usar cuando los datos de campo no están disponibles.

Módulo de ajustes de volúmenes.

Tres pasos analíticos mayores son desarrollados en el módulo de ajuste de volumen: Convertir los volúmenes horarios a flujos a través del factor de hora de máxima demanda.

$$V_p = \frac{V}{FHMD}$$

Donde:

V_p = Tasa de flujo durante el periodo de 15 minutos pico, (veh/hr).

V = Volumen horario, (veh/hr).

FHMD = Factor de hora pico de máxima demanda, varia de 0.85 a 0.95.

Determinación del grupo de carriles para el análisis

Serán grupos de carriles separados cuando tenga bahías exclusivas de vuelta a la izquierda y a la derecha, los demás carriles directos se consideran en un grupo simple de carriles.

Será carril exclusivo de vuelta a la izquierda, cuando se tenga carriles de vuelta a la izquierda compartidos, para la cual, se deberá verificar los volúmenes de vuelta a la izquierda del carril compartido. Lo mismo se aplica en carriles exclusivos de giro a la derecha.

Para un acceso, cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de la extrema izquierda es menor que el flujo promedio en los demás carriles, se supone que los vehículos directos comparten el carril izquierdo y todo el acceso puede suponerse en un grupo de carriles simple.

Cuando el flujo de vuelta a la izquierda en el carril de la extrema izquierda es mayor que el flujo promedio en los demás carriles, el carril izquierdo se debe designar como un carril exclusivo de vuelta a la izquierda en un grupo de carriles separados por las siguientes ecuaciones.

$$VI < \frac{Va - VI}{N - 1}$$

$$VI \geq \frac{Va - VI}{N - 1}$$

Donde:

VI = Flujo actual de vuelta a la izquierda, (veh/hr).

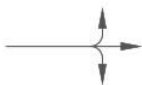
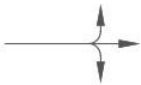
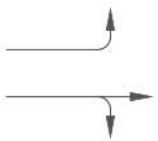
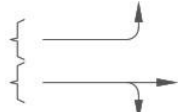
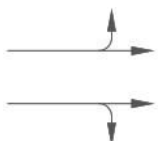
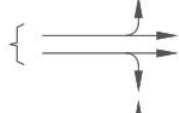
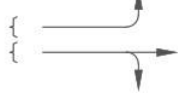
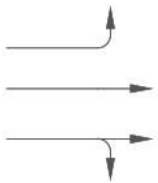
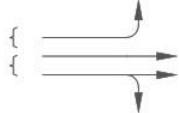
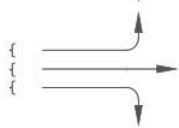
Va = Flujo total en el acceso, (veh/hr).

N = Número de carriles en el acceso.

Nota 1: Si cumple la primera desigualdad, el carril extremo izquierdo es un carril compartido y se usa un solo grupo de carriles para todo el acceso.

Nota 2: Si cumple la segunda desigualdad, el carril extremo izquierdo es un carril exclusivo de vuelta a la izquierda y deberá establecerse como un grupo separado de carriles.

Tabla N° 2.14. Grupos de carriles habituales para su análisis.

Número de carriles	Movimientos por carril	Posibilidades de los grupos de carriles
1	MI + MF + MD 	①  Acceso de un solo carril
2	MI EXC. MF + MD 	② 
2	MI + MF MF + MD 	①  ó ② 
3	MI EXC. MF MF + MD 	②  ó ③ 

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

Asignación de volúmenes a grupos de carriles

La distribución de volúmenes no es equitativa entre carriles de un mismo movimiento, por tanto, el flujo ajustado para cualquier grupo de carriles será:

$$v_i = v_{gi} * U_i$$

Dónde:

V_i = Flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles “i”, (veh/hr).

V_{gi} = Flujo de demanda no ajustado en el grupo de carriles “i”, (veh/hr).

U_i = Factor de utilización de carril para el grupo de carriles “i”, (tiene valores de 1.00; 1.05 y 1.10 para uno, dos, tres o más carriles en el grupo).

Tabla N° 2.15. Factores sustitutivos por omisión de utilización de carril

Movimientos del grupo de carriles.	Número de carriles en el grupo de carriles	Porcentaje de tráfico que soporta el carril más transitado	Factor de utilización de carril (U)
De frente o compartido	1	100.00	1.00
	2	52.50	1.05
	3	36.70	1.10
Giro a la izquierda exclusivo	1	100.00	1.00
	2	51.50	1.03
Giro a la derecha exclusivo	1	100.00	1.00
	2	56.50	1.13

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

Si el grupo de carriles cuenta con más carriles de los que figuran en esta tabla se recomienda realizar un estudio de campo o adoptar, para el grupo de carriles en cuestión, el mayor valor del factor U dado.

Módulo de flujo de saturación

Se calcula mediante estudios de campo o con la siguiente expresión:

$$s = s_0(N)(f_A)(f_{VP})(f_P)(f_E)(f_B)(f_L)(f_{MD})(f_{MI})$$

Dónde:

s = Flujo de saturación de carriles, expresado como el total para todos los carriles del grupo, bajo condiciones prevalecientes (veh/hrv).

s_0 = Flujo de saturación en condiciones ideales tomando usualmente como 1900 vehículos ligeros por hora de luz verde por carril (veh/hrv/c).

N = Número de carriles del grupo.

f_A = Factor ajuste por efecto de ancho de carril (Tabla N° 2.16).

f_{VP} = Factor de ajuste por vehículos pesados (Tabla N° 2.17).

f_P = Factor de ajuste por pendientes del acceso (Tabla N° 2.18).

f_E = Factor de ajuste por la existencia de carriles de estacionamiento adyacentes al grupo de carriles, y la actividad de estacionamiento en ese carril (Tabla N° 2.19).

f_B = Factor de ajuste por paradas de autobuses, (Tabla N° 20).

f_L = Factor de ajustes por localización de la intersección, (Tabla N° 2.21).

f_{MD} = Factor de ajuste por vueltas a la derecha en grupo de carriles, (Tabla N° 2.22).

f_{MI} = Factor de ajuste por vueltas a la izquierda el grupo de carriles, (Tabla N° 2.23).

Tabla N°2.16. Factor de ajuste por ancho de carril (f_A).

Ancho medio de carril, a (m)	Factor de ancho de carril, f_A
2.4	0.867
2.7	0.9
3	0.933
3.3	0.967
3.6	1
3.9	1.033
4.2	1.067
4.5	1.1
4.8	1.133

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

Nota: $f_A = 1 + \frac{A-3.6}{9}$; $A \geq 2.40$ m (Si $A \geq 4.8$ m. puede considerarse analizarlo como dos carriles).

Tabla N° 2.17. Factor de ajuste por vehículos pesados (fVP).

Porcentaje de vehículos pesados % vp	Factor de vehículos pesados fvp
0	1
2	0.98
4	0.962
6	0.943
8	0.926
10	0.909
15	0.87
20	0.833
25	0.8
30	0.769
35	0.741
40	0.714
45	0.69
50	0.667
75	0.571
100	0.5

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

Nota: $f_{VP} = \frac{100}{100 + \%VP(E_C - 1)}$; $0 \leq \%VP \leq 100$. Donde $E_C = 2.0$ vehículos ligeros por vehículo pesado.

Tabla N°2.18. Factor de ajuste por pendientes de acceso (fp).

Inclinación, % "i"		Factor de intersección
Tipo	Porcentaje	
Bajada	-6 o inferior	1.030
	-4	1.02
	-2	1.01
A nivel	0	1
Subida	2	0.99
	4	0.98
	6	0.97
	8	0.96
	+10 o superior	0.950

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

$$\text{Nota: } f_P = 1 - \frac{\%i}{200}; -6 \leq \%i \leq +10$$

Tabla N° 2.19. Factores de ajustes por estacionamiento (fE).

Número de carriles en el grupo de carriles N.	Sin estacionamiento	Número de maniobras de estacionamiento, nm.				
		0	10	20	30	40
1	1.00	0.900	0.850	0.800	0.750	0.700
2	1.00	0.950	0.925	0.900	0.875	0.850
3 ^a	1.00	0.967	0.950	0.933	0.917	0.900

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

Nota: $f_E = \left(\frac{N - 0.1 - 18N_m/3600}{N} \right)$; $0 \leq N_m \leq 180$, $f_E \geq 0.05$ Utilice la formula cuando haya más de tres carriles o más de 40 maniobras por hora.

Tabla N ° 2.20. Factores de ajustes por paradas de autobuses (fB).

Número de carriles en el grupo de carriles N.	Número de autobuses que paran por hora, nb.				
	0	10	20	30	40 ^a
1	1.00	0.960	0.920	0.880	0.840
2	1.00	0.980	0.960	0.940	0.920
3 ^a	1.00	0.987	0.973	0.960	0.947

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

Nota: $f_B = \frac{N - 14.4N_B/3600}{N}$; $0N_B \leq 250$, $f_B \geq 0.05$. Utilice la formula cuando haya más de tres carriles o paren más de 40 maniobras por hora.

Tabla N° 2.21. Factores de ajustes por localización de la intersección (fL).

Tipo de área.	Factor de tipo de área.
Centro urbano (CBD)	0.90
Otras zonas	1.00

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

Tabla N°2.22. Factores de ajustes por giros a la derecha (fMD).

Casos 1–6: carriles exclusivos/compartidos y fases protegidas/permitidas.				
$f_{MD} = 1.0 - P_{MD}[0.15 + (PT 2100)(1 - P_{MDA})]$				
$0.0 \leq P_{MD} \leq 1.0$	Proporción de MD en el grupo de carriles =1.00 para carriles excl. De MD (casos 1-3) <1.00 para carriles compartidos (casos 4-6)			
$0.0 \leq P_{MD} \leq 1.0$	Proporción de MD que utilizan la fase protegida= 1.00 protección completa sin presencia de peatones. <1.00 para permitidas con peatones en conflicto.			
$0.0 \leq P_{MD} \leq 1.0$	Volúmenes de peatones (pt/h) en conflicto con MD (si $PT > 1700$, utilícase 170)			
Caso 7: Acceso de un solo carril (toda la circulación del acceso utiliza un solo carril, como se define en la figura N° 5.58).				
$f_{MD} = 0.9 - P_{MD}[0.135 + (PT 2100)]$				
$0.0 \leq P_{MD} \leq 1.0$	Proporción de MD en el grupo de carriles.			
$0.0 \leq PT \leq 1700$	Volúmenes de peatones (pt/h) en conflicto con MD (utilice 0 si MD está completamente protegido)			
$f_{MD} = 1.0 - \text{si } P_{MD} = 0.0$				
$f_{MD} \geq 0.05$				
Rango de variación de las variables.				
Caso	PMD	PMDA	PT	Formula simplificada
1 carril excl. MD: fase MD Prot.	1.0	1.0	0.0	0.85
2 carril excl. MD: fase MD Perm.	1.0	0.0	0.0 – 1700	0.85
3 carril excl. MD: fase MD Prot.+perm	1.0	0.0 – 1.0	0.0 – 1700	0.85
4 carril compartido MD: fase MD prot.	0.0 – 1.0	1.0	0.0	1.0
5 carril compartido MD: fase MD Perm.	0.0 – 1.0	0.0	0.0 – 1700	1.0
6 carril compartido MD: fase MD prot. + perm.	0.0 – 1.0	0.0 – 1.0	0.0 – 1700	1.0

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

Tabla N°2.23. Factores de ajustes por giros a la izquierda (f_{MI}).

Caso	Tipo de grupo de carriles.	Factor de giro a la izquierda, f_{MI}						
1	Carril exclusivo MI; Fases protegidas.	0.95						
2	Carril exclusivo MI; Fases permitidas.	Procedimiento especial. Véase formulario de la figura 9-17 o 9-18 (HCM-85).						
3	Carril exclusivo MI Fases protegidas y permitidas.	Aplique el caso 1 a la fase protegida Aplíquese el caso 2 a la fase permitida						
4	Carril compartido MI; Fase protegida.	$f_{MI} = 1.0 / (1.0 + 0.05 P_{MI})$						
		Proporción de giros a la izquierda, P_{MI}						
		0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	
		Factor	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95
5	Carril compartido MI; Fase permitida.	Procedimiento especial: véase formulario de la figura 9-17 o 9-18						
6	Carril compartido MI: Fases protegidas y permitidas.	$f_{MI} = (1400 - Q_o) / [(1400 - Q_o) + (235 + 0.435Q_o)P_{MI}]$, $Q_o \leq 1220 \text{ veh/h}$ $f_{MI} = 1 / [1 + 4525P_{MI}]$, $Q_o \geq 1220 \text{ veh/h}$						
		Volumen en sentido opuesto, Q_o .	Proporción de giros a la izquierda, P_{MI}					
			0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
		0	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.86
		200	1.00	0.95	0.90	0.86	0.82	0.78
		400	1.00	0.92	0.85	0.80	0.75	0.70
		600	1.00	0.88	0.79	0.72	0.66	0.61
		800	1.00	0.83	0.71	0.62	0.55	0.49
		1000	1.00	0.74	0.58	0.48	0.41	0.36
1200	1.00	0.55	0.38	0.29	0.24	0.20		
≥ 1200	1.00	0.52	0.36	0.27	0.22	0.18		

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

2.16.4. Módulo de análisis de capacidad.

La capacidad para cada acceso o grupo de carriles se calcula a partir de la ecuación:

$$C_i = S_i (g_i / C)$$

La relación v/c para cada acceso o grupo de carriles se determina con la ecuación:

$$X_i = (v/c)_i = \frac{V_i}{\left(\frac{S_i g_i}{C}\right)} = \left(\frac{v}{s}\right)_i / (g_i / C)$$

El grado de saturación crítico de la intersección se calcula a partir de la ecuación:

$$X_c = \frac{C}{C - L} \left[\sum_i \left(\frac{v}{s} \right) c_i \right]$$

2.16.5. Modulo del nivel de servicio

Se determina el nivel de servicio para cada grupo de carriles, cada acceso y para toda la intersección mediante la demora media por detenciones por vehículo. Se plantea el siguiente procedimiento:

La demora uniforme (d_{1i}): Es la que ocurrirá si los vehículos llegaran uniformemente distribuidos sin existir saturación durante ningún ciclo. Se expresa como:

$$d_{1i} = 0.38 * C * \frac{\left(1 - \left(\frac{g_i}{C} \right) \right)^2}{\left(1 - \left(\frac{g_i}{C} \right) * X_i \right)}$$

Dónde:

d_{1i} = Demora uniforme para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

C = Longitud del ciclo del semáforo, (segundos).

X_i = (v/c) i = Grado de saturación para un acceso o un grupo de carriles “i”.

g_i = Tiempo verde efectivo para el acceso o grupo de carriles “i” (segundos).

La demora incremental (d_{2i}): Considera las llegadas aleatorias, logrando que algunos ciclos se saturan. Se expresa como:

$$d_{2i} = 173 X_i^2 \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i - 1)^2 + \left(\frac{16 * X_i}{C_i} \right)} \right]$$

Dónde:

d_{2i} = Demora incremental para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

X_i = (v/c) i = Grado de saturación para un acceso o un grupo de carriles “i”.

c_i = Capacidad del acceso o grupo de carriles “i”, (veh/hr).

La demora total (d_i): Para el grupo de carriles “i” se expresa como:

$$d_i = d_{li} + d_{2i}$$

Dónde:

d_i = Demora total para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

d_{li} = Demora uniforme para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

d_{2i} = Demora incremental para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

Es necesario ajustar la demora total d_{ia} : Ya que en la mayoría de los casos las llegadas de vehículos no son del todo aleatorias, sino que lo hacen en forma agrupada debido a la progresión en los semáforos y otros factores, por lo tanto:

$$d_{ia} = d_i * FP$$

Dónde:

d_{ia} = Demora ajustada para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

d_i = Demora total para el grupo de carriles “i”, (seg/veh).

FP = Factor de ajuste por efecto de la programación de semáforos. (Tabla N° 2.24).

La demora en cualquier acceso (d_A): Se determina como un promedio ponderado de las demoras totales de todos los grupos de carriles del acceso, a través de la ecuación:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} (d_{ia} * v_i)}{\sum_{i=1}^{n_A} v_i}$$

Dónde:

d_A = Demora en cualquier acceso. (seg/veh).

n_A = Número de grupos de carriles en el acceso A.

d_{ia} = Demora ajustada para el grupo de carriles “i”. (seg/veh).

v_i = Flujo de demanda ajustado en el grupo de carriles "i". (veh/hr).

Tabla N° 2.24. Factor de ajustes (FD) por demora uniforme.

Factor de ajuste por tipo de regulación (fr)						
Tipo de control.	Intersecciones no coordinadas.			Intersecciones coordinadas.		
Prefijada (ningún grupo de carriles es accionado por el tráfico)	1			FP según se calcula a continuación		
Semiaccionada:						
Grupo de carriles accionados por el tráfico	0.85			1.00		
Grupo de carriles no accionados.	0.85			FP según se calcula a continuación.		
Totalmente accionada (todos los grupos de carriles son accionados por el tráfico)				Trátase como semi-accionada.		
Factor de ajuste por Progresión (FP)						
FP=(1-P) fc (1-g/C)						
Tipo de llegada.						
Relación de verde (g/C)	TL1-1	TL1-2	TL1-3	TL1-4	TL1-5	TL1-6
0.20	1.167	1.007	1.000	1.000	0.833	0.750
0.30	1.286	1.063	1.000	0.986	0.714	0.571
0.40	1.445	1.136	1.000	0.895	0.555	0.333
0.50	1.667	1.240	1.000	0.767	0.000	0.000
0.60	2.001	1.395	1.000	0.576	0.000	0.000
0.70	2.556	1.653	1.000	0.256	0.000	0.000
Sustitutivo por omisión Fc	1.000	0.930	1.000	1.150	1.000	1.000
Sustitutivo por omisión Rc	0.333	0.667	1.000	1.333	1.667	2000
Termino de calibración de la demora incremental, m	8	12	16	12	8	4

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

Nota: 1.- La tabulación se basa en valores sustitutos por omisión de fcy Rc

Nota: 2.- P = Rcg/C (no puede exceder de 1.0)

Nota: 3.- FP puede no exceder de 1.0 en los TL1-3 a TL1-6

$$d_i = \frac{\sum_{A-1}^T (d_A V_A)}{\sum_{A-1}^T V_A}$$

Dónde:

d_i = Demora en la intersección. (Seg/veh).

d_A = Demora en cualquier acceso. (seg/veh).

V_A = Flujo ajustado del acceso A. (veh/hr).

T = Numero de accesos en la intersección.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LAS AVENIDAS DEFENSORES DEL CHACO Y HÉROES DEL CHACO

3.1. UBICACIÓN

El estudio de se realizó en la ciudad de Tarija en las (avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, entre las avenidas Julio Delio Echazú y final av. Héroes del Chaco).

El inicio del tramo de estudio está ubicado en el Barrio Juan XXIII, cuyas coordenadas medias en WGS84 son (322137.00 m E 7617257.00 m S) y termina en el Barrio Simón Bolívar, de coordenadas (325056.00 m E 7615724.00 m S).

Figura N ° 3.1. Ubicación de las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco



Fuente. Image satelital Google Earth

La ciudad de Tarija al igual que todas las ciudades del mundo se enfrentan a serios problemas de trafico vehicular que son parte del diario vivir de la sociedad; la ciudad de Tarija convive con este inconveniente debido al crecimiento del parque auto motor y urbano en la ciudad.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Estas avenidas están conectadas entre si, la avenida Defensores del Chaco se encuentra en el barrio Juan XXII, (entre las av. Julio Deilo Echazú y av. Roberto Romero), y la avenida Héroes del Chaco se encuentra en los barrios Aeropuerto, Morros Blancos y Simón Bolívar, (entre la av. Roberto Romero y Final av. Heroes del Chaco). Estas dos avenidas sirven para descongestionar el tráfico vehicular en la avenida Jaime Paz Zamora, y debido a esto hay intersecciones congestionadas en horas pico y por zonas comerciales, fábricas y colegios que se encuentran a lo largo de las vías.

Las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco está compuesta de dos vías. De acuerdo a las características de las avenidas el estudio de tráfico, se realizó en treinta intersecciones de las vías, de las cuales solo una intersección cuenta con semaforización correspondiente

3.3. Parámetros de tráfico

Los parámetros de tráfico que fueron objeto de estudio son: volumen de tráfico, velocidad, capacidad, niveles de servicio, semaforización y señalización. Cuyo desarrollo de su estudio y análisis se desarrolla en los siguientes puntos:

3.4. Proceso de estudio

3.4.1. Aforos de volúmenes

Todos los aforos de los volúmenes de tráfico vehicular se encuentran en (**anexos**), se utilizo el método manual y la norma AASTHO para el aforo de volúmenes.

3.4.1.1. Aforo de un día para obtener las horas pico

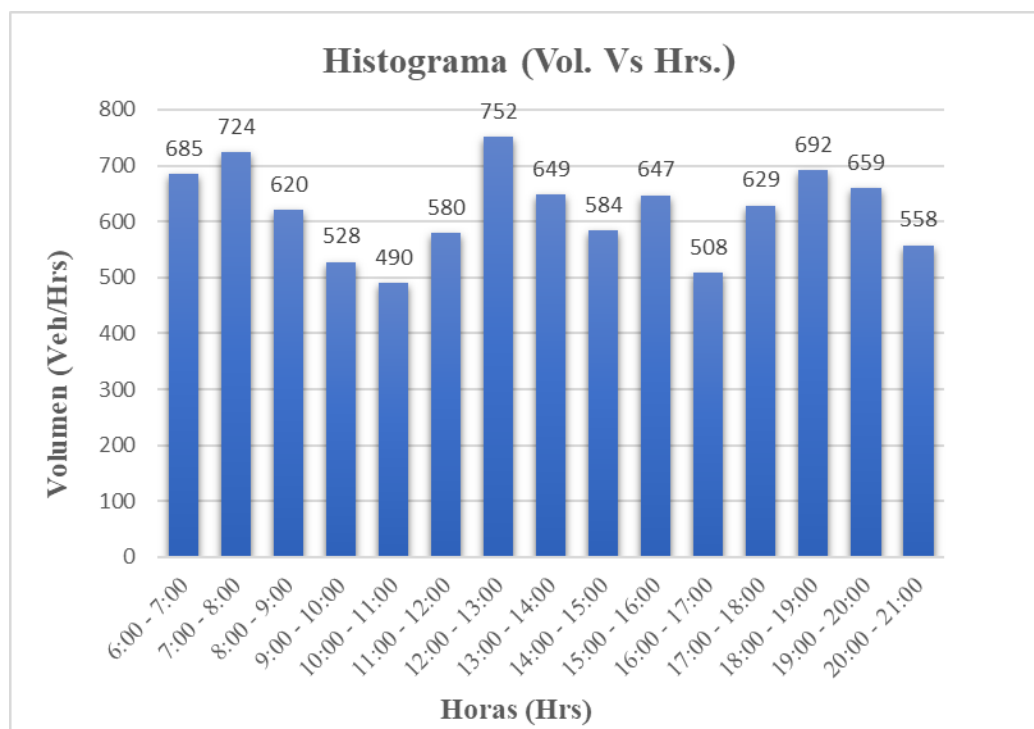
Se identificó la zona más conflictiva en la vía y se realizó el aforo de un día (**anexo 1**), desde las 6:00 am hasta las 9:00 pm, en la avenida Héroes del Chaco en el tramo de ida hacia la intersección con la avenida Fuerza Aérea, para determinar las tres horas pico del día en dicha vía.

Tabla N° 3.1 Av. Héroes del Chaco de ida a la intersección con la av. Fuerza Aérea

Volúmenes (veh/hr)	Horas
685	6:00 - 7:00
724	7:00 - 8:00
620	8:00 - 9:00
528	9:00 - 10:00
490	10:00 - 11:00
580	11:00 - 12:00
752	12:00 - 13:00
649	13:00 - 14:00
584	14:00 - 15:00
647	15:00 - 16:00
508	16:00 - 17:00
629	17:00 - 18:00
692	18:00 - 19:00
659	19:00 - 20:00
558	20:00 - 21:00

Fuente: *Elaboración propia*

Figura N° 3.2. Comportamiento del tráfico vehicular para las horas pico



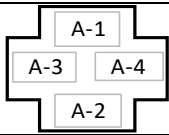
Fuente: *Elaboración propia*

Nota: Con estas horas picos se trabajó para las treinta intersecciones.

3.4.1.2. Aforos de volúmenes de un mes

Con las horas picos ya definidas se procedió a realizar el aforo de volúmenes en las tres horas correspondientes de cada día (07:00-08:00, 12:00-13:00, 18:00-19:00), dos días hábiles y un día no hábil, ubicándose en cada acceso de las intersecciones anotando la clasificación correspondiente. En la tabla N° 3.2. mostraremos la planilla que se utilizó para la obtención de volúmenes.

Tabla N° 3.2. Planilla de aforos de volúmenes

Interseccion 1					
DÍA HÁBIL	Fecha				
A - 1	HORA DE INICIO:		Nombre:		
	HORA DE FIN:				
	Livianos		Medianos		Pesados
Recto					
G. Der.					
G. Izq.					
A - 2	HORA DE INICIO:		Nombre		
	HORA DE FIN:				
	Livianos		Medianos		Pesados
Recto					
G. Der.					
G. Izq.					
A - 3	HORA DE INICIO:		Nombre		
	HORA DE FIN:				
	Livianos		Medianos		Pesados
Recto					
G. Der.					
G. Izq.					
A - 4	HORA DE INICIO:		Nombre		
	HORA DE FIN:				
	Livianos		Medianos		Pesados
Recto					
G. Der.					
G. Izq.					
Intersccion 1	Ancho de calzada	Parada antes de la interseccion		Parada despues de la interseccion	
A-1					
A-2					
A-3					
A-4					

Fuente: Elaboración propia

Para el aforo se utilizó el método manual, para realizar el conteo de los volúmenes de vehículos ya que este método es más completo, con el personal adecuado y muy bien capacitado con una información completa, ya que el conteo manual sería complicado.

Los aforos de volúmenes de un mes, se realizó tres días a la semana; durante dos días hábiles y un día no hábil. Se realizó el conteo de los vehículos (livianos, medianos y pesados), en cada intersección se tomó en cuenta los accesos de entrada a la intersección para hacer el aforo de cada acceso en (giro izquierdo, de frente y giro derecho) en las tres horas pico del día. En intervalos de 15 minutos cada intersección para multiplicar por 4 para llevar esos datos a una fracción de una hora; los aforos de las semanas completas se encuentran en (**anexos 2**) y el total de aforos de volúmenes de un mes (**anexos 3**). La planilla que se utilizó para los volúmenes diarios es la siguiente.

Tabla N° 3.3. Planilla de volúmenes diarios

DÍA HÁBIL	Fecha								
A - 1	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.
Liviano									
Mediano									
Pesado									
A - 2	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.
Liviano									
Mediano									
Pesado									
A - 3	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.
Liviano									
Mediano									
Pesado									
A - 4	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.
Liviano									
Mediano									
Pesado									

Fuente: Elaboración propia

El procesamiento de datos totales durante todo el mes para calcular el TPH de cada acceso y cada intersección se utilizó según la norma AASHTO. Los indicadores estadísticos como la media aritmética y la desviación estándar que nos sirvió para hacer la depuración de datos que estaban dispersos; también se utilizó el rango de depuración óptimo, para tener mejores resultados de aforos vehiculares. En la siguiente Tabla N° 3.4 se muestra

como se realizó la depuración mensual de una intersección de la vía de estudio.

Tablas N° 3.4. Depuración de datos de aforos mensuales por intersección (veh/hr)

INTERSECCIÓN 1		(AV. DEFENSORES DEL CHACO Y AV. JULIO DELIO ECHAZÚ)							
ACCESO 1	7:00-8:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.
Semana 1	742	690	764	792	738	739	738	776	758
Semana 2	706	743	768	670	728	788	774	766	764
Semana 3	823	740	706	770	722	740	730	798	756
Semana 4	756	796	629	790	722	722	776	814	668
Media	757	742	717	756	728	747	755	789	737
Desv	49	43	65	58	8	28	24	22	46
Med + Desv	806	786	782	813	735	776	778	810	782
Med - Desv	708	699	652	698	720	719	731	767	691
Med. Depurada	735	760	746	784	724	734	763	780	759
ACCESO 2	7:00-8:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.
Semana 1	854	760	1000	840	938	822	918	789	808
Semana 2	839	746	792	710	684	702	702	642	630
Semana 3	762	812	678	756	740	770	664	684	728
Semana 4	727	812	734	662	684	684	698	678	642
Media	796	783	801	742	762	745	746	698	702
Desv	61	35	141	76	121	64	116	63	83
Med + Desv	856	817	942	818	882	808	862	762	785
Med - Desv	735	748	660	666	641	681	629	635	619
Med. Depurada	818	795	735	769	703	719	688	668	667
ACCESO 3	7:00-8:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.
Semana 1	548	472	546	558	568	556	650	620	548
Semana 2	622	506	596	674	488	546	538	442	542
Semana 3	448	526	444	484	596	566	502	578	562
Semana 4	578	454	528	712	524	548	696	564	544
Media	549	490	529	607	544	554	597	551	549
Desv	74	33	63	105	48	9	91	76	9
Med + Desv	623	522	592	712	592	563	688	627	558
Med - Desv	475	457	465	502	496	545	505	475	540
Med. Depurada	583	501	557	648	563	550	628	587	545
ACCESO 4	7:00-8:00			12:00-13:00			18:00-19:00		
	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.	MART.	JUEV.	SÁB.
Semana 1	874	988	856	1020	874	896	776	960	778
Semana 2	918	920	920	946	876	876	848	836	836
Semana 3	878	856	806	892	812	892	818	908	862
Semana 4	916	828	760	976	916	868	862	918	800
Media	897	898	836	959	870	883	826	906	819
Desv	24	71	69	54	43	13	38	52	37
Med + Desv	920	969	904	1012	912	896	864	957	856
Med - Desv	873	827	767	905	827	870	788	854	782
Med. Depurada	897	868	807	938	854	888	843	913	818

Fuente: Elaboración propia

Nota: Todas las casillas que están pintadas con azul son los datos depurados.

Todos los resultados de las depuraciones se encuentran en (**anexos 4**). Luego de la depuración de los datos mensuales para cada acceso de las treinta intersecciones, se obtiene promedios finales de aforos de volúmenes por intersección en (veh/hr). Los resultados de volúmenes se muestran en las siguientes tablas.

Tablas 3.5. Promedios finales de aforos de volúmenes por intersección (veh/hr)

Intersección 1	(Av. Defensores del Chaco y Av. Julio Delio Echazú)			
ACCESOS	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	DÍA
A-1	747	747	767	754
A-2	783	730	674	729
A-3	547	587	587	573
A-4	857	893	858	870
Intersección 2	(Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	769	793	826	796
A-2	656	698	649	668
A-3	328	275	325	310
A-4	621	643	691	652
Intersección 3	(Av. Defensores del Chaco y calle Godolfredo Arnold)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	432	424	414	423
A-2	138	162	136	145
A-3	87	100	90	92
A-4	385	382	446	404
Intersección 4	(Av. Belgrano y calle Godolfredo Arnold)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	334	350	375	353
A-2	81	98	107	95
A-3	307	293	302	301
A-4	95	76	84	85
Intersección 5	(Av. Belgrano y calle 6 de Junio)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	410	342	346	366
A-2	443	459	478	460
A-3	60	69	61	63
Intersección 6	(Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	406	390	367	388
A-2	479	432	457	456
A-3	501	463	427	464
Intersección 7	(Av. Defensores del Chaco y calle Remberto Attard)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	55	58	54	56
A-2	436	434	441	437

Fuente: Elaboración propia

Tablas 3.6. Promedio final de aforos de volúmenes por intersección (veh/hr)

Intersección 8				
(Av. Belgrano y av. Monseñor Font)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	397	419	400	405
A-2	394	415	425	411
Intersección 9				
(Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	769	760	750	760
A-2	490	524	512	709
A-3	593	570	622	684
Intersección 10				
(Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	489	492	488	490
A-2	453	571	530	518
A-3	530	616	610	585
A-4	450	450	471	457
Intersección 11				
(Av. Héroes del Chaco y calle Oscar Trigo P.)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	310	328	378	339
A-2	40	38	39	39
A-3	28	33	33	31
A-4	282	311	332	309
Intersección 12				
(Av. Héroes del Chaco y calle Roberto Ugarte Ruiz)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	279	296	307	294
A-2	40	38	43	40
A-3	27	29	32	29
A-4	296	290	300	295
Intersección 13				
(Av. Héroes del Chaco y Carlos Zamora Trigo)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	299	310	301	303
A-2	45	52	48	48
A-3	61	84	104	83
A-4	278	297	308	294
Intersección 14				
(Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	843	843	845	843
A-2	381	424	469	625
A-3	311	352	449	471
A-4	547	568	530	684
Intersección 15				
(Av. Héroes del Chaco y av. María Laura Justiniano)				
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	233	217	225	325
A-2	115	144	131	230
A-3	665	723	733	707

Fuente: Elaboración

Tablas 3.7. Promedio final de aforos de volúmenes por intersección (veh/hr)

Intersección 16	(Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer Gallop)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	75	46	59	60
A-2	33	26	28	29
A-3	634	616	655	635
Intersección 17	(Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	67	56	72	65
A-2	52	76	67	65
A-3	841	805	815	820
Intersección 18	(av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	568	594	597	586
A-2	506	514	514	511
Intersección 19	(Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	153	166	170	163
A-2	567	513	560	547
Intersección 20	(Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	191	175	135	167
A-2	550	529	525	535
Intersección 21	(Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero E.)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	295	286	294	292
A-2	356	370	377	368
A-3	321	320	328	331
Intersección 22	(Av. Defensores del Chaco y calle Juan de Dios Paz E.)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	33	25	38	32
A-2	242	244	227	238
A-3	250	259	268	259
Intersección 23	(Av. Héroes del Chaco y calle Numa R. del Carpio)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	29	37	30	32
A-2	251	266	238	252
A-3	276	253	259	263
A-4	36	38	32	35
Intersección 24	(Av. Héroes del Chaco y calle Anacochoa)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	16	14	15	15
A-2	199	198	214	204
A-3	208	204	211	208
Intersección 25	(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	28	32	28	29

Fuente: Elaboración propia

Tablas 3.8. Promedio final de aforos de volúmenes por intersección (veh/hr)

Intersección 25	(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-2	191	127	223	180
A-3	188	167	224	193
A-4	38	49	29	39
Intersección 26	(Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	39	45	28	37
A-2	205	192	225	207
A-3	212	200	244	219
A-4	51	48	51	50
Intersección 27	(Av. Héroes del Chaco y calle Cnel. José M. Valverde)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	32	31	35	32
A-2	166	166	188	173
A-3	171	159	201	177
A-4	31	31	33	32
Intersección 28	(Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez)			
Accesos	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	Día
A-1	460	418	461	446
A-2	369	337	327	345
A-3	283	234	256	258
A-4	232	191	194	206
Intersección 29	(Av. Héroes del Chaco y calle Sin Nombre)			
ACCESOS	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	DÍA
A-1	219	218	195	211
A-2	185	208	212	202
A-3	155	120	128	135
Intersección 30	(Final av. Héroes del Chaco)			
ACCESOS	7:00-8:00	12:00-13:00	18:00-19:00	DÍA
A-1	150	140	126	139
A-2	153	158	163	158

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Porcentaje de vehículos giro izquierdo y derecho

Para el cálculo de porcentaje (%) de vehículos de giro izquierdo y giro derecho solo se tomó en cuenta los vehículos de ambos giros, de las tablas mensuales en **(anexos 3)**, se sacó la sumatoria total y la media aritmética de los tres días de las cuatro semanas por hora pico, las tablas completas del cálculo se encuentran en **(anexo 5)**, donde se obtuvo el total de vehículos giro izquierdo y derecho de cada intersección; con esos valores totales se calculó el (%) de giro izquierdo y derecho con el total de vehículos de cada acceso para

todas las intersección. En la tabla a continuación se muestra como se realizaron las medias aritméticas para porcentajes de giros izquierdo y derecho.

Tablas N° 3.9. Medias aritméticas de giro izquierdo y derecho (veh/hr)

INTERSECCIÓN 1			(AV. DEFENSORES DEL CHACO Y AV. JULIO DELIO ECHAZÚ)										
A - 1	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00			MEDIA			
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	TOTAL
Total* mov.	50	598	35	27	610	46	41	624	21	39	611	34	684
Total %	7.25	87.62	5.13	3.95	89.36	6.69	6.00	90.96	3.04	5.73	89.32	4.95	100
A - 2	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00			MEDIA			
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	TOTAL
Total* mov.	358	142	231	321	156	242	341	143	192	340	147	222	709
Total %	49.0	19.40	31.65	44.60	21.71	33.70	50.38	21.17	28.44	47.93	20.74	31.32	100
A - 3	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00			MEDIA			
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	TOTAL
Total* mov.	101	373	4	140	382	9	122	404	2	121	386	5	512
Total %	21.2	78.06	0.73	26.31	71.96	1.73	23.05	76.51	0.44	23.60	75.42	0.98	100
A - 4	07:00-08:00			12:00-13:00			18:00-19:00			MEDIA			
	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	G. Izq.	Recto	G. Der.	TOTAL
Total* mov.	123	628	33	142	598	51	133	626	32	133	617	39	788
Total %	15.6	80.11	4.25	18.01	75.59	6.41	16.88	79.12	4.01	16.84	78.27	4.89	100

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.10. Porcentajes finales de giro izquierdo y derecho (veh/hr)

Intersección 1		(Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.	
A - 1	39	34	5.73	4.95	
A - 2	340	222	47.93	31.32	
A - 3	121	5	23.60	0.98	
A - 4	24	39	16.84	4.89	
Intersección 2		(Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.	
A - 1	40	106	5.54	14.70	
A - 2	92	96	15.84	16.58	
A - 3	13	9	4.88	3.38	
A - 4	29	11	4.96	1.95	
Intersección 3		(Av. Defensores del Chaco y calle Godolfredo Arnold)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.	
A - 1	56	11	13.89	2.64	
A - 2	35	84	26.74	64.22	
A - 3	63	5	73.98	5.93	
A - 4	1	18	0.39	5.13	

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.11. Porcentajes finales de giro izquierdo y derecho (veh/hr)

Intersección 4	(Av. Belgrano y calle Godolfredo Arnold)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	27	19	9.06	6.21
A - 2	14	55	16.92	67.12
A - 3	15	8	5.54	3.03
A - 4	11	54	14.36	71.80
Intersección 5	(Av. Belgrano y calle 6 de Junio)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	18	39	5.32	11.96
A - 2	0	33	0.00	9.05
A - 3	0	0	0.00	0.00
A - 4	0	0	0.00	0.00
Intersección 6	(Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	31	0.00	8.61
A - 2	18	36	4.36	8.59
A - 3	29	0	6.39	0.00
Intersección 7	(Av. Defensores del Chaco y calle Remberto Attard)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	48	0.00	100.00
A - 2	0	6	0.00	1.68
Intersección 8	(Av. Belgrano y av. Monseñor Font)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	17	0	4.87	0.00
A - 2	369	0	100.00	0.00
Intersección 9	(Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	65	251	9.22	35.73
A - 2	0	69	0.00	14.38
A - 3	222	0	37.69	0.00
Intersección 10	(Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	17	37	3.94	8.91
A - 2	35	120	7.21	24.56
A - 3	142	10	27.21	1.87
A - 4	35	21	8.83	5.18
Intersección 11	(Av. Héroes del Chaco y calle Oscar Trigo P.)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	7	22	2.40	7.25
A - 2	8	13	26.91	41.45
A - 3	5	16	19.33	60.50
A - 4	5	3	1.60	0.91
Intersección 12	(Av. Héroes del Chaco y calle Roberto Ugarte Ruiz)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	7	14	2.50	5.26
A - 2	7	12	24.26	40.93
A - 3	4	13	17.22	54.25
A - 4	4	2	1.62	0.79

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.12. Porcentajes finales de giro izquierdo y derecho (veh/hr)

Intersección 13	(Av. Héroes del Chaco y Carlos Zamora Trigo)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	7	23	2.67	8.63
A - 2	10	20	28.22	55.08
A - 3	35	29	51.13	41.98
A - 4	6	3	2.21	1.27
Intersección 14	(Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	82	332	11.61	47.28
A - 2	47	107	12.12	27.91
A - 3	33	129	8.93	34.88
A - 4	57	42	11.94	8.67
Intersección 15	(Av. Héroes del Chaco y av. María Laura Justiniano)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	35	125	21.79	78.21
A - 2	69	0	69.60	0.00
A - 3	0	70	0.00	14.49
Intersección 16	(Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer Gallop)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	8	32	19.69	80.31
A - 2	13	0	63.87	0.00
A - 3	0	5	0.00	1.00
Intersección 17	(Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	27	0.00	62.53
A - 2	20	22	47.50	52.50
A - 3	0	7	0.00	1.04
Intersección 18	(av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	505	0	100.00	0.00
A - 2	0	0	0.00	0.00
Intersección 19	(Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	84	0.00	63.55
A - 2	0	45	0.00	10.08
Intersección 20	(Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	138	0.00	100.00
A - 2	3	30	0.62	6.89
Intersección 21	(Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero E.)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	33	0.00	13.05
A - 2	0	105	0.11	30.98
A - 3	0	185	35.30	64.70
Intersección 22	(Av. Defensores del Chaco y calle Juan de Dios Paz E.)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	12	12	48.61	51.39
A - 2	9	0	4.33	0.00
A - 3	0	9	0.00	3.85

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.13. Porcentajes finales de giro izquierdo y derecho (veh/hr)

Intersección 23	(Av. Héroes del Chaco y calle Numa R. del Carpio)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	9	8	39.67	34.86
A - 2	7	5	3.34	2.13
A - 3	3	9	1.54	4.32
A - 4	4	10	20.77	45.16
Intersección 24	(Av. Héroes del Chaco y calle Anacocha)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	6	6	46.58	46.58
A - 2	0	7	0.00	4.50
A - 3	7	0	3.89	0.00
Intersección 25	(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	5	7	27.81	38.76
A - 2	7	7	4.07	4.31
A - 3	7	5	4.42	3.51
A - 4	9	9	32.35	34.25
Intersección 26	(Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	9	13	29.71	43.81
A - 2	7	9	4.24	5.18
A - 3	11	5	6.46	3.18
A - 4	9	18	25.98	52.94
Intersección 27	(Av. Héroes del Chaco y calle Cnel. José M. Valverde)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	5	9	25.66	46.90
A - 2	7	5	4.78	3.59
A - 3	4	5	2.59	3.50
A - 4	9	9	40.90	43.27
Intersección 28	(Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	86	239	22.04	60.98
A - 2	153	40	49.72	13.02
A - 3	15	42	6.59	18.24
A - 4	38	47	19.97	24.87
Intersección 29	(Av. Héroes del Chaco y calle Sin Nombre)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	74	0.00	40.85
A - 2	50	0	28.51	0.00
A - 3	48	60	44.30	55.70
Intersección 30	(Final av. Héroes del Chaco)			
Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
A - 1	0	121	0.00	100.00
A - 2	144	0	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

3.4.3. Porcentaje de vehículos pesados (%)

Para los vehículos pesados se realizó la sumatoria de volúmenes de cada acceso para

obtener las medias aritméticas del mes en sus tres horas pico; se realizó medias aritméticas para obtener el total de vehículos pesados por hora, los cálculos están en (anexos 6), los resultados de porcentajes (%) de vehículos pesados se muestran en las siguientes tablas.

Tablas N° 3.14. Promedios finales del porcentaje (%) de vehículos pesados

Intersección 1 (Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	238	0.88
A - 2	170	0.63
A - 3	58	0.29
A - 4	178	0.57
Intersección 2 (Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	65	0.24
A - 2	51	0.22
A - 3	0	0.00
A - 4	326	1.39
Intersección 3 (Av. Defensores del Chaco y calle Godolfredo Arnold)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	70	0.44
A - 2	0	0.00
A - 3	0	0.00
A - 4	92	0.63
Intersección 4 (Av. Belgrano y calle Godolfredo Arnold)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	40	0.32
A - 2	0	0.00
A - 3	28	0.26
A - 4	14	0.45
Intersección 5 (Av. Belgrano y calle 6 de Junio)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	21	0.17
A - 2	46	0.31
A - 3	32	1.55
Intersección 6 (Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	52	0.36
A - 2	52	0.31
A - 3	42	0.24
Intersección 7 (Av. Defensores del Chaco y calle Remberto Atard)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	0	0.00
A - 2	90	0.62
Intersección 8 (Av. Belgrano y av. Monseñor Font)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	26	0.18
A - 2	2	0.01

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.15. Promedios finales del porcentaje (%) de vehículos pesados

Intersección 9 (Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	0	0.00
A - 2	0	0.00
A - 3	62	0.28
Intersección 10 (Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	146	0.85
A - 2	170	0.91
A - 3	116	0.57
A - 4	52	0.32
Intersección 11 (Av. Héroes del Chaco y calle Oscar Trigo P.)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	65	0.54
A - 2	38	2.57
A - 3	0	0.00
A - 4	55	0.49
Intersección 12 (Av. Héroes del chaco y calle Roberto Ugarte Ruiz)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	67	0.63
A - 2	29	1.99
A - 3	0	0.00
A - 4	36	0.34
Intersección 13 (Av. Héroes del chaco y Carlos Zamora Trigo)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	76	0.70
A - 2	48	2.73
A - 3	86	2.77
A - 4	68	0.64
Intersección 14 (Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	608	1.99
A - 2	422	2.68
A - 3	83	0.59
A - 4	429	2.20
Intersección 15 (Av. Héroes del Chaco y av. María Laura Justiniano)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	264	3.27
A - 2	95	2.04
A - 3	536	2.64
Intersección 16 (Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer Gallop)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	48	2.40
A - 2	0	0.00
A - 3	484	2.20
Intersección 17 (Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos)		
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	102	4.31
A - 2	80	3.38
A - 3	510	1.78

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.16. Promedios finales del porcentaje (%) de vehículos pesados

Intersección 18	Av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	148	0.70
A - 2	426	2.19
Intersección 19	(Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	186	2.79
A - 2	286	1.48
Intersección 20	(Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	64	1.01
A - 2	284	1.50
Intersección 21	(Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero Echazú)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	178	1.68
A - 2	296	2.14
A - 2	366	3.03
Intersección 22	(Av. Héroes del Chaco y calle Juan de Dios Paz Echazú)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	107	9.21
A - 2	158	1.83
A - 3	160	1.67
Intersección 23	(Av. Héroes del Chaco y calle Numa Romero del Carpio)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	0	0.00
A - 2	116	1.27
A - 3	202	2.17
A - 4	128	9.97
Intersección 24	(Av. Héroes del Chaco y calle Anacocho)	
ACCESOS	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	26	4.41
A - 2	82	1.19
A - 3	170	2.19
Intersección 25	(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	86	7.73
A - 2	92	1.27
A - 3	206	2.88
A - 4	182	12.67
Intersección 26	(Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	70	4.72
A - 2	72	0.97
A - 3	186	2.40
A - 4	218	12.59
Intersección 27	(Av. Héroes del Chaco y calle Cnel. José M. Valverde A.)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	140	11.24
A - 2	100	1.56

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.17. Promedios finales del porcentaje (%) de vehículos pesados

Intersección 27	(Av. Héroes del Chaco y calle Cnel. José M. Valverde A.)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 3	262	3.99
A - 4	318	26.11
Intersección 28	(Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	228	1.42
A - 2	222	1.75
A - 3	100	1.10
A - 4	80	1.04
Intersección 29	Av. Héroes del Chaco y calle Sin Nombre)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	95	1.30
A - 2	110	1.52
A - 3	102	2.21
Intersección 30	(Final av. Héroes del Chaco)	
Accesos	Vehículos	% Veh. Pesados
A - 1	90	1.74
A - 2	164	2.74

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Velocidad de punto

Para el cálculo de la velocidad de punto se realizó los aforos de los tiempos en los mismos días que se eligió para hacer los aforos de volúmenes. Se tomó también un mes de aforo en los mismos días y horas que se eligió para hacer los aforos de volúmenes.

Se tomó dos tramos de la avenida Defensores del Chaco y cuatro tramos de la avenida Héroes del Chaco tanto de ida como de vuelta sobre las vías de estudio.

Para realizar el aforo de los tiempos se utilizó el método del cronometro se tomó una distancia de 50 metros en cada tramo haciendo una medición cada 5 vehículos tanto del acceso de ida como de vuelta.

Los datos de los tiempos de aforados se encuentran en el **(anexo 7)**; con esos tiempos se calculó la velocidad de punto en (km/hr) según la norma AASHTO.

Una vez calculada las velocidades de punto, para cada tramo de estudio se realizó la media aritmética y la desviación estándar, para proceder a la depuración de los datos que no se encuentran dentro del rango de depuración. Las tablas de datos depurados se encuentran en **(anexos 8)**.

Finalmente se calculó el promedio de las tres horas pico de aforo y obtener la velocidad punto promedio para las vías en estudio.

Tabla N ° 3.18. Promedio de las tres horas de velocidades (km/hr)

Tramo 1 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Defensores del Chaco entre av. Julio delio Echazú y calle Godolfredo Arnold						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	42.20	42.59	38.02	39.30	40.15	40.14
Semana 2	40.01	40.04	42.74	42.46	39.18	39.30
Semana 3	40.72	40.97	39.44	39.88	39.85	39.27
Semana 4	37.62	38.03	36.96	37.08	36.61	36.67
Media	40.14	40.41	39.29	39.68	38.95	38.84
Tramo 2 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Defensores del Chaco entre av. Monseñor Font y av. Roberto Romero						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	38.85	38.99	39.67	39.34	37.86	38.02
Semana 2	41.59	41.56	38.25	39.20	39.91	39.81
Semana 3	39.82	39.88	37.00	37.39	38.16	38.22
Semana 4	40.55	40.32	37.83	37.93	39.41	38.95
Media	40.20	40.19	38.19	38.47	38.84	38.75
Tramo 1 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Héroes del Chaco entre calle Óscar trigo p. y calle Roberto Ugarte Ruiz						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	41.39	37.72	40.09	39.79	38.69	35.42
Semana 2	39.29	38.00	40.12	41.76	38.45	36.51
Semana 3	38.87	37.18	38.79	38.27	38.01	40.93
Semana 4	37.57	36.01	37.56	40.35	37.38	42.05
Media	39.28	37.22	39.14	40.04	38.13	38.73
Tramo 2 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Héroes del Chaco entre av. María Laura Justiniano y calle Rodolfo Meyer G.						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	14.01	3.02	2.86	3.19	3.34	2.81
Semana 2	40.34	40.76	40.39	40.38	39.85	39.27
Semana 3	38.44	38.73	37.77	37.61	37.54	37.51
Semana 4	38.34	37.50	37.43	38.91	37.46	39.60
Media	32.78	30.00	29.61	30.02	29.55	29.80
Tramo 3 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Héroes del chaco entre av. Octavio Campero Echazú y calle Juan de Dios Paz						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	38.37	35.63	38.21	38.00	36.94	34.01
Semana 2	37.86	36.26	37.95	38.32	37.02	35.12
Semana 3	40.00	38.96	38.55	38.37	38.70	39.86
Semana 4	35.69	33.83	35.63	36.95	35.81	39.13
Media	37.98	36.17	37.58	37.91	37.12	37.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.19. Promedio de las tres horas de velocidades (km/hr)

Tramo 4 Promedio de las tres horas (velocidades km/hr)						
Av. Héroes del Chaco entre av. Simón Bolívar y calle Prof. Simón Rodríguez						
Días	Martes		Jueves		Sábado	
Dirección	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte
Semana 1	37.96	35.77	37.77	40.68	36.04	34.85
Semana 2	38.36	39.04	38.70	38.56	37.68	37.64
Semana 3	38.49	39.08	40.12	40.21	38.28	38.28
Semana 4	41.14	41.64	42.90	42.62	41.09	40.78
Media	38.99	38.88	39.87	40.52	38.27	37.89

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.20. Promedio final de velocidades de punto (km/hr)

Promedio final de velocidad de punto del mes (km/hr)		
tramo	sur	norte
Velocidad Media del Flujo vehicular en la Zona de Estudio:	37.90	37.79
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Defensores del Chaco	39.27	39.39
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Héroes del Chaco	36.53	36.18

Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Velocidad de recorrido total

Para la velocidad de recorrido se utilizó un automóvil privado, se debe cronometrar dos tiempos. El tiempo que el automóvil está circulando y el tiempo que el automóvil esta parada, esto se realiza con dos cronómetros simultáneamente hasta que termine el trayecto. Todo el procedimiento se repite una vez por hora pico todos los días estudiados.

La siguiente planilla muestra los cálculos realizados.

Tabla N ° 3.21. Promedio final de la velocidad de recorrido total (km/hr)

Av. Defensores del chaco			VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL			
			Tiempo de circulación	Tiempo de demora	Distancia	Velocidad de recorrido total
Día	Hora	Semana	tc (seg)	td (seg)	(m)	Vrt (km/h)
Martes	7:00-8:00	S1	67.79	15.27	705	30.56
		S2	81.99	19.05	705	25.12
		S3	79.69	14.95	705	26.82
		S4	76.02	17.36	705	27.18
	12:00-13:00	S1	75.99	19.50	705	26.58
		S2	79.39	14.91	705	26.91
		S3	82.69	15.41	705	25.87
		S4	75.79	14.36	705	28.15
	18:00-19:00	S1	75.19	14.27	705	28.37
		S2	73.99	14.09	705	28.81
		S3	78.19	14.73	705	27.31
		S4	88.39	16.27	705	24.25
Jueves	7:00-8:00	S1	74.59	14.18	705	28.59
		S2	71.99	17.23	705	28.45
		S3	78.49	14.77	705	27.21
		S4	88.09	16.23	705	24.33
	12:00-13:00	S1	72.33	18.23	705	28.03
		S2	75.13	17.64	705	27.36
		S3	79.39	14.91	705	26.91
		S4	88.11	18.14	705	23.89
	18:00-19:00	S1	85.69	15.86	705	24.99
		S2	74.01	17.23	705	27.82
		S3	82.11	19.41	705	25.00
		S4	66.00	16.18	705	30.88
Sábado	7:00-8:00	S1	78.19	14.73	705	27.31
		S2	57.03	16.77	705	34.39
		S3	101.29	18.23	705	21.24
		S4	77.04	19.86	705	26.19
	12:00-13:00	S1	70.11	16.55	705	29.29
		S2	64.66	15.14	705	31.81
		S3	85.39	15.82	705	25.08
		S4	75.10	19.50	705	26.83
	18:00-19:00	S1	72.02	18.32	705	28.09
		S2	75.99	16.86	705	27.33
		S3	75.14	17.23	705	27.48
		S4	76.14	17.64	705	27.06
DESVIACION ESTANDAR			7.81	1.73	-	2.38
PROMEDIO			75.32	16.58	705.00	27.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.22. Promedio final de la velocidad de recorrido total (km/hr)

Av. Héroes del chaco			VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL			
			Tiempo de circulación	Tiempo de demora	Distancia	Velocidad de recorrido total
Día	Hora	Semana	tc (seg)	td (seg)	(m)	Vrt (km/h)
Martes	7:00-8:00	S1	197.60	54.98	2684	38.25
		S2	251.56	68.56	2684	30.18
		S3	242.82	53.84	2684	32.57
		S4	228.88	62.51	2684	33.16
	12:00-13:00	S1	228.76	70.20	2684	32.32
		S2	241.68	53.67	2684	32.71
		S3	254.22	55.47	2684	31.20
		S4	228.00	51.71	2684	34.54
	18:00-19:00	S1	225.72	51.38	2684	34.87
		S2	221.16	50.73	2684	35.54
		S3	237.12	53.02	2684	33.30
		S4	275.88	58.58	2684	28.89
Jueves	7:00-8:00	S1	223.44	51.05	2684	35.20
		S2	213.56	62.02	2684	35.06
		S3	238.26	53.18	2684	33.15
		S4	274.74	58.42	2684	29.00
	12:00-13:00	S1	214.85	65.62	2684	34.45
		S2	225.49	63.49	2684	33.44
		S3	241.68	53.67	2684	32.71
		S4	274.82	65.29	2684	28.41
	18:00-19:00	S1	265.62	57.11	2684	29.94
		S2	221.24	62.02	2684	34.11
		S3	252.02	69.87	2684	30.02
		S4	190.80	58.25	2684	38.80
Sábado	7:00-8:00	S1	237.12	53.02	2684	33.30
		S2	156.71	60.38	2684	44.51
		S3	324.90	65.62	2684	24.74
		S4	232.75	71.51	2684	31.76
	12:00-13:00	S1	206.42	59.56	2684	36.33
		S2	185.71	54.49	2684	40.23
		S3	264.48	56.95	2684	30.06
		S4	225.38	70.20	2684	32.69
	18:00-19:00	S1	213.68	65.95	2684	34.56
		S2	228.76	60.71	2684	33.38
		S3	225.53	62.02	2684	33.60
		S4	229.33	63.49	2684	33.00
DESVIACION ESTANDAR			29.69	6.21	-	3.56
PROMEDIO			227.85	59.68	2684	33.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.23. Promedio final de la velocidad de recorrido total (km/hr)

Av. Defensores del chaco y Héroes del chaco			VELOCIDAD DE RECORRIDO TOTAL			
			Tiempo de circulación	Tiempo de demora	Distancia	Velocidad de recorrido total
Día	Hora	Semana	tc (seg)	td (seg)	(m)	Vrt (km/h)
Martes	7:00-8:00	S1	265.39	70.25	3389	36.35
		S2	333.55	87.61	3389	28.97
		S3	322.51	68.79	3389	31.18
		S4	304.90	79.87	3389	31.71
	12:00-13:00	S1	304.75	89.70	3389	30.93
		S2	321.07	68.58	3389	31.31
		S3	336.91	70.88	3389	29.92
		S4	303.79	66.07	3389	32.99
	18:00-19:00	S1	300.91	65.65	3389	33.28
		S2	295.15	64.82	3389	33.89
		S3	315.31	67.75	3389	31.85
		S4	364.27	74.85	3389	27.78
Jueves	7:00-8:00	S1	298.03	65.24	3389	33.59
		S2	285.55	79.25	3389	33.44
		S3	316.75	67.95	3389	31.71
		S4	362.83	74.65	3389	27.89
	12:00-13:00	S1	287.18	83.85	3389	32.88
		S2	300.62	81.13	3389	31.96
		S3	321.07	68.58	3389	31.31
		S4	362.93	83.43	3389	27.33
	18:00-19:00	S1	351.31	72.97	3389	28.76
		S2	295.25	79.25	3389	32.58
		S3	334.13	89.28	3389	28.81
		S4	256.80	74.44	3389	36.83
Sábado	7:00-8:00	S1	315.31	67.75	3389	31.85
		S2	213.74	77.15	3389	41.94
		S3	426.19	83.85	3389	23.92
		S4	309.79	91.37	3389	30.41
	12:00-13:00	S1	276.53	76.11	3389	34.60
		S2	250.37	69.63	3389	38.13
		S3	349.87	72.76	3389	28.87
		S4	300.48	89.70	3389	31.27
	18:00-19:00	S1	285.70	84.26	3389	32.98
		S2	304.75	77.57	3389	31.91
		S3	300.67	79.25	3389	32.11
		S4	305.47	81.13	3389	31.56
DESVIACION ESTANDAR			37.50	7.94	-	3.25
PROMEDIO			303.17	76.26	3389	31.86

Fuente: Elaboración propia

3.4.6. Cálculo de capacidades sin semáforo

Para el cálculo de la capacidad se realizó con el método de HCM del manual de los EEUU de vías interrumpidas para cada intersección, debido a que los estudios realizados en nuestro país se realizaron con este método; ya que no contamos con un manual de cálculo de capacidades par vías interrumpidas.

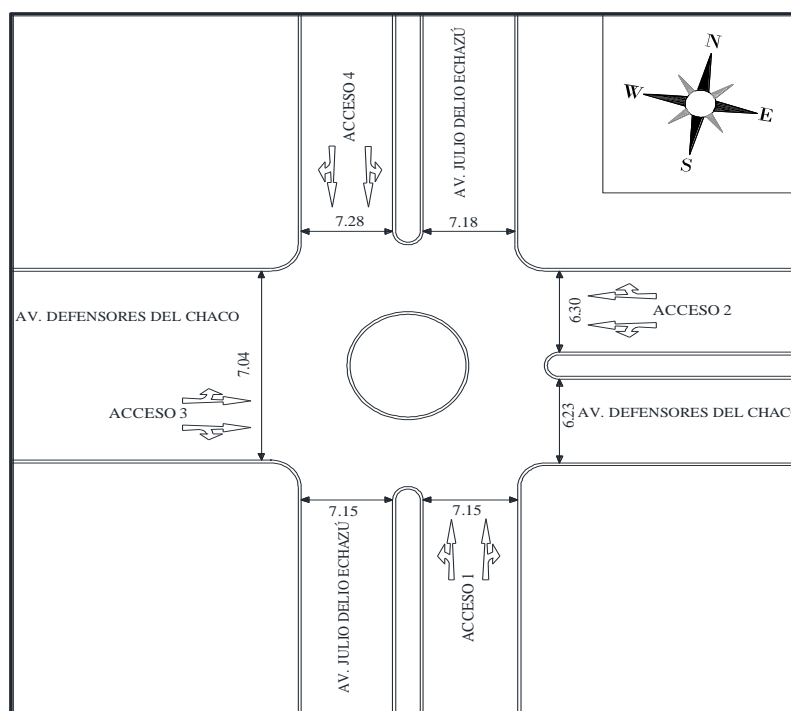
Con este método se analizó los accesos que entran a las treinta intersecciones en estudio que servirá para el cálculo de niveles de servicio de todas las intersecciones.

Se toma en cuenta el porcentaje de giro izquierdo, giro derecho y el porcentaje de vehículos pesados, si existe parada antes y después de la intersección si existe estacionamiento en cada intersección, las dimensiones de la calzada para el cálculo de capacidad.

INTERSECCIÓN 1

AV. DEFENSORES DEL CHACO Y AV. JULIO DELIO ECHAZÚ

Figura. N° 3.3. Identificación de los accesos en la intersección 1



Fuente: Elaboración propia.

Acceso: 1**Datos:**

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe parada antes ni después de la intersección
- Volumen total horario: = 754 veh/hr
- Ancho de calzada: = 7.00 m.
- Ancho de carril: = 3.50 m.
- % de vehículos: = 1.00 %
- % de giro izquierda: = 5.74 %
- % de giro derecha: = 4.95 %
- Por paradas antes de la intersección: 10 %
- Por paradas después de la de la intersección: 10 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad ideal del ábaco del Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

- **Cálculo de capacidad:**

Capacidad ideal = 800 veh/hr

Capacidad práctica = Cap. Id * 0.9 = 720 veh/hr

Capacidad real = Cap. Práctica * fvp * fai * fdi * fgi * fgd

- **Factores:**

a) Por vehículos pesados (Fvp = ?)

% de vehículos pesados = 1.00 \implies Fvp = 1.00

% que se pasa del 10 % =

b) Por giro izquierdo (Fgi =?)

% de giro izquierda = 5.73 \implies Fgi = 1.00

% que se pasa del 10 % =

c) Por giro derecho ($F_{gd} = ?$)

% de giro derecha = 4.95 \Rightarrow $F_{gd} = 1.00$

% que se pasa del 10 % =

d) Por parada antes de la intersección ($F_{ai} = ?$)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow $F_{ai} = 1.00$

e) Por parada después de la intersección ($F_{di} = ?$)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow $F_{di} = 1.00$

• **Capacidad real es:**

$$\text{Capacidad real} = \text{Cap. Práctica} * f_{vd} * f_{ai} * f_{di} * f_{gi} * f_{gd}$$

$$\text{Capacidad real} = 720 \text{ veh/hr}$$

Acceso: 2

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe parada antes ni después de la intersección
- Volumen total horario: = 729 veh/hr
- Ancho de calzada: = 6.30 m.
- Ancho de carril: = 3.15 m.
- % de vehículos: = 1.00 %
- % de giro izquierda: = 47.93 %
- % de giro derecha: = 31.32 %
- Por paradas antes de la intersección: 10 %
- Por paradas después de la de la intersección: 10 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad ideal del ábaco del Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

- **Cálculo de capacidad:**

Capacidad ideal = 750 veh/hr

Capacidad práctica = Cap. Id * 0.9 = 675 veh/hr

Capacidad real = Cap. Práctica * fvd * fai * fdi * fgi * fgd

- **Factores:**

a) Por vehículos pesados (Fvp = ?)

% de vehículos pesados = 1.00 \Rightarrow Fvp = 1.00

% que se pasa del 10 % =

b) Por giro izquierdo (Fgi = ?)

% de giro izquierda = 47.93 > 30 \rightarrow Gi = 30

% que se pasa del 10 % = 20 \Rightarrow Fgi = 0.80

c) Por giro derecho (Fgd = ?)

Nota: No se toma en cuenta el % del giro derecho ya que el factor de reducción no debe pasar el 20 % de giros.

% de giro derecha = 31.32 > 20 \rightarrow Gd = 20

% que se pasa del 10 % = 10 \Rightarrow Fgd = 0.95

d) Por parada antes de la intersección (Fai = ?)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow Fai = 1.00

e) Por parada después de la intersección (Fdi = ?)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow Fdi = 1.00

- **Capacidad real es:**

Capacidad real = Cap. Práctica * fvd * fai * fdi * fgi * fgd

Capacidad real = 540 veh/hr

Acceso: 3**Datos:**

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe parada antes ni después de la intersección
- Volumen total horario: = 573 veh/hr
- Ancho de calzada: = 7.04 m.
- Ancho de carril: = 3.50 m.
- % de vehículos: = 0.00 %
- % de giro izquierda: = 23.60 %
- % de giro derecha: = 0.98 %
- Por paradas antes de la intersección: 10 %
- Por paradas después de la de la intersección: 10 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad ideal del ábaco del Manual de Ingeniería de Tránsito.

- **Cálculo de capacidad:**

Capacidad ideal = 800 veh/hr

Capacidad práctica = Cap. Id * 0.9 = 720 veh/h

Capacidad real = Cap. Práctica * fvp * fai * fdi * fgi * fgd

- **Factores:**

a) Por vehículos pesados (Fvp = ?)

% de vehículos pesados = 0.00 \Rightarrow Fvp = 1.00

% que se pasa del 10 % =

b) Por giro izquierdo (Fgi = ?)

% de giro izquierda = 23.60

% que se pasa del 10 % = 13.60 \Rightarrow Fgi = 0.86

c) Por giro derecho ($F_{gd} = ?$)

% de giro derecha = 0.98 \Rightarrow $F_{gd} = 1.00$

% que se pasa del 10 % = 10

d) Por parada antes de la intersección ($F_{ai} = ?$)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow $F_{ai} = 1.00$

e) Por parada después de la intersección ($F_{di} = ?$)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow $F_{di} = 1.00$

• **Capacidad real es:**

$$\text{Capacidad real} = \text{Cap. Práctica} * f_{vd} * f_{ai} * f_{di} * f_{gi} * f_{gd}$$

$$\text{Capacidad real} = 622 \text{ veh/hr}$$

Acceso: 4

Datos:

- Zona central con estacionamiento prohibido
- No existe parada antes ni después de la intersección
- Volumen total horario: = 870 veh/hr
- Ancho de calzada: = 7.28 m.
- Ancho de carril: = 3.64 m.
- % de vehículos: = 0.00 %
- % de giro izquierda: = 16.84 %
- % de giro derecha: = 4.89 %
- Por paradas antes de la intersección: 10 %
- Por paradas después de la de la intersección: 10 %

Con el ancho del acceso se obtiene capacidad ideal del ábaco del Manual de Ingeniería de Transito de un solo sentido.

- **Cálculo de capacidad:**

Capacidad ideal = 800 veh/hr

Capacidad práctica = Cap. Id * 0.9 = 720 veh/hr

Capacidad real = Cap. Práctica * fvd * fai * fdi * fgi * fgd

- **Factores:**

f) Por vehículos pesados (Fvp = ?)

% de vehículos pesados = 0.00 \Rightarrow Fvp = 1.00

% que se pasa del 10 % =

g) Por giro izquierdo (Fgi = ?)

% de giro izquierda = 16.84

% que se pasa del 10 % = 6.84 \Rightarrow Fgi = 0.93

h) Por giro derecho (Fgd = ?)

% de giro derecha = 4.89 \Rightarrow Fgd = 1.00

% que se pasa del 10 % = 10

i) Por parada antes de la intersección (Fai = ?)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow Fai = 1.00

j) Por parada después de la intersección (Fdi = ?)

Por parada antes de la intersección = 10 \Rightarrow Fdi = 1.00

- **Capacidad real es:**

Capacidad real = Cap. Práctica * fvd * fai * fdi * fgi * fgd

Capacidad real = 671 veh/hr

Nota: Se realizó el cálculo de la capacidad en las treinta intersecciones de las avenidas en estudio, el resumen se muestra en las tablas a continuación:

Tablas N° 3.24. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Intersección 1			(Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)		
Acceso: 1			Acceso 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	7.00	(m)	Ancho de calzada:	6.30	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.15	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	1.00	(%)	Vehículos pesados:	1.00	(%)
Giros a la izquierda:	5.73	(%)	Giros a la izquierda:	47.90	(%)
Giros a la derecha:	4.95	(%)	Giros a la derecha:	31.32	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	750	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	513	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.04	(m)	Ancho de calzada:	7.28	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.64	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	23.60	(%)	Giros a la izquierda:	16.84	(%)
Giros a la derecha:	0.98	(%)	Giros a la derecha:	4.89	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	622	(veh/h)	Capacidad Real:	671	(veh/h)
Intersección 2			(Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.10	(m)	Ancho de calzada:	7.08	(m)
Ancho de carril:	3.55	(m)	Ancho de carril:	3.54	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.24	(%)	Vehículos pesados:	0.22	(%)
Giros a la izquierda:	5.54	(%)	Giros a la izquierda:	15.84	(%)
Giros a la derecha:	14.70	(%)	Giros a la derecha:	16.58	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	703	(veh/h)	Capacidad Real:	656	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.08	(m)	Ancho de calzada:	7.10	(m)
Ancho de carril:	3.54	(m)	Ancho de carril:	3.55	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	1.39	(%)
Giros a la izquierda:	4.88	(%)	Giros a la izquierda:	4.96	(%)
Giros a la derecha:	3.38	(%)	Giros a la derecha:	1.95	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	720	(veh/h)
Intersección 3			(Av. Defensores del Chaco y calle Godolfredo Arnold)		
Acceso: 1			Acceso 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	6.20	(m)	Ancho de calzada:	11.20	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	3.80	(m)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.25. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	3.50	(m)
Vehículos pesados:	0.44	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	13.89	(%)	Giros a la izquierda:	26.74	(%)
Giros a la derecha:	9.77	(%)	Giros a la derecha:	64.22	(%)
Capacidad Ideal:	740	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	640	(veh/h)	Capacidad Real:	442	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	6.00	(m)	Ancho de calzada:	6.10	(m)
Ancho de carril:	3.00	(m)	Ancho de carril:	3.05	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.63	(%)
Giros a la izquierda:	73.98	(%)	Giros a la izquierda:	0.39	(%)
Giros a la derecha:	5.93	(%)	Giros a la derecha:	5.13	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	630	(veh/h)
Intersección 4			(Av. Belgrano y calle Godolfredo Arnold)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.12	(m)	Ancho de calzada:	5.30	(m)
Ancho de carril:	3.56	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	3.50	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	16.92	(%)
Giros a la derecha:	9.77	(%)	Giros a la derecha:	67.12	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	721	(veh/h)	Capacidad Real:	626	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona Central con Estacionamiento Prohibido			Zona Central con Estacionamiento Prohibido		
Ancho de calzada:	7.10	(m)	Ancho de calzada:	6.10	(m)
Ancho de carril:	3.55	(m)	Ancho de carril:	3.05	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.32	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	5.54	(%)	Giros a la izquierda:	14.36	(%)
Giros a la derecha:	3.03	(%)	Giros a la derecha:	71.8	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	648	(veh/h)
Intersección 5			(Av. Belgrano y calle 6 de Junio)		
Acceso: 1			Acceso 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.10	(m)	Ancho de calzada:	7.10	(m)
Ancho de carril:	3.55	(m)	Ancho de carril:	3.55	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.17	(%)	Vehículos pesados:	0.31	(%)
Giros a la izquierda:	5.32	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	11.96	(%)	Giros a la derecha:	9.05	(%)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.26. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Capacidad Ideal:	500	(veh/h)	Capacidad Ideal:	730	(veh/h)
Capacidad Real:	381	(veh/h)	Capacidad Real:	678	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona Central con Estacionamiento Prohibido			-		
Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.60	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	1.55	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	675	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 6			(Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	6.30	(m)	Ancho de calzada:	6.60	(m)
Ancho de carril:	3.15	(m)	Ancho de carril:	4.80	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	4.80	(m)
Vehículos pesados:	0.36	(%)	Vehículos pesados:	0.31	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	4.36	(%)
Giros a la derecha:	8.61	(%)	Giros a la derecha:	8.59	(%)
Capacidad Ideal:	720	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	648	(veh/h)	Capacidad Real:	462	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona central con estacionamiento a la derecha			-		
Ancho de calzada:	6.20	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	0.24	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	6.39	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	720	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	648	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 7			(Av. Defensores del Chaco y calle Remberto Attard)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	5.30	(m)	Ancho de calzada:	6.30	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.15	(m)
Reducción por estacionamiento:	3.50	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.62	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	100	(%)	Giros a la derecha:	1.68	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	730	(veh/h)
Capacidad Real:	641	(veh/h)	Capacidad Real:	657	(veh/h)
Intersección 8			(Av. Belgrano y av. Monseñor Font)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores, estacionamiento a ambos lados			Zona central con Estacionamiento prohibido		

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.27. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	7.05	(m)
Ancho de carril:	3.60	(m)	Ancho de carril:	3.53	(m)
Reducción por estacionamiento:	3.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.18	(%)	Vehículos pesados:	0.01	(%)
Giros a la izquierda:	4.87	(%)	Giros a la izquierda:	100	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	0.00	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	675	(veh/h)	Capacidad Real:	576	(veh/h)
Intersección 9		(Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores, estacionamiento a ambos lados			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.10	(m)	Ancho de calzada:	6.20	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.10	(m)
Reducción por estacionamiento:	3.50	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	9.22	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	35.73	(%)	Giros a la derecha:	14.12	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	548	(veh/h)	Capacidad Real:	635	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona central con estacionamiento prohibido			-		
Ancho de calzada:	6.20	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	0.28	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	37.69	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	720	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	518	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 10		(Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	14.00	(m)	Ancho de calzada:	6.70	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.35	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.85	(%)	Vehículos pesados:	0.91	(%)
Giros a la izquierda:	3.94	(%)	Giros a la izquierda:	7.21	(%)
Giros a la derecha:	8.91	(%)	Giros a la derecha:	24.56	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	750	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	555	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento prohibido			Alrededores, estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	6.20	(m)	Ancho de calzada:	7.00	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.57	(%)	Vehículos pesados:	0.32	(%)
Giros a la izquierda:	27.21	(%)	Giros a la izquierda:	8.83	(%)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.28. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Giros a la derecha:	1.87	(%)	Giros a la derecha:	5.18	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	559	(veh/h)	Capacidad Real:	616	(veh/h)
Intersección 11		(Av. Héroes del Chaco y calle Oscar Trigo P.)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	7.00	(m)	Ancho de calzada:	7.00	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.54	(%)	Vehículos pesados:	2.57	(%)
Giros a la izquierda:	2.40	(%)	Giros a la izquierda:	26.91	(%)
Giros a la derecha:	7.25	(%)	Giros a la derecha:	41.45	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	490	(veh/h)
Capacidad Real:	720	(veh/h)	Capacidad Real:	388	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores, estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	6.30	(m)	Ancho de calzada:	9.00	(m)
Ancho de carril:	4.50	(m)	Ancho de carril:	2.70	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.50	(m)	Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.49	(%)
Giros a la izquierda:	19.33	(%)	Giros a la izquierda:	1.60	(%)
Giros a la derecha:	60.50	(%)	Giros a la derecha:	1.27	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	464	(veh/h)	Capacidad Real:	540	(veh/h)
Intersección 12		(Av. Héroes del Chaco y calle Roberto Ugarte Ruiz)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores, estacionamiento a ambos lados			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	9.20	(m)	Ancho de calzada:	6.40	(m)
Ancho de carril:	2.80	(m)	Ancho de carril:	4.60	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.63	(%)	Vehículos pesados:	1.99	(%)
Giros a la izquierda:	2.50	(%)	Giros a la izquierda:	24.26	(%)
Giros a la derecha:	5.26	(%)	Giros a la derecha:	40.93	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	540	(veh/h)	Capacidad Real:	450	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores, estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	8.20	(m)	Ancho de calzada:	9.00	(m)
Ancho de carril:	3.20	(m)	Ancho de carril:	2.70	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	0.34	(%)
Giros a la izquierda:	17.22	(%)	Giros a la izquierda:	1.62	(%)
Giros a la derecha:	54.25	(%)	Giros a la derecha:	0.79	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	469	(veh/h)	Capacidad Real:	540	(veh/h)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.29. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Intersección 13			(Av. Héroes del Chaco y av. Carlos Zamora Trigo)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores, estacionamiento a ambos lados			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	9.00	(m)	Ancho de calzada:	6.6	(m)
Ancho de carril:	2.70	(m)	Ancho de carril:	4.80	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	4.80	(m)
Vehículos pesados:	0.70	(%)	Vehículos pesados:	2.73	(%)
Giros a la izquierda:	2.67	(%)	Giros a la izquierda:	28.22	(%)
Giros a la derecha:	8.63	(%)	Giros a la derecha:	55.08	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	540	(veh/h)	Capacidad Real:	438	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	6.60	(m)	Ancho de calzada:	9.00	(m)
Ancho de carril:	4.80	(m)	Ancho de carril:	2.70	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.80	(m)	Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)
Vehículos pesados:	2.77	(%)	Vehículos pesados:	0.64	(%)
Giros a la izquierda:	51.13	(%)	Giros a la izquierda:	2.21	(%)
Giros a la derecha:	41.98	(%)	Giros a la derecha:	1.27	(%)
Capacidad Ideal:	480	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	432	(veh/h)	Capacidad Real:	540	(veh/h)
Intersección 14			(Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	9.00	(m)	Ancho de calzada:	15.00	(m)
Ancho de carril:	3.00	(m)	Ancho de carril:	3.80	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	11.40	(m)
Vehículos pesados:	1.99	(%)	Vehículos pesados:	2.68	(%)
Giros a la izquierda:	11.61	(%)	Giros a la izquierda:	12.12	(%)
Giros a la derecha:	47.28	(%)	Giros a la derecha:	27.91	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	650	(veh/h)
Capacidad Real:	603	(veh/h)	Capacidad Real:	521	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona Central con Estacionamiento Prohibido		
Ancho de calzada:	9.60	(m)	Ancho de calzada:	16.00	(m)
Ancho de carril:	3.00	(m)	Ancho de carril:	4.00	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.59	(%)	Vehículos pesados:	2.20	(%)
Giros a la izquierda:	8.93	(%)	Giros a la izquierda:	11.94	(%)
Giros a la derecha:	34.88	(%)	Giros a la derecha:	8.67	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	1000	(veh/h)
Capacidad Real:	513	(veh/h)	Capacidad Real:	883	(veh/h)
Intersección 15			(Av. Héroes del Chaco y av. María Laura Justiniano)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	11.00	(m)	Ancho de calzada:	9.60	(m)
Ancho de carril:	3.07	(m)	Ancho de carril:	3.20	(m)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.30. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Reducción por estacionamiento:	9.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	3.27	(%)	Vehículos pesados:	2.04	
Giros a la izquierda:	21.79	(%)	Giros a la izquierda:	69.6	
Giros a la derecha:	78.21	(%)	Giros a la derecha:	0.00	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	405	(veh/h)	Capacidad Real:	518	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona central con estacionamiento a la derecha			-		
Ancho de calzada:	11.40	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.90	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	7.80	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	2.64	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	14.49	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	391	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 16			(Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer Mallop)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	6.00	(m)	Ancho de calzada:	11.60	(m)
Ancho de carril:	3.00	(m)	Ancho de carril:	4.00	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	8.00	(m)
Vehículos pesados:	2.40	(%)	Vehículos pesados:	0.00	(%)
Giros a la izquierda:	19.69	(%)	Giros a la izquierda:	63.87	(%)
Giros a la derecha:	80.31	(%)	Giros a la derecha:	0.00	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	620	(veh/h)
Capacidad Real:	419	(veh/h)	Capacidad Real:	446	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Alrededores estacionamiento a ambos lados			-		
Ancho de calzada:	11.60	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	4.00	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	8.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	2.20	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	1.00	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	650	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	585	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 17			(Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	11.60	(m)
Ancho de carril:	2.70	(m)	Ancho de carril:	4.00	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	8.00	(m)
Vehículos pesados:	4.31	(%)	Vehículos pesados:	0.64	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	47.50	(%)
Giros a la derecha:	62.53	(%)	Giros a la derecha:	52.50	(%)
Capacidad Ideal:	480	(veh/h)	Capacidad Ideal:	650	(veh/h)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.31. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Capacidad Real:	410	(veh/h)	Capacidad Real:	468	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona central con estacionamiento a la derecha			-		
Ancho de calzada:	11.00	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	4.60	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	9.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	1.78	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	1.04	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	550	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	495	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 18			(av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	8.40	(m)	Ancho de calzada:	12.40	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	3.53	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	10.60	(m)
Vehículos pesados:	0.70	(%)	Vehículos pesados:	1.50	(%)
Giros a la izquierda:	100	(%)	Giros a la izquierda:	0.62	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	6.89	(%)
Capacidad Ideal:	1200	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	864	(veh/h)	Capacidad Real:	630	(veh/h)
Intersección 19			(Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	8.20	(m)	Ancho de calzada:	9.00	(m)
Ancho de carril:	3.20	(m)	Ancho de carril:	3.60	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	7.20	(m)
Vehículos pesados:	2.79	(%)	Vehículos pesados:	2.79	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	63.55	(%)	Giros a la derecha:	10.08	(%)
Capacidad Ideal:	500	(veh/h)	Capacidad Ideal:	520	(veh/h)
Capacidad Real:	428	(veh/h)	Capacidad Real:	468	(veh/h)
Intersección 20			(Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.40	(m)	Ancho de calzada:	12.40	(m)
Ancho de carril:	2.80	(m)	Ancho de carril:	3.53	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	10.60	(m)
Vehículos pesados:	1.01	(%)	Vehículos pesados:	1.50	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	0.62	(%)
Giros a la derecha:	100	(%)	Giros a la derecha:	6.89	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	370	(veh/h)	Capacidad Real:	630	(veh/h)
Intersección 21			(Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero E.)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.32. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	9.60	(m)
Ancho de carril:	2.70	(m)	Ancho de carril:	3.20	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	1.68	(%)	Vehículos pesados:	2.14	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	13.05	(%)	Giros a la derecha:	30.98	(%)
Capacidad Ideal:	480	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	404	(veh/h)	Capacidad Real:	616	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona Central con Estacionamiento a la Derecha			-		
Ancho de calzada:	7.00	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.50	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	3.03	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	35.3	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	64.7	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	750	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	513	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 22			(Av. Defensores del Chaco y calle Juan de Dios Paz E.)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	8.00	(m)
Ancho de carril:	2.70	(m)	Ancho de carril:	3.10	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	9.21	(%)	Vehículos pesados:	1.83	(%)
Giros a la izquierda:	48.61	(%)	Giros a la izquierda:	4.33	(%)
Giros a la derecha:	51.39	(%)	Giros a la derecha:	0.00	(%)
Capacidad Ideal:	480	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	331	(veh/h)	Capacidad Real:	648	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Zona central con estacionamiento a la derecha			-		
Ancho de calzada:	8.00	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	1.67	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	3.85	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	500	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	450	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 23			(Av. Héroes del Chaco y calle Numa R. del Carpio)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	8.40	(m)
Ancho de carril:	2.70	(m)	Ancho de carril:	3.30	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	0.00	(%)	Vehículos pesados:	1.27	(%)
Giros a la izquierda:	39.67	(%)	Giros a la izquierda:	3.34	(%)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.33. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Giros a la derecha:	34.86	(%)	Giros a la derecha:	2.13	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	740	(veh/h)
Capacidad Real:	353	(veh/h)	Capacidad Real:	666	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	8.40	(m)	Ancho de calzada:	8.00	(m)
Ancho de carril:	3.30	(m)	Ancho de carril:	3.10	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	6.20	(m)
Vehículos pesados:	2.17	(%)	Vehículos pesados:	9.97	(%)
Giros a la izquierda:	1.54	(%)	Giros a la izquierda:	20.77	(%)
Giros a la derecha:	4.32	(%)	Giros a la derecha:	45.16	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	500	(veh/h)
Capacidad Real:	441	(veh/h)	Capacidad Real:	383	(veh/h)
Intersección 24			(Av. Héroes del Chaco y calle Anacocho)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	6.40	(m)	Ancho de calzada:	8.00	(m)
Ancho de carril:	4.60	(m)	Ancho de carril:	3.10	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	4.41	(%)	Vehículos pesados:	1.19	(%)
Giros a la izquierda:	46.58	(%)	Giros a la izquierda:	0.00	(%)
Giros a la derecha:	46.58	(%)	Giros a la derecha:	4.5	(%)
Capacidad Ideal:	600	(veh/h)	Capacidad Ideal:	720	(veh/h)
Capacidad Real:	432	(veh/h)	Capacidad Real:	648	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Alrededores, estacionamiento a ambos lados			-		
Ancho de calzada:	8.00	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	2.19	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	3.89	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	0.00	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	441	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)
Intersección 25			(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	6.00	(m)	Ancho de calzada:	7.40	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	2.80	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	7.73	(%)	Vehículos pesados:	1.27	(%)
Giros a la izquierda:	27.81	(%)	Giros a la izquierda:	4.07	(%)
Giros a la derecha:	38.76	(%)	Giros a la derecha:	4.31	(%)
Capacidad Ideal:	520	(veh/h)	Capacidad Ideal:	680	(veh/h)
Capacidad Real:	380	(veh/h)	Capacidad Real:	612	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento a la derecha		

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.34. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Ancho de calzada:	7.40	(m)	Ancho de calzada:	6.00	(m)
Ancho de carril:	2.80	(m)	Ancho de carril:	4.20	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)
Vehículos pesados:	2.88	(%)	Vehículos pesados:	12.67	(%)
Giros a la izquierda:	4.42	(%)	Giros a la izquierda:	32.35	(%)
Giros a la derecha:	3.51	(%)	Giros a la derecha:	34.25	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	520	(veh/h)
Capacidad Real:	441	(veh/h)	Capacidad Real:	346	(veh/h)
Intersección 26			(Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	8.00	(m)	Ancho de calzada:	7.00	(m)
Ancho de carril:	3.10	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	6.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	4.72	(%)	Vehículos pesados:	0.97	(%)
Giros a la izquierda:	29.71	(%)	Giros a la izquierda:	4.24	(%)
Giros a la derecha:	43.81	(%)	Giros a la derecha:	5.18	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	354	(veh/h)	Capacidad Real:	720	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Alrededores Estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	7.40	(m)	Ancho de calzada:	16.00	(m)
Ancho de carril:	2.80	(m)	Ancho de carril:	3.10	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.60	(m)	Reducción por estacionamiento:	12.40	(m)
Vehículos pesados:	2.40	(%)	Vehículos pesados:	12.59	(%)
Giros a la izquierda:	6.46	(%)	Giros a la izquierda:	25.98	(%)
Giros a la derecha:	3.18	(%)	Giros a la derecha:	52.94	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	441	(veh/h)	Capacidad Real:	433	(veh/h)
Intersección 27			(Av. Héroes del Chaco y calle Cnl. José M. Valverde)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	6.00	(m)	Ancho de calzada:	7.00	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	11.24	(%)	Vehículos pesados:	1.56	(%)
Giros a la izquierda:	25.66	(%)	Giros a la izquierda:	2.59	(%)
Giros a la derecha:	46.9	(%)	Giros a la derecha:	3.5	(%)
Capacidad Ideal:	520	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	381	(veh/h)	Capacidad Real:	720	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento a la derecha			Zona central con estacionamiento a la derecha		
Ancho de calzada:	7.00	(m)	Ancho de calzada:	6.00	(m)
Ancho de carril:	2.60	(m)	Ancho de carril:	4.20	(m)
Reducción por estacionamiento:	5.20	(m)	Reducción por estacionamiento:	4.20	(m)
Vehículos pesados:	3.50	(%)	Vehículos pesados:	26.11	(%)
Giros a la izquierda:	2.59	(%)	Giros a la izquierda:	40.90	(%)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N° 3.35. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Giros a la derecha:	3.50	(%)	Giros a la derecha:	43.27	(%)
Capacidad Ideal:	490	(veh/h)	Capacidad Ideal:	520	(veh/h)
Capacidad Real:	441	(veh/h)	Capacidad Real:	314	(veh/h)
Intersección 28		(Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores estacionamiento a ambos lados			Alrededores estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	7.00	(m)	Ancho de calzada:	12.00	(m)
Ancho de carril:	4.80	(m)	Ancho de carril:	4.20	(m)
Reducción por estacionamiento:	4.80	(m)	Reducción por estacionamiento:	8.40	(m)
Vehículos pesados:	1.42	(%)	Vehículos pesados:	1.42	(%)
Giros a la izquierda:	22.04	(%)	Giros a la izquierda:	49.72	(%)
Giros a la derecha:	60.98	(%)	Giros a la derecha:	13.02	(%)
Capacidad Ideal:	700	(veh/h)	Capacidad Ideal:	600	(veh/h)
Capacidad Real:	455	(veh/h)	Capacidad Real:	364	(veh/h)
Acceso: 3			Acceso: 4		
Zona central con estacionamiento prohibido			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	7.20	(m)	Ancho de calzada:	6.00	(m)
Ancho de carril:	3.60	(m)	Ancho de carril:	3.00	(m)
Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	1.10	(%)	Vehículos pesados:	1.04	(%)
Giros a la izquierda:	6.59	(%)	Giros a la izquierda:	19.97	(%)
Giros a la derecha:	18.24	(%)	Giros a la derecha:	24.87	(%)
Capacidad Ideal:	800	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	690	(veh/h)	Capacidad Real:	539	(veh/h)
Intersección 29		(Av. Héroes del Chaco y calle Sin Nombre)			
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores estacionamiento a ambos lados			Alrededores estacionamiento a ambos lados		
Ancho de calzada:	12.00	(m)	Ancho de calzada:	12.00	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	4.20	(m)
Reducción por estacionamiento:	8.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	8.40	(m)
Vehículos pesados:	1.30	(%)	Vehículos pesados:	1.52	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	28.51	(%)
Giros a la derecha:	40.85	(%)	Giros a la derecha:	0.00	(%)
Capacidad Ideal:	700	(veh/h)	Capacidad Ideal:	700	(veh/h)
Capacidad Real:	599	(veh/h)	Capacidad Real:	462	(veh/h)
Acceso: 3			-		
Alrededores estacionamiento a ambos lados			-		
Ancho de calzada:	12.00	(m)	Ancho de calzada:	-	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	-	(m)
Reducción por estacionamiento:	8.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	-	(m)
Vehículos pesados:	2.21	(%)	Vehículos pesados:	-	(%)
Giros a la izquierda:	44.30	(%)	Giros a la izquierda:	-	(%)
Giros a la derecha:	55.70	(%)	Giros a la derecha:	-	(%)
Capacidad Ideal:	650	(veh/h)	Capacidad Ideal:	-	(veh/h)
Capacidad Real:	468	(veh/h)	Capacidad Real:	-	(veh/h)

Fuente: Elaboración propia

Tablas N ° 3.36. Resumen del cálculo de capacidades del área de estudio

Intersección 30			(Final av. Héroes del Chaco)		
Acceso: 1			Acceso: 2		
Alrededores estacionamiento a ambos lados			Zona central con estacionamiento prohibido		
Ancho de calzada:	12.00	(m)	Ancho de calzada:	7.00	(m)
Ancho de carril:	4.20	(m)	Ancho de carril:	3.50	(m)
Reducción por estacionamiento:	8.40	(m)	Reducción por estacionamiento:	0.00	(m)
Vehículos pesados:	1.74	(%)	Vehículos pesados:	2.74	(%)
Giros a la izquierda:	0.00	(%)	Giros a la izquierda:	100	(%)
Giros a la derecha:	100	(%)	Giros a la derecha:	0	(%)
Capacidad Ideal:	650	(veh/h)	Capacidad Ideal:	800	(veh/h)
Capacidad Real:	556	(veh/h)	Capacidad Real:	618	(veh/h)

Fuente: Elaboración propia

3.4.7. Niveles de servicio sin semáforo

Para el nivel de servicio, teniendo todas las capacidades de cada acceso y los volúmenes se calcula la relación, volumen dividido entre la capacidad con ese valor se entra a la tabla de niveles de servicio del método HCM de los EEUU y se elige el tipo de niveles de servicio de cada acceso; para el nivel de servicio de cada intersección se elige el menor nivel de servicio de cada intersección.

Tabla N ° 3.37. Nivel de servicio de cada acceso en cada intersección de las vías

Intersección 1					
(Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	754	720	1.05	F	Flujo Forzado
A - 2	729	513	1.42	F	Flujo Forzado
A - 3	573	622	0.92	E	Flujo Inestable
A - 4	870	671	1.30	F	Flujo Forzado
Intersección 2					
(Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	796	703	1.13	F	Flujo Forzado
A - 2	668	656	1.02	F	Flujo Forzado
A - 3	310	720	0.43	D	Próximo al flujo Inestable
A - 4	652	720	0.91	E	Flujo Inestable
Intersección 3					
(Av. Defensores del Chaco y calle Godolfredo Arnold)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	423	640	0.66	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	145	442	0.33	D	Próximo al flujo Inestable
A - 3	92	353	0.26	C	Flujo Estable
A - 4	404	630	0.64	D	Próximo al flujo Inestable

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.38. Nivel de servicio de cada acceso en cada intersección de las vías

Intersección 4					
(Av. Belgrano y calle Godolfredo Arnold)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	353	721	0.49	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	95	626	0.15	C	Flujo Estable
A - 3	301	720	0.42	D	Próximo al flujo Inestable
A - 4	85	571	0.15	C	Flujo Estable
Intersección 5					
(Av. Belgrano y calle 6 de Junio)					
Accesos	volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	366	381	0.96	E	Flujo Inestable
A - 2	460	678	0.68	D	Próximo al flujo Inestable
A - 3	63	720	0.09	B	Flujo Estable
Intersección 6					
(Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	388	648	0.60	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	456	462	0.99	E	Flujo Inestable
A - 3	464	648	0.72	E	Flujo Inestable
Intersección 7					
(Av. Defensores del Chaco y calle Remberto Attard)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	56	641	0.09	B	Flujo Estable
A - 2	437	657	0.67	D	Próximo al flujo Inestable
Intersección 8					
(Av. Belgrano y av. Monseñor Font)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	405	675	0.60	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	411	576	0.71	D	Próximo al flujo Inestable
Intersección 9					
(Av. Defensores del Chaco y Av. Monseñor Font)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	760	548	1.39	F	Flujo Forzado
A - 2	709	635	1.12	F	Flujo Forzado
A - 3	684	518	1.32	F	Flujo Forzado
Intersección 10					
(Av. Defensores del Chaco y Av. Roberto Romero)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	490	720	0.68	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	518	555	0.93	E	Flujo Inestable
A - 3	585	596	0.98	E	Flujo Inestable
A - 4	457	616	0.74	E	Flujo Inestable
Intersección 11					
(Av. Héroes del Chaco y calle Oscar Trigo P.)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	339	720	0.47	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	39	388	0.10	B	Flujo Estable
A - 3	31	464	0.07	B	Flujo Estable
A - 4	309	540	0.57	D	Próximo al flujo Inestable

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.39. Nivel de servicio de cada acceso en cada intersección de las vías

Intersección 12 (Av. Héroes del Chaco y calle Roberto Ugarte Ruiz)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	294	540	0.54	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	40	450	0.09	B	Flujo Estable
A - 3	29	469	0.06	B	Flujo Estable
A - 4	295	540	0.55	D	Próximo al flujo Inestable
Intersección 13 (Av. Héroes del Chaco y calle Carlos Zamora Trigo)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	303	540	0.56	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	48	438	0.11	C	Flujo Estable
A - 3	83	432	0.19	C	Flujo Estable
A - 4	294	540	0.54	D	Próximo al flujo Inestable
Intersección 14 (Av. Héroes del Chaco y Av. Fuerza Aérea)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	843	603	1.40	F	Flujo Forzado
A - 2	625	521	1.20	F	Flujo Forzado
A - 3	471	513	0.92	E	Flujo Inestable
A - 4	684	883	0.78	E	Flujo Inestable
Intersección 15 (Av. Héroes del chaco y av. María Laura Justiniano)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	325	405	0.80	E	Flujo Inestable
A - 2	230	518	0.44	D	Próximo al flujo Inestable
A - 3	707	391	1.81	F	Flujo Forzado
Intersección 16 (Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer Gallop)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	60	419	0.14	C	Flujo Estable
A - 2	29	446	0.06	B	Flujo Estable
A - 3	635	585	1.09	F	Flujo Forzado
Intersección 17 (Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	65	410	0.16	C	Flujo Estable
A - 2	65	468	0.14	C	Flujo Estable
A - 3	820	495	1.66	F	Flujo Forzado
Intersección 18 (Av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	586	864	0.68	D	Próximo al flujo Inestable
A - 2	511	675	0.76	E	Flujo Inestable
Intersección 19 (Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	361	470	0.77	E	Flujo Inestable
A - 2	547	657	0.83	E	Flujo Inestable

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.40. Nivel de servicio de cada acceso en cada intersección de las vías

Intersección 20					
(Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	167	370	0.45	D	Próximo al flujo inestable
A - 2	535	450	1.19	F	Flujo forzado
Intersección 21					
(Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero E.)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	292	404	0.72	E	Flujo inestable
A - 2	368	616	0.60	D	Próximo al flujo inestable
A - 3	331	513	0.65	D	Próximo al flujo inestable
Intersección 22					
(Av. Defensores del Chaco y calle Juan de Dios Paz E.)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	32	331	0.10	B	Flujo estable
A - 2	238	648	0.37	D	Próximo al flujo inestable
A - 3	259	450	0.58	D	Próximo al flujo inestable
Intersección 23					
(Av. Héroes del Chaco y calle Numa R. del Carpio)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	32	353	0.09	B	Flujo estable
A - 2	252	666	0.38	D	Próximo al flujo inestable
A - 3	263	441	0.60	D	Próximo al flujo inestable
A - 4	35	383	0.09	B	Flujo estable
Intersección 24					
(Av. Héroes del Chaco y calle Anacocho)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	15	432	0.03	B	Flujo estable
A - 2	204	648	0.31	D	Próximo al flujo inestable
A - 3	208	441	0.47	D	Próximo al flujo inestable
Intersección 25					
(Av. Héroes del Chaco y calle Ayacucho)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	29	380	0.08	B	Flujo estable
A - 2	180	612	0.29	C	Flujo estable
A - 3	193	441	0.44	D	Próximo al flujo inestable
A - 4	39	346	0.11	C	Flujo estable
Intersección 26					
(Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	37	354	0.10	B	Flujo estable
A - 2	207	720	0.29	C	Flujo estable
A - 3	219	441	0.5	D	Próximo al flujo inestable
A - 4	50	433	0.12	B	Flujo estable
Intersección 27					
(Av. Héroes del Chaco y calle Cnel. José Manuel Valverde)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	32	381	0.08	B	Flujo estable
A - 2	173	720	0.24	C	Flujo estable
A - 3	177	441	0.40	C	Flujo estable
A - 4	32	314	0.10	B	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.41. Nivel de servicio de cada acceso en cada intersección de las vías

Intersección 28 (Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	446	455	0.98	E	Flojo inestable
A - 2	345	364	0.95	E	Flujo inestable
A - 3	258	690	0.37	D	Próximo al flujo inestable
A - 4	206	539	0.38	D	Próximo al flujo inestable
Intersección 29 (Av. Héroes del Chaco y calle Sin Nombre)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	211	599	0.35	D	Próximo al flujo inestable
A - 2	202	462	0.44	D	Próximo al flujo inestable
A - 3	135	338	0.40	D	Próximo al flujo inestable
Intersección 30 (Final av. Héroes del Chaco)					
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	135	556	0.24	C	Flujo estable
A - 2	158	618	0.26	C	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia

3.4.8. Intersección con semáforo bajo condiciones de circulación discontinua

El procedimiento para el cálculo de capacidad y niveles de servicio está basado en el manual de capacidad de carreteras de los estados unidos (HCM-1985).

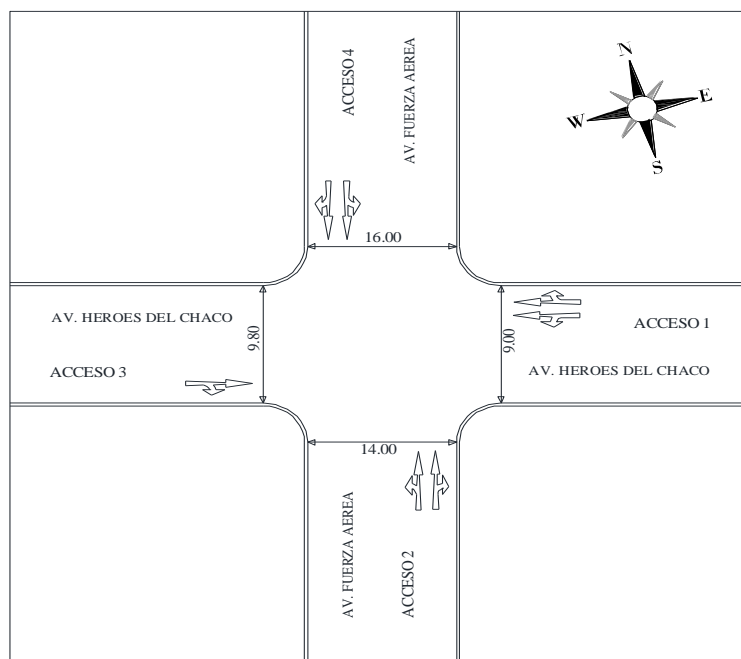
Para este tipo de intersecciones el análisis es de capacidad y el análisis niveles de servicios no están totalmente correlacionados, por tanto, ambos conceptos deberán estudiarse por separado.

La intersección 14 (Av. Héroes del Chaco y avenida Fuerza aérea), es la única intersección que cuenta con un sistema de semaforización.

3.4.8.1. Análisis de capacidad de la intersección con semáforo

La capacidad en una intersección con semáforo se define para cada acceso, como la tasa de flujo máximo que puede pasar a través de la intersección bajo condiciones prevalecientes del tránsito, de la calle y del semáforo. Esta medida en vehículos por hora (veh/h), pero intervalos pico de 15 minutos. En las tablas a continuación mostramos los datos recabados para su análisis.

Figura N° 3.4. Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea (intersección 14)



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.42. Volúmenes de tráfico de la (intersección 14)

A - 1	G. Izq.	Frente	G. Der.	Total
Liviano	82	286	312	843
Mediano	12	47	91	
Pesado	0	5	9	
Total en %	11	40	49	100%
A - 2	G. Izq.	Frente	G. Der.	Día
Liviano	57	268	186	625
Mediano	6	36	58	
Pesado	0	6	8	
Total en %	10	50	40	100%
A - 3	G. Izq.	Frente	G. Der.	Día
Liviano	33	208	182	471
Mediano	3	24	18	
Pesado	0	1	2	
Total en %	8	49	43	100%
A - 4	G. Izq.	Frente	G. Der.	Día
Liviano	75	378	104	684
Mediano	16	86	14	
Pesado	0	11	0	
Total en %	13	69	17	100%

Fuente: Elaboración propia

Módulo de entrada.

Paso 1: Registramos los volúmenes vehiculares, colocando el sentido (izquierdo, recto y derecho) en este caso tiene los tres sentidos (acceso 1) y todos los accesos de esta intersección tienen sus tres sentidos como se muestra en la Figura 3.3

Paso 2: En la Tabla N° 31 colocamos las condiciones geométricas de la rotonda, mostrando las características más importantes, como la pendiente, % vehículos pesados, estacionamiento, parada de autobuses, factor de hora pico, ancho de carril, peatones y tipo de llegadas. El ciclo del semáforo cuenta con tres fases con un tiempo 51 segundos.

Tabla N° 3.43. Tiempos de ciclo y fase de la (intersección 14)

Acceso	Tiempo en segundos.				
	Amarillo de ida (seg.)	Amarillo de vuelta (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	0	23	25	51
2	3	0	25	23	51
3	3	0	23	25	51
4	3	0	25	23	51

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.44. Módulo de entrada de volumen y geometría de la (intersección 14).

Estado de circulación de la vía.								
Acceso	Inclín. %	Veh. Pesado %	Aj. Carril de estacionamiento		Autobuses (Nb)	FHMD	Ancho de carril	Tipo de llegada
			SI o NO	Nm				
1	2.64	2.33	N	0	0	0.85	9	1
2	-1.23	2.24	N	0	0	0.85	14	2
3	2.20	0.64	N	0	0	0.85	9.8	3
4	1.09	1.61	N	0	0	0.85	16	2

Fuente: Elaboración propia

3.4.8.2. Módulo de ajuste de volumen

Con los movimientos ya definidos, procedemos a encontrar el flujo de demanda no ajustada dividiendo el volumen entre el factor de hora pico de máxima demanda.

Tabla N° 3.45. Ajustes de volúmenes de la (intersección 14)

Formulario del módulo de ajuste de volúmenes.										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Acceso	Mov.	Vol. De mov. (veh/hr)	FHMD	Tasa de flujo (vhp) (veh/hr) [3/4]	Mov. Por Grupo de carril tabla N° 2.14 (N)	Flujo de Demanda no ajustado grupo de Carriles (Vgi) (veh/hr)	Número de carriles (N)	Factor de Utilización de carril U. Tabla N°2.15	Flujo de demanda ajustado (veh/hr) (vi) [7*9]	Propor. de vueltas PMI o PMD (5/7)
1	MI	94	0.85	111	I	993	1	1.00	993	0.011I
	MF	338	0.85	398	F					
	MD	412	0.85	485	D					0.49D
2	MI	63	0.85	74	I	735	2	1.05	772	0.10I
	MF	310	0.85	365	F					
	MD	252	0.85	296	D					0.40D
3	MI	36	0.85	42	-	512	1	1.00	512	0.08I
	MF	233	0.85	274	F					
	MD	202	0.85	238	D					0.47D
4	MI	91	0.85	107	I	805	2	1.05	845	0.13I
	MF	475	0.85	559	F					
	MD	118	0.85	139	D					0.17D

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.46. Calculo de flujo de saturación de la (intersección 14).

Formulario de ajuste de flujo de saturación.												
Grupo de carriles				Factores de ajuste								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Acce	Mov. Grupo de carril	Flujo de saturación ideal (veh/hr/c) SO	Número de carriles (N)	Ancho de carril (fA) Tabla N°2.16.	Vehículos pesados (fVP) Tabla N°2.17.	Pendientes de acceso (fP) Tabla N° 2.18.	Por estacionamiento (fE) Tabla N° 2.19.	Parada de autobuses (fB) Tabla N° 2.20.	Tipo de zona (fL) Tabla N° 2.21	Giros a la Derecha (FMD) Tabla N°2.22.	Giros a la izquierda (FMI) Tabla N° 2.23.	Flujo de saturación (S) (veh/hr)
11	MI	1900	1	1.100	0.977	0.989	1.00	1.00	0.90	1.00	0.976	1774
	MF											
	MD											
2	MI	1900	2	1.000	0.979	1.01	1.00	1.00	0.90	1.00	0.98	3314
	MF											
	MD											
3	MI	1900	1	1.033	0.987	0.987	1.00	1.00	0.90	1.00	0.977	1681
	MF											
	MD											
4	MI	1900	2	1.054	0.994	0.995	1.00	1.00	0.90	1.00	0.992	3537
	MF											
	MD											

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.47. Modulo de la capacidad en la (intersección 14).

Formulario de ajuste de capacidad.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acceso	Mov. Grupo de carril	Flujo de demanda ajustado (veh/hr) (Vi)	Flujo de saturación (veh/hr) S	Relación de flujo (VI/S) [3/4]	Relación de verde (gi/C)	Capacidad del grupo de carriles (CI) (veh/hr) [4*6]	Relación $XI=VI/CI$ [3/7]	Grado de saturación crítico (XC)
1	MI	993	1774	0.24	0.49	869	1.142	1.094375
	MF							
	MD							
2	MI	772	3314	0.33	0.45	1491	0.518	*
	MF							
	MD							
3	MI	512	1681	0.23	0.49	824	0.621	*
	MF							
	MD							
4	MI	845	3537	0.23	0.45	1591	0.531	*
	MF							
	MD							
(*) No se hace el cálculo de Xc Porque no hay $X \geq 1$								

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.48. Modulo del nivel de servicio de la (intersección 14).

G. de carriles		1ª término de la demora				2ª término de la demora		Demora del grupo		Demora y niveles de servicio		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Acc.	Mov. Por grupo de carriles	Relación XI=VI/CI	Relación de verde (gi/C)	Longitud del ciclo (C) (seg)	Demora uniforme (dli) (seg/veh)	Capacidad del grupo de carriles (CI) (veh/hr)	Demora incremental (d2i) (seg/veh)	Factor de ajuste por efecto de la progresión FP	Demora ajustada para el grupo de carriles (seg/veh)	Nivel de servicio del grupo de carriles Tabla N°2.10	Demora en el acceso (dA) (seg/veh)	Nivel de servicio del acceso Tabla N°2.10
1	MI	1.142	0.49	51	11.45	869	78.010	1.136	101.63	F	101.63	F
	MF											
	MD											
2	MI	0.518	0.45	51	7.64	1491	0.265	1.188	9.40	B	9.40	B
	MF											
	MD											
3	MI	0.621	0.49	51	7.25	824	1.042	1	8.29	B	8.29	B
	MF											
	MD											
4	MI	0.531	0.45	51	7.70	1591	0.276	1.188	9.48	B	9.48	B
	MF											
	MD											

Fuente: Elaboración propia

La demora de la intersección 14 (Av. Héroes del Chaco entre avenida Fuerza aérea), se determina como un promedio de las demoras de todos los accesos de la intersección.

$$d_I = \frac{\sum_{A-1}^T (d_A * V_A)}{\sum_{A-1}^T V_A}$$

$$d_I = \frac{\sum_{A-1}^T (100.63 * 993) + (9.40 * 772) + (8.29 * 512) + (9.48 * 845)}{\sum_{A-1}^T (993 + 772 + 512 + 845)}$$

$$d_I = 38.57 \left[\frac{s}{veh} \right]$$

Por tanto, el nivel de servicio global de la intersección 14 será de “D” (véase en la tabla N° 3.10).

3.4.9. Requisitos para la implementación de un sistema semafórico.

Se debe efectuar previamente una investigación de las condiciones de tránsito y de las características físicas de las intersecciones para determinar si se justifica la instalación de semáforos.

- Volumen mínimo de vehículos
- Interrupción del tránsito continuo
- Volumen mínimo de peatones
- Movimiento o circulación progresiva
- Antecedentes y experiencia sobre los accidentes
- Combinación de los requisitos anteriores

Según la norma AASHTO y el manual para el control de tránsito. Los semáforos de tiempo fijo se deben instalar solo si se reúnen uno o más de los requisitos ya mencionados anteriormente.

Analizando los datos obtenidos de volúmenes de vehículos de las vías de estudio, se determinó analizar las intersecciones más conflictivas.

De la relación volumen-capaciada (V/C) se obtiene el factor de carga que nos permite conocer el nivel de servicio de la intersección y sus accesos, si es menor a 0.70 los niveles de servicio son aceptable para el estudio.

Las intersecciones que estén con un nivel de servicio mayor a 0.70 trabajan con un flujo forzado y un flujo inestable para estas intersecciones se deberá realizar un estudio complementario para la implementación de un sistema de semáforos para reducir los niveles de servicio, las intersecciones son:

Tabla N° 3.49. Intersecciones con niveles de servicio (E, F).

NIVELES DE SERVICIO POR INTERSECCIÓN			
N°	INTERSECCIONES	NIVELES DE SERVICIO	DESCRIPCION DEL FLUJO
1	Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú	F	Flujo Forzado
2	Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú	F	Flujo Forzado
5	Av. Belgrano y Calle 6 de Junio	E	Flujo Inestable
6	Av. Defensores del Chaco Calle 6 de Junio	E	Flujo Inestable
9	Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font	F	Flujo Forzado
10	Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero	E	Flujo Forzado
15	Av. Héroe del Chaco y av. María Laura Justiniano	F	Flujo Forzado
16	Av. Héroe del Chaco y calle Rodolfo Meyer Gallop	F	Flujo Forzado
17	Av. Héroe del Chaco y calle Los Lapachos	F	Flujo Forzado
18	Av. Héroe del Chaco y av. Jaime Paz Zamora	E	Flujo Inestable
19	Av. Héroe del Chaco y av. Fray Quebracho	E	Flujo Inestable
20	Av. Héroe del Chaco y calle 10 de Mayo	E	Flujo Inestable
21	Av. Héroe del Chaco y av. Octavio Campero	E	Flujo Inestable
28	Av. Héroe del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez	E	Flujo Inestable

Fuente: Elaboración propia

Volúmenes de tráfico complementarios para las condiciones de semaforización.

Los volúmenes de tráfico se realizarán para las intersecciones mencionadas en la Tabla N°3.49 obteniendo los datos de un día representativo durante 8 horas continuas.

Las tablas a continuación muestran los datos obtenidos para cada intersección.

Tabla N° 3.50. Aforo de volúmenes de tráfico de las intersecciones más conflictivas

Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú									
Intersección 1	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	4	457	340	267	202	277	687	321	238
	1	362	245	217	367	328	547	317	273
Principal (600 veh/hr)		819	585	484	569	605	1234	638	511
Secundaria (veh/hr)	2	384	315	321	287	264	421	319	243
Secundario (200 veh/hr)		384	315	321	287	264	421	319	243
Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú									
Intersección 2	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	4	450	340	322	402	324	384	362	371
	2	362	364	379	367	328	312	423	412
Principal (600 veh/hr)		812	704	701	769	652	696	785	783
Secundaria (veh/hr)	1	342	218	382	248	342	324	248	276
Secundario (200 veh/hr)		342	218	382	248	342	324	248	276
Av. Belgrano y Calle 6 de Junio									
Intersección 5	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	229	170	134	101	139	344	161	119
	3	91	68	53	40	55	137	64	48
Principal (600 veh/hr)		320	238	187	141	194	481	225	167
Secundaria (veh/hr)	1	284	108	90	94	142	245	108	78
Secundario (200 veh/hr)		284	108	90	94	142	245	108	78

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.51. Aforo de volúmenes de las intersecciones más conflictivas

Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio									
Intersección 6	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	1	399	246	209	144	219	238	178	180
	3	304	187	159	287	194	347	259	215
Principal (600 veh/hr)		703	433	368	431	413	585	437	395
Secundaria (veh/hr)	2	171	109	128	124	164	162	124	138
Secundario (200 veh/hr)		171	109	128	124	164	162	124	138
Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font									
Intersección 9	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	409	340	318	274	324	428	375	279
	3	378	298	287	321	328	388	308	246
Principal (600 veh/hr)		787	638	605	595	652	816	683	525
Secundaria (veh/hr)	1	237	308	374	348	275	357	247	237
Secundario (200 veh/hr)		237	308	374	348	275	357	247	237
Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero									
Intersección 10	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	285	216	194	150	200	355	302	237
	4	305	237	254	248	255	315	235	194
Principal (600 veh/hr)		590	453	448	398	455	670	537	431
Secundaria (veh/hr)	3	240	342	387	349	420	140	138	237
Secundario (200 veh/hr)		240	342	387	349	420	140	138	237
Av. Héroes del Chaco y av. Maria Laura									
Intersección 15	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	143	108	97	75	100	178	151	119
	3	678	426	415	449	456	624	436	374
Principal (600 veh/hr)		821	534	512	524	556	802	587	493
Secundaria (veh/hr)	1	68	44	51	50	66	65	50	55
Secundario (200 veh/hr)		68	44	51	50	66	65	50	55

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.52. Aforo de volúmenes de las intersecciones más conflictivas

Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer									
Intersección 16	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	167	132	121	99	124	202	175	143
	3	690	438	427	461	468	636	448	386
Principal (600 veh/hr)		857	570	548	560	592	838	623	529
Secundaria	1	80	56	63	62	78	77	62	67
Secundario (200 veh/hr)		80	55.6	63.2	61.6	77.6	76.8	61.6	67.2
Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos									
Intersección 17	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	4	67	72	63	50	64	74	47	34
	1	697	445	434	468	475	643	455	393
Principal (600 veh/hr)		764	517	497	518	539	717	502	427
Secundaria (veh/hr)	2	72	48	55	54	70	69	54	59
Secundario (200 veh/hr)		72	48	55	54	70	69	54	59
Av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora									
Intersección 18	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	507	340	322	387	324	457	362	371
		0	0	0	0	0	0	0	0
Principal (600 veh/hr)		507	340	322	387	324	457	362	371
Secundaria (veh/hr)	1	240	342	387	349	324	408	321	237
Secundario (200 veh/hr)		240	342	387	349	324	408	321	237
Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho									
Intersección 19	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	438	340	322	402	324	384	362	371
		0	0	0	0	0	0	0	0
Principal (600 veh/hr)		438	340	322	402	324	384	362	371
Secundaria (veh/hr)	1	144	120	127	126	142	141	126	131
Secundario (200 veh/hr)		144	120	127	126	142	141	126	131

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.53. Aforo de volúmenes tráfico de las intersecciones más conflictivas

Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo									
Intersección 20	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	4	404	306	288	358	280	340	318	327
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Principal (600 veh/hr)		404	306	288	358	280	340	318	327
Secundaria	2	108	59	82	67	108	147	63	95
Secundario (200 veh/hr)		108	59	82	67	108	147	63	95
Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero									
Intersección 21	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	247	271	182	172	136	238	151	167
	3	307	241	127	124	128	347	240	129
Principal (600 veh/hr)		554	512	309	296	264	585	391	296
Secundaria (veh/hr)	1	342	304	278	234	286	370	173	148
Secundario (200 veh/hr)		342	304	278	234	286	370	173	148
Av. Héroes del Chaco y av. Profesor Simón									
Intersección 28	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Principal (veh/hr)	2	264	237	137	138	247	297	183	133
	3	235	93	100	143	115	316	247	104
Principal (600 veh/hr)		499	330	237	281	362	613	430	237
Secundaria (veh/hr)	4	167	123	146	131	172	211	217	159
Secundario (200 veh/hr)		167	123	146	131	172	211	217	159

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.54. Aforo de peatones de las intersecciones más conflictivas

Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú									
Intersección 1	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	4	64	81	23	34	47	68	97	72
	1	44	45	37	24	28	38	47	52
Peatones (p/hr)		108	126	60	58	75	106	144	124
Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú									
Intersección 2	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	4	29	42	10	21	34	55	47	46
	2	31	32	24	11	15	25	34	36
Peatones (p/hr)		60	74	34	32	49	80	81	82
Av. Belgrano y Calle 6 de Junio									
Intersección 5	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	22	23	19	12	14	19	24	26
	3	36	43	24	31	41	48	34	38
Peatones (p/hr)		58	66	43	43	55	67	58	64
Av. Defensores del Chaco y calle 6 de Junio									
Intersección 6	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	1	45	43	22	20	24	62	49	37
	3	62	46	31	36	38	57	28	24
Peatones (p/hr)		107	89	53	56	62	119	77	61
Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font									
Intersección 9	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	41	68	38	64	47	98	74	29
	3	26	37	79	27	83	73	83	54
Peatones (p/hr)		67	105	117	91	130	171	157	139

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.55. Aforo de peatones de las intersecciones más conflictivas

Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero									
Intersección 10	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	29	28	32	28	57	49	36	31
	4	37	36	39	28	32	56	23	41
Peatones (p/hr)		66	64	71	56	89	105	59	72
Av. Héroes del Chaco y av. María Laura									
Intersección 15	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	12	24	23	18	17	19	23	21
	3	37	36	39	28	32	56	23	41
Peatones (p/hr)		49	60	62	46	49	75	46	62
Av. Héroes del Chaco y calle Rodolfo Meyer									
Intersección 16	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	9	21	20	15	14	16	20	18
	3	34	33	36	25	29	35	18	38
Peatones (p/hr)		43	54	56	40	43	51	38	56
Av. Héroes del Chaco y calle Los Lapachos									
Intersección 17	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	4	11	23	22	17	16	18	22	20
	1	27	35	27	27	31	27	20	34
Peatones (p/hr)		38	58	49	44	47	45	42	54
Av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora									
Intersección 18	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	66	64	71	56	89	105	59	72
Peatones (p/hr)		66	64	71	56	89	105	59	72

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.56. Aforo de peatones de las intersecciones más conflictivas

Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho									
Intersección 19	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	69	67	74	59	92	108	62	75
Peatones (p/hr)		69	67	74	59	92	108	62	75
Av. Héroes del Chaco y calle 10 de Mayo									
Intersección 20	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	4	43	54	56	40	43	51	38	56
Peatones (p/hr)		43	54	56	40	43	51	38	56
Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero									
Intersección 21	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	11	23	22	17	16	18	22	20
	3	70	68	75	60	93	109	63	76
Peatones (p/hr)		81	91	97	77	109	127	85	96
Av. Héroes del Chaco y av. Profesor Simón									
Intersección 28	acceso	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00
Acceso Principal (veh/hr)	2	64	81	23	34	47	68	97	72
	3	58	59	51	38	42	52	61	66
Peatones (p/hr)		122	140	74	72	89	120	158	138

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.57. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 1)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	681	veh/hr	>	600	veh/hr	x		
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	319	veh/hr	>	200	veh/hr	x		
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	681	veh/hr	<	900	veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	319	veh/hr	>	100	veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	681	veh/hr	<	1000	veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	100	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si prove el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	100	%	>	80	%	x		
		Interrupción del tránsito	80	%	=	80	%	x		
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.58. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 2)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS									
REQUISITO	PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO	MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE			
						SI	NO		
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	738	veh/hr	>	600	Veh/hr	x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	298	Veh/hr	>	200	Veh/hr	x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	738	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	298	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x	
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	738	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	62	Peatones	<	150	Peatones		x
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación						x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	100	%	>	80	%	x	
		Interrupción del tránsito	80	%	=	80	%	x	
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.59. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 5)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	244	Veh/hr		600	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	144	Veh/hr		150	Veh/hr		x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	244	Veh/hr		900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	144	Veh/hr		75	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	244	Veh/hr		1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	57	Peatones		150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							
			40	km/hr		50	km/hr			
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información			5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información			3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	0	%	<	80	%		x	
		Interrupción del tránsito	50	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.60. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 6)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	471	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	140	Veh/hr	<	200	Veh/hr		x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	471	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	140	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	471	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	78	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		<	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	100	%	>	80	%	x		
		Interrupción del tránsito	80	%	=	80	%	x		
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.61. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 9)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	663	Veh/hr	>	600	Veh/hr	x		
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	298	Veh/hr	>	200	Veh/hr	x		
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	663	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	298	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	663	Veh/hr	>	600	Veh/hr	x		
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	115	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	100	%	>	80	%	x		
		Interrupción del tránsito	70	%	<	80	%	x		
		Volúmenes peatonales	75	%	<	80	%	x		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.62. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 10)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	498	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	282	Veh/hr	>	200	Veh/hr	x		
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	498	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	282	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	498	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	73	Peatones	<	150	Peatones	x		
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	80	%	>	80	%	x		
		Interrupción del tránsito	60	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	40	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.63 Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 15)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	603	Veh/hr	>	600	Veh/hr	x		
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	56	Veh/hr	<	150	Veh/hr		x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	603	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	56	Veh/hr	<	100	Veh/hr		x	
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	603	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	29	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	50	%	>	80	%		x	
		Interrupción del tránsito	0	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.64. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 16)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	639	Veh/hr	>	600	Veh/hr	x		
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	68	Veh/hr	<	150	Veh/hr		x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	639	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	68	Veh/hr	<	100	Veh/hr		x	
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	639	Veh/hr	<	600	Veh/hr	x		
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	29	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	50	%	<	80	%		x	
		Interrupción del tránsito	40	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	50	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.65. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 17)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS								
REQUISITO	PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO	MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
						SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	560	Veh/hr	<	600	Veh/hr	x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	60	Veh/hr	<	150	Veh/hr	x
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	560	Veh/hr	<	900	Veh/hr	x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	60	Veh/hr	<	100	Veh/hr	x
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	560	Veh/hr	<	600	Veh/hr	x
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	38	Peatones	<	150	Peatones	x
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación					x
			40	km/hr	<	50	km/hr	x
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		<	5	Accidente	x
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente	x
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	40	%	<	80	%	x
		Interrupción del tránsito	30	%	<	80	%	x
		Volúmenes peatonales	20	%	<	80	%	x

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.66. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 18)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS									
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE	
								SI	NO
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	384	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	326	Veh/hr	>	200	Veh/hr	x	
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	384	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	326	Veh/hr	>	75	Veh/hr	x	
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	384	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	73	Peatones	<	150	Peatones		x
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación						x
			40	km/hr		50	km/hr		x
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información			5	Accidente		x
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información			3	Accidente		x
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	50	%	<	80	%		x
		Interrupción del tránsito	50	%	<	80	%		x
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.67. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 19)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS									
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN		CUMPLE		
							SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	368	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	132	Veh/hr	<	150	Veh/hr		x
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	368	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	132	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x	
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	368	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	76	Peatones	<	150	Peatones		x
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación						x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		<	5	Accidente		x
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	50	%	>	80	%		x
		Interrupción del tránsito	50	%	=	80	%		x
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.68. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 20)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS									
REQUISITO	PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
							SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	328	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	91	Veh/hr	<	150	Veh/hr		x
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	328	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	91	Veh/hr	<	100	Veh/hr		x
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	328	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	29	Peatones	<	150	Peatones		x
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación						x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	100	%	>	80	%		x
		Interrupción del tránsito	70	%	<	80	%		x
		Volúmenes peatonales	0	%	<	80	%		x

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.69. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 21)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	401	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	267	Veh/hr	>	200	Veh/hr	x		
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	401	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	267	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	401	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	92	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	80	%	=	80	%		x	
		Interrupción del tránsito	60	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	40	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.70. Combinación de requisitos para la instalación de semáforos en la (intersección 28)

REQUISITO BÁSICOS PARA INSTALAR SEMÁFOROS										
REQUISITO		PARÁMETROS	DATOS EN CAMPO		MINIMO REQUERIDO PARA LA INTERSECCIÓN			CUMPLE		
								SI	NO	
1	Volúmenes de Tránsito	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	374	Veh/hr	<	600	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	166	Veh/hr	>	150	Veh/hr	x		
2	Interrupción del Tránsito continuo	Vehículos por hora en la vía de mayor volumen	374	Veh/hr	<	900	Veh/hr		x	
		Vehículos por hora acceso de mayor volumen de la vía menor	166	Veh/hr	>	100	Veh/hr	x		
3	Volúmenes peatonales	Vehículos que entran a la intersección en la vía mayor	374	Veh/hr	<	1000	Veh/hr		x	
		Peatones cruzan por hora a través de la vía mayor	114	Peatones	<	150	Peatones		x	
4	Mov. o circulación progresiva	Grado de agrupación necesario control de velocidad	Si provee el grado necesario de agrupación							x
			40	km/hr	<	50	km/hr		x	
5	Frecuencia de accidentes	Accidente en un periodo consecutivo de 12 meses	No existe información		>	5	Accidente		x	
		Accidente por año durante 3 años consecutivo	No existe información		=	3	Accidente		x	
6	Combinación de requisito	Volúmenes de tránsito	50	%	<	80	%		x	
		Interrupción del tránsito	50	%	<	80	%		x	
		Volúmenes peatonales	30	%	<	80	%		x	

Fuente: Elaboración propia

3.5. SemafORIZACIÓN

Luego de realizar la investigación de los aforos de volúmenes de tráfico y volumen de peatones en las intersecciones más conflictivas, se verifica si las intersecciones cumplen con las condiciones para la implementar un sistema de semáforos.

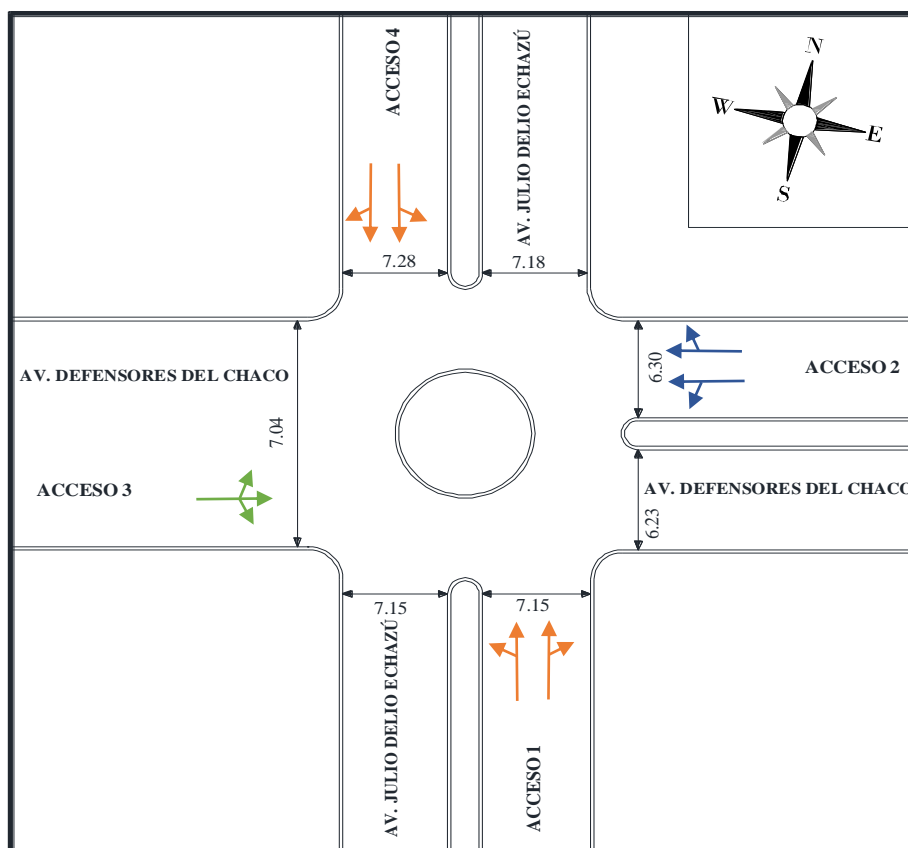
Son tres las intersecciones que cumplen con las condiciones para la implementación de un sistema de semafORIZACIÓN.

El cálculo se realizó según la norma HCM, se tomó en cuenta la velocidad de puto de cada tramo, las dimensiones de la intersección.

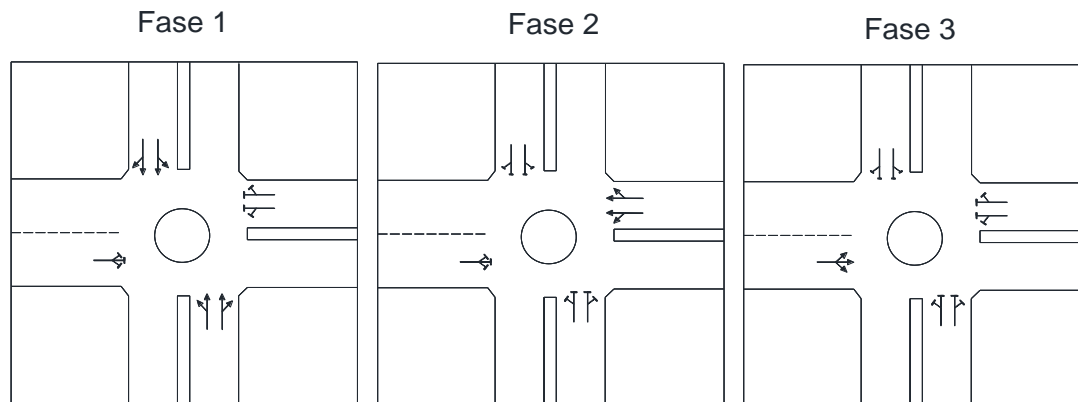
INTERSECCIÓN 1

AV. DEFENSORES DEL CHACO Y AV. JULIO DELIO ECHAZÚ

Figura. N ° 3.5. Identificación de ciclo y fases de la (intersección 1)



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Volumen principal	$V_A = 870$ veh/hr
Volumen secundario	$V_B = 729$ veh/hr
Velocidad media principal	$V_A = 38.72$ km/hr = 10.76 m/seg
Velocidad media secundario	$V_B = 40$ km/hr = 11.11 m/seg
Tiempo de percepción reacción	$t = 1$ m/seg
Tasa de desaceleración	$a = 3.05$ m/s
Longitud del vehículo	$L = 6.1$ m

Primero debemos calcula el flujo de saturación (Y).

Tabla N ° 3.71. Flujo de saturación (intersección 1)

FLUJO DE SATURACIÓN								
N° de Fase	Accesos	Movimientos	(I)	(n)	(feq.)	$q=(I*feq)/n$	(Y)	
1	1	G.der	34	2	1.2	20.40	0.01	0.19
		Recto	681	2	1	340.50	0.19	
		G.Izq	39	2	1.2	23.40	0.01	
	4	G.der	39	2	1.2	23.40	0.01	
		Recto	698	2	1	349.00	0.19	
		G.Izq	133	2	1.2	79.80	0.04	
2	2	G.der	222	2	1.2	133.20	0.07	0.11
		Recto	167	2	1	83.50	0.05	
		G.Izq	340	2	1.2	204.00	0.11	
3	3	G.der	5	1	1.2	6.00	0.00	0.24
		Recto	439	1	1	439.00	0.24	
		G.Izq	129	1	1.2	154.80	0.09	
							Y	0.55

Fuente: Elaboración propia

Si el Flujo de saturación es mayor a 1 ($Y > 1$). Se coloca un BY PASS.

1. Magnitud de intervalo de cambio (I_c)

$$I_c = \left(1 + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{w+L}{v}\right) = A + Tr$$

$$I_{c1} = \left(1 + \frac{11.11}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{17.33 + 6.10}{11.11}\right) = 3 + 2.11$$

$$A1 = 3 \quad Tr2 = 2$$

$$I_{c2} = \left(1 + \frac{10.76}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{19.96 + 6.10}{10.76}\right) = 2.76 + 2.42$$

$$A2 = 3 \quad Tr3 = 3$$

$$I_{c3} = \left(1 + \frac{10.76}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{19.8 + 6.10}{10.76}\right) = 2.76 + 2.41$$

$$A3 = 3 \quad Tr1 = 3$$

2. Tiempo perdido por fases (l_i)

$$l_i = A_i + Tr_i$$

$$l_1 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

$$l_2 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

$$l_3 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

3. Tiempo total perdido por fase (L)

$$L = l_1 + l_2 + l_3$$

$$L = 5 + 5 + 5 = 15 \text{ seg}$$

$$L = 15 \text{ seg.}$$

4. Calculo de longitud de tiempo de ciclo optimo (T_{co})

$$T_{co} = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$T_{co} = \frac{1.5 * 6.1 + 5}{1 - 0.551} = 61.262 \text{ seg}$$

$$T_{co} = 62 \text{ seg}$$

5. Tiempo efectivo verde total (g_T)

$$g_T = Tco - L \quad g_T = 62 - 15 = 47 \text{ seg}$$

$$g_T = 47 \text{ seg}$$

6. Reparto del tiempo de verde (g_i)

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_1 = \frac{0.194}{0.551} * 47 = 16.54 \text{ seg}$$

$$g_1 = 16.54 \text{ seg}$$

$$g_2 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_2 = \frac{0.113}{0.551} * 47 = 9.67 \text{ seg}$$

$$g_2 = 9.67 \text{ seg}$$

$$g_3 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_3 = \frac{0.244}{0.551} * 47 = 20.80 \text{ seg}$$

$$g_3 = 20.80 \text{ seg}$$

7. Determinación de los tiempos de verde reales (G_i)

$$G_i = g_i + l_i - A_i - TR_i$$

$$G_1 = 17 + 5 - 3 - 2 = \quad G_1 = 17 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 16 \text{ seg}$$

$$G_2 = 10 + 5 - 3 - 2 = \quad G_1 = 10 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 18 \text{ seg}$$

$$G_3 = 21 + 5 - 3 - 2 = \quad G_1 = 21 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 14 \text{ seg}$$

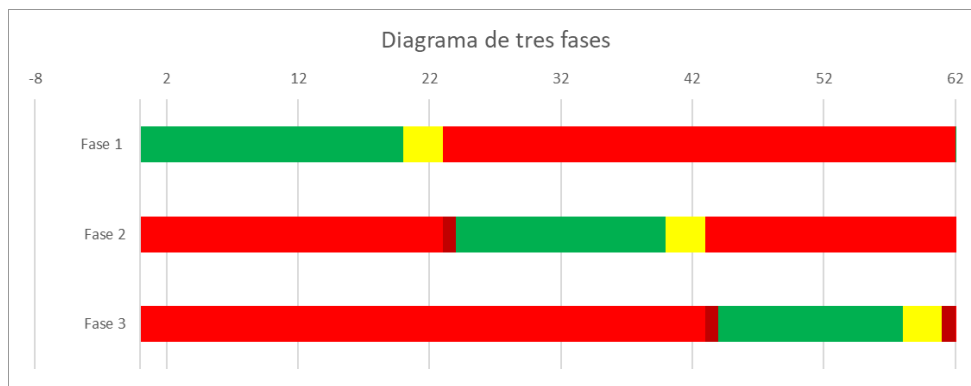
8. Tiempo del ciclo y fase

Tabla N° 3.72. Diseño del tiempo de ciclo y fases en la (intersección 1)

Acceso	Tiempo en segundos				
	Amarillo de ida (seg.)	Todo rojo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	2	43	16	62
2	3	2	41	18	62
3	3	2	45	14	62
4	3	2	43	16	62

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 2.6. Diagrama del ciclo de la (intersección 1)

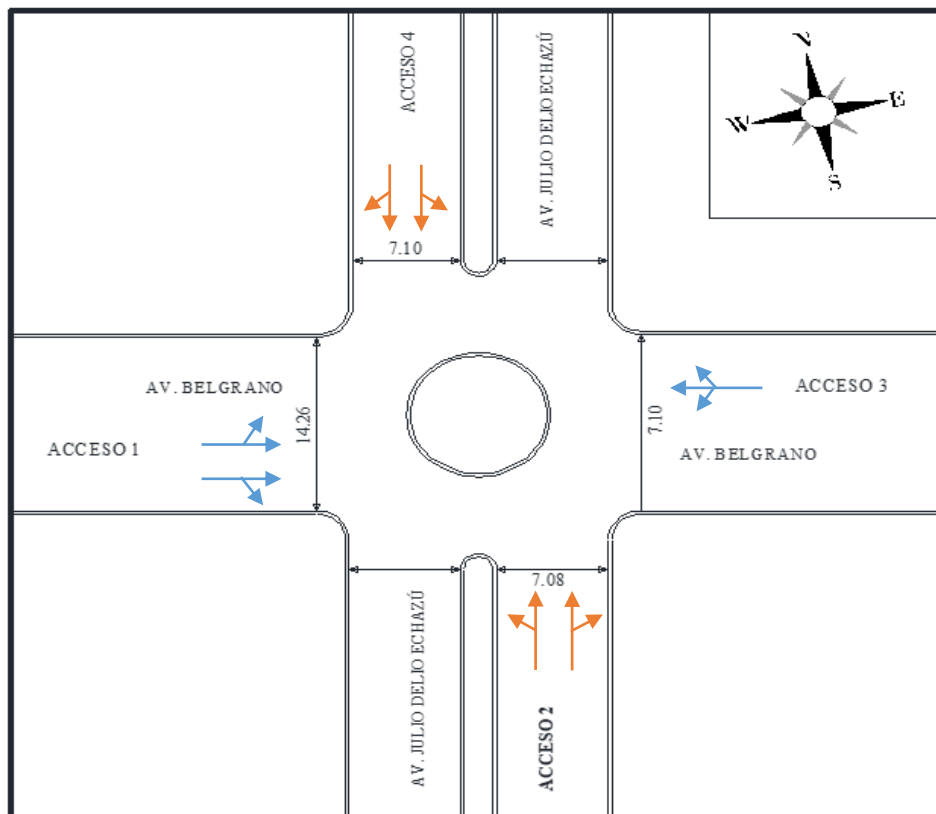


Fuente: Elaboración propia

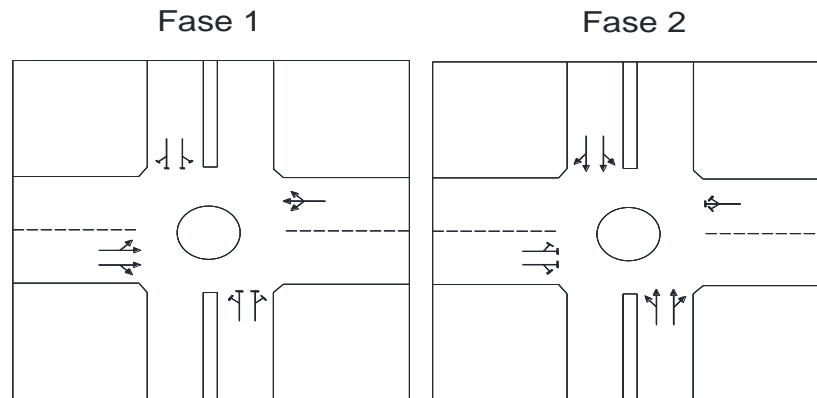
INTERSECCIÓN 2

AV. JULIO DELIO ECHAZÚ Y AV. BELGRANO

Figura. N ° 3.7. Identificación de ciclo y fases de la (intersección 2)



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Volumen principal	$V_A = 796 \text{ veh/hr}$
Volumen secundario	$V_B = 668 \text{ veh/hr}$
Velocidad media principal	$V_A = 39.94 \text{ km/hr} = 10.94 \text{ m/seg}$
Velocidad media secundario	$V_B = 40 \text{ km/hr} = 11.11 \text{ m/seg}$
Tiempo de percepción reacción	$t = 1 \text{ m/seg}$
Tasa de desaceleración	$a = 3.05 \text{ m/s}$
Longitud del vehículo	$L = 6.1 \text{ m}$

Primero debemos calcula el flujo de saturación (Y).

Tabla N ° 3.73. Flujo de saturación (intersección 2)

FLUJO DE SATURACION								
N° de Fase	Accesos	Movimientos	(I)	(n)	(feq.)	$q=(I*feq)/n$	(Y)	
1	1	G.der	106	2	1.2	63.60	0.04	
		Recto	650	2	1	650.00	0.36	
		G.Izq	40	2	1.2	24.00	0.01	
	3	G.der	9	1	1.2	10.80	0.01	
		Recto	288	1	1	288.00	0.16	
		G.Izq	13	1	1.2	15.60	0.01	
2	2	G.der	96	2	1.2	57.60	0.03	
		Recto	480	2	1	240.00	0.13	
		G.Izq	92	2	1.2	55.20	0.03	
	4	G.der	11	2	1.2	6.60	0.00	
		Recto	612	2	1	306.00	0.17	
		G.Izq	29	2	1.2	17.40	0.01	
							Y	0.53

Fuente: Elaboración propia

Si el Flujo de saturación es mayor a 1 ($Y > 1$). Se coloca un BY PASS.

1. Magnitud de intervalo de cambio (I_c)

$$I_c = \left(1 + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{w+L}{v}\right) = A + Tr$$

$$I_{c1} = \left(1 + \frac{10.94}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{19.68 + 6.10}{10.94}\right) = 2.76 + 2.36$$

$$A1 = 3 \quad Tr2 = 2$$

$$I_{c2} = \left(1 + \frac{11.11}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{17.26 + 6.10}{11.11}\right) = 2.82 + 2.10$$

$$A2 = 3 \quad Tr1 = 2$$

2. Tiempo perdido por fases (l_i)

$$l_i = A_i + Tr_i$$

$$l_1 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

$$l_2 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

3. Tiempo total perdido por fase (L)

$$L = l_1 + l_2 \quad L = 5 + 5 = 10 \text{ seg} \quad L = 10 \text{ seg}$$

4. Calculo de longitud de tiempo de ciclo optimo (T_{co})

$$T_{co} = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$T_{co} = \frac{1.5 * 6.1 + 5}{1 - 0.531} = 42.65 \text{ seg}$$

$$T_{co} = 50 \text{ seg}$$

5. Tiempo efectivo verde total (g_T)

$$g_T = T_{co} - L \quad g_T = 50 - 10 = 40 \text{ seg}$$

$$g_T = 44 \text{ seg}$$

6. Reparto del tiempo de verde (gi)

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_1 = \frac{0.361}{0.531} * 40 = 27.20 \text{ seg}$$

$$g_1 = 27.20 \text{ seg}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_t} * (g_T) = g_2 = \frac{0.170}{0.531} * 40 = 12.80 \text{ seg}$$

$$g_2 = 12.80 \text{ seg}$$

7. Determinación de los tiempos de verde reales (Gi)

$$G_i = g_i + l_i - A_i - TR_i$$

$$G_1 = 22 + 5 - 3 - 2 = G_1 = 22 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 22 \text{ seg}$$

$$G_2 = 18 + 5 - 3 - 2 = G_2 = 18 \text{ seg} \rightarrow G_2 = 18 \text{ seg}$$

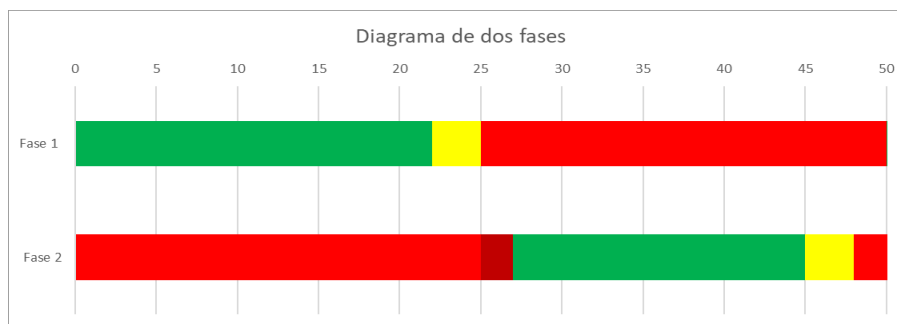
8. Tiempo del ciclo y fase

Tabla N ° 3.74. Diseño del tiempo de ciclo y fases en la (intersección 2)

Acceso	Tiempo en segundos.				
	Amarillo de ida (seg.)	Todo rojo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	2	25	22	50
2	3	2	29	18	50
3	3	2	25	22	50
4	3	2	29	18	50

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 3.8. Diagrama del ciclo de la (intersección 2)

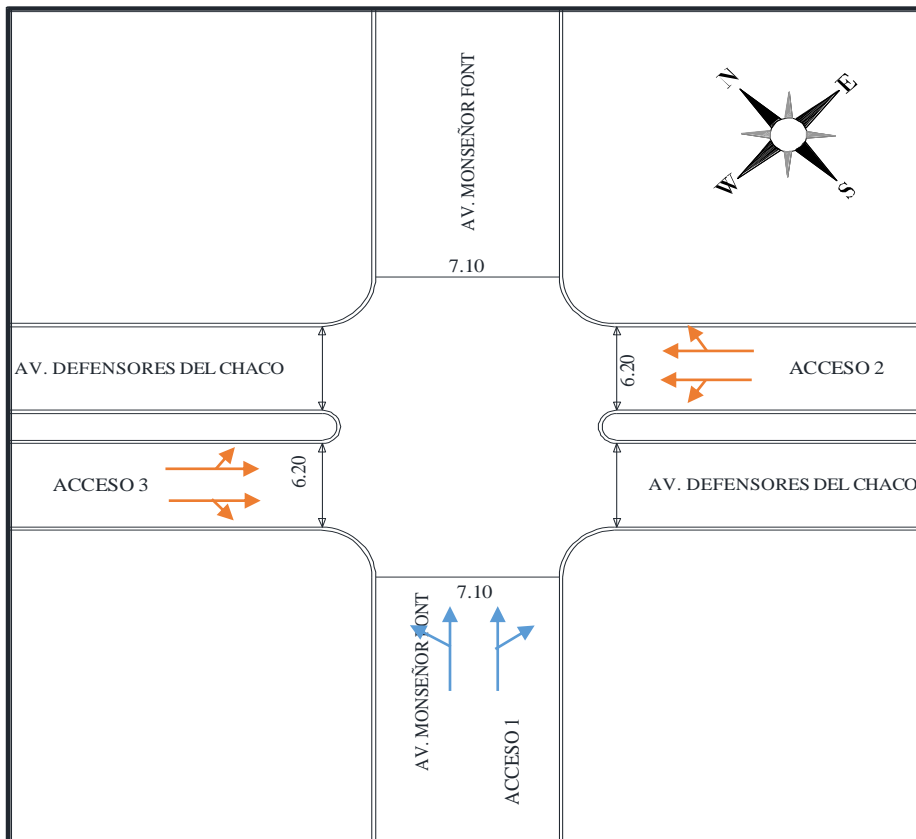


Fuente: Elaboración propia

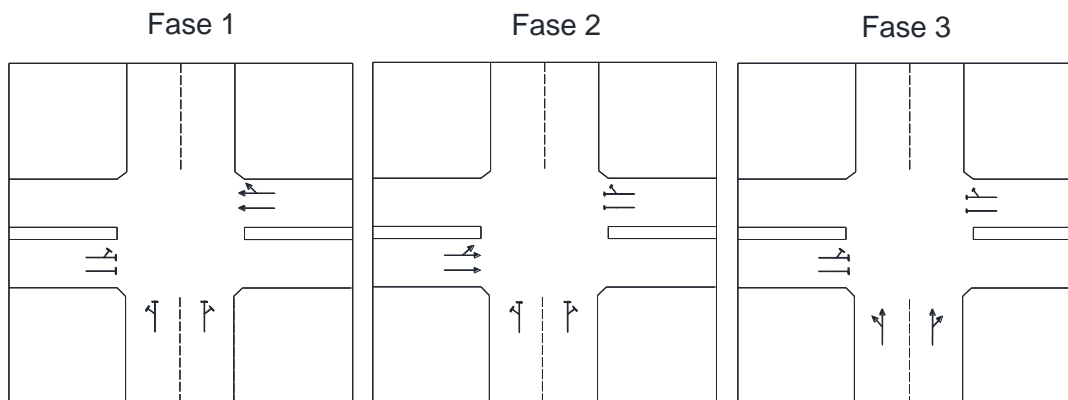
INTERSECCIÓN 9

AV. DEFENSORES DEL CHACO Y AV. MONSEÑOR FONT

Figura. N ° 3.9. Identificación de ciclo y fases de la (intersección 9)



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Datos:

Volumen principal	VA = 796 veh/hr
Volumen secundario	VB = 709 veh/hr
Velocidad media principal	V1 = 39.39 km/hr = 10.94 m/seg
Velocidad media secundario	V2 = 40 km/hr = 11.11 m/seg
Tiempo de percepción reacción	t = 1 m/seg
Tasa de desaceleración	a = 3.05 m/s
Longitud del vehículo	L = 6.1 m

Primero debemos calcula el flujo de saturación (Y).

Tabla N ° 3.75. Flujo de saturación (intersección 9)

FLUJO DE SATURACION								
N° de Fase	Accesos	Movimientos	(I)	(n)	(feq.)	q=(I*feq)/n	(Y)	
1	2	G.der	69	2	1.2	41.4	0.023	
		Recto	640	2	1	640	0.356	0.356
2	3	Recto	462	2	1	231	0.128	
		G.Izq	222	2	1.2	133.2	0.074	0.128
3	1	G.der	251	2	1.2	150.6	0.084	
		Recto	480	2	1	240	0.133	
		G.Izq	65	2	1.2	39	0.022	0.133
							Y	0.617

Fuente: Elaboración propia

Si el Flujo de saturación es mayor a 1 ($Y > 1$). Se coloca un BY PASS.

1. Magnitud de intervalo de cambio (Ic)

$$Ic = \left(1 + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{w+L}{v}\right) = A + Tr$$

$$Ic1 = \left(1 + \frac{10.94}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{17.10 + 6.10}{10.94}\right) = 2.65 + 2.30$$

$$A1= 3 \quad Tr2 = 2$$

$$Ic2 = \left(1 + \frac{11.11}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{10.10 + 6.10}{11.11}\right) = 2.82 + 1.46$$

$$A_2 = 3 \quad Tr_3 = 3$$

$$I_{c3} = \left(1 + \frac{11.11}{2 * 3.05}\right) + \left(\frac{10.10 + 6.10}{11.11}\right) = 2.82 + 1.46$$

$$A_3 = 3 \quad Tr_1 = 3$$

2. Tiempo perdido por fases (li)

$$l_i = A_i + Tr_i$$

$$l_1 = 3 + 1 = 4 \text{ seg}$$

$$l_2 = 3 + 2 = 5 \text{ seg}$$

$$l_3 = 3 + 1 = 4 \text{ seg}$$

3. Tiempo total perdido por fase (L)

$$L = l_1 + l_2 + l_3 \quad L = 4 + 5 + 4 = 13 \text{ seg} \quad L = 13 \text{ seg}$$

4. Calculo de longitud de tiempo de ciclo optimo (Tco)

$$T_{co} = \frac{1.5 * L + 5}{1 - Y}$$

$$T_{co} = \frac{1.5 * 6.1 + 5}{1 - 0.617} = 64.006 \text{ seg}$$

$$T_{co} = 64 \text{ seg}$$

5. Tiempo efectivo verde total (g_T)

$$g_T = T_{co} - L \quad g_T = 64 - 13 = 51 \text{ seg}$$

$$g_T = 51 \text{ seg}$$

6. Reparto del tiempo de verde (g_i)

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_1 = \frac{0.356}{0.617} * 51 = 29.40 \text{ seg}$$

$$g_1 = 29.40 \text{ seg}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_t} * (g_T) = g_2 = \frac{0.128}{0.617} * 51 = 10.64 \text{ seg}$$

$$g_2 = 10.65 \text{ seg}$$

$$g_3 = \frac{Y_1}{Y_t} * (g_T) = g_3 = \frac{0.133}{0.617} * 51 = 11.04 \text{ seg}$$

$$g_3 = 11.04 \text{ seg}$$

7. Determinación de los tiempos de verde reales (Gi)

$$G_i = g_i + l_i - A_i - TR_i$$

$$G_1 = 29 + 5 - 3 - 1 = \quad G_1 = 29 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 20 \text{ seg}$$

$$G_2 = 11 + 5 - 3 - 2 = \quad G_1 = 11 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 14 \text{ seg}$$

$$G_3 = 11 + 5 - 3 - 1 = \quad G_1 = 18 \text{ seg} \rightarrow G_1 = 18 \text{ seg}$$

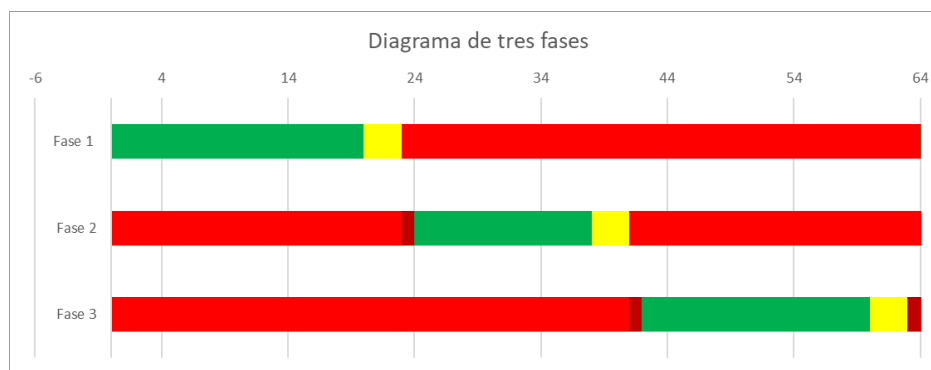
8. Tiempo del ciclo y fase

Tabla N° 3.76. Diseño del tiempo de ciclo y fases en la (intersección 9)

Acceso	Tiempo en segundos.				
	Amarillo de ida (seg)	Todo rojo (seg)	Rojo (seg)	Verde (seg)	Ciclo (seg)
1	3	3	41	20	64
2	3	3	47	14	64
3	3	3	43	18	64

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.10. Diagrama del ciclo de la (intersección 9)

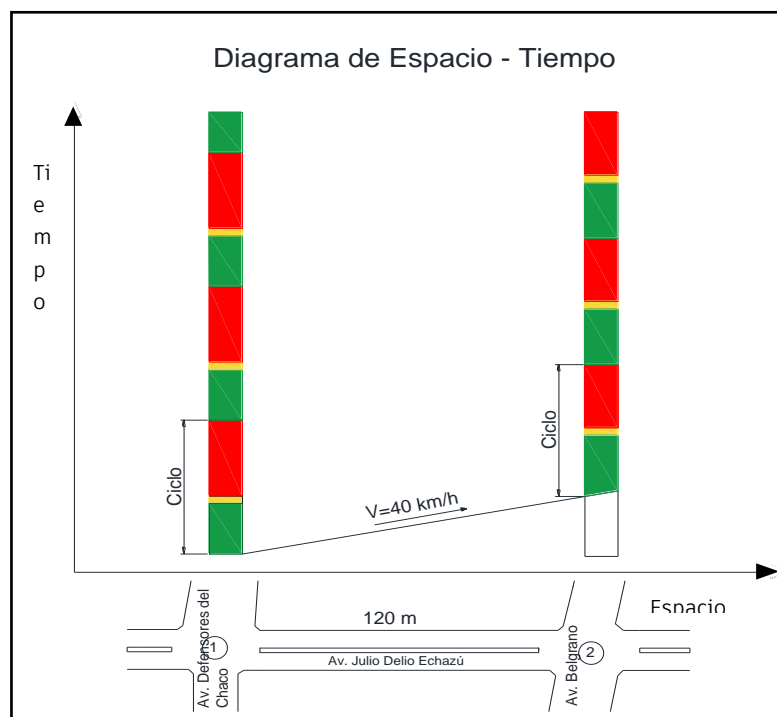


Fuente: Elaboración propio

3.5.1.1. Diagrama de espacio tiempo

Se implementó semáforos en tres intersecciones de la vía de estudio, el diagrama de espacio tiempo se realizó en las intersecciones av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú, y en la av. Julio Delio Echazú y av. Belgrano.

Figura N ° 3.11. Diagrama de espacio tiempo en las intersecciones (1-2)



Fuente: Elaboración propio

3.6. ANALISIS DE RESULTADOS

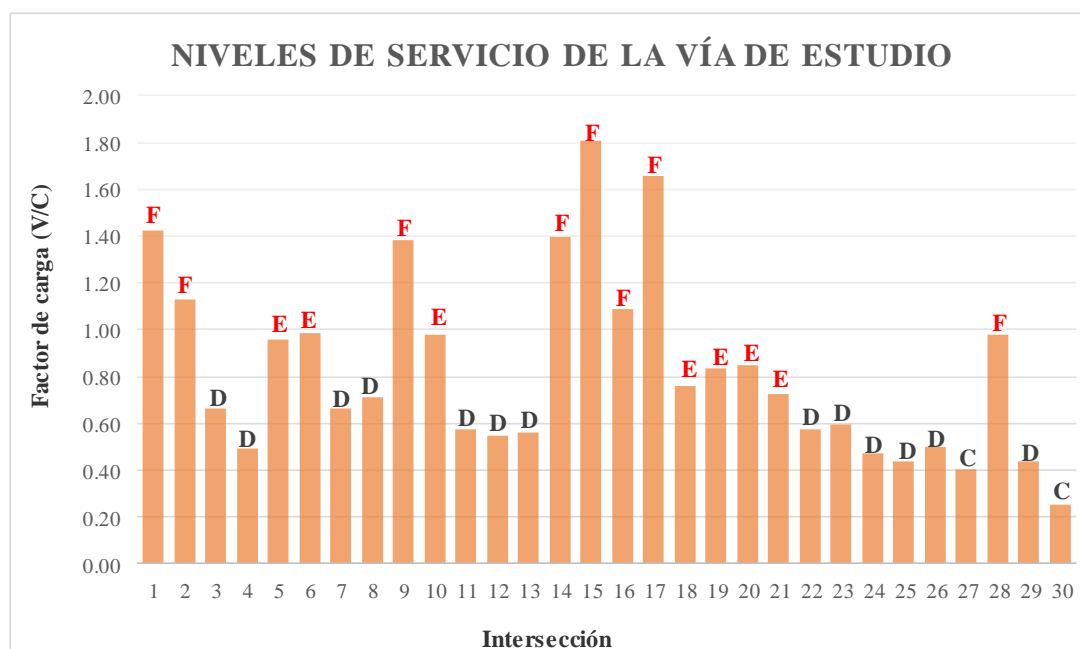
Los estudios sobre volumen de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, lo que hace posible el desarrollo para la obtención de la capacidad y niveles de servicio en la vía de estudio.

Luego de haber realizado el levantamiento de información de las treinta intersecciones en la vía de estudio, con los resultados de capacidad y niveles de servicio, se puede evidenciar que intersecciones trabajan arriba de su capacidad.

De la relación volumen-capacidad (V/C) obtenemos el factor de carga si el valor es menor a 1 por lo tanto es aceptable para el estudio.

El nivel de servicio adecuado es hasta el nivel (C), para los niveles de servicio mayores a este nivel se realiza un estudio complementario para la implementación de un sistema de semáforos y señalización en toda la vía de estudio para bajar los niveles de servicio.

Figura N° 3.12. Histograma de todos los niveles de servicio de la vía



Fuente: Elaboración propia

En el histograma se puede ver los niveles de servicio de las treinta intersecciones de las vías de estudio, se toma el nivel de servicio menor para cada intersección.

Las intersecciones con un nivel de servicio (D), están próximos a un flujo inestable solo en horas pico luego bajan considerablemente los volúmenes de tráfico, por ese motivo este nivel de servicio (D) será aceptable para este estudio.

Para las intersecciones con niveles de servicio (E y F), se realizó un estudio complementario en las 15 intersecciones debido a los flujos inestables y forzados, para plantear soluciones óptimas para los problemas que se encuentran en la vía de estudio.

Para las intersecciones con estos niveles de servicio se realizó el aforo de volúmenes de tráfico y de peatones durante 8 horas continuas en un día representativo, con esos volúmenes podemos verificar si las intersecciones cumplen los requisitos básicos para la implementación de un sistema de semáforos.

A continuación, se analizan los resultados de volúmenes de tráfico, capacidad, niveles de servicio, la velocidad punto y velocidad recorrido en las intersecciones que cumplen con los requisitos básicos para implementar semáforos en la vía de estudio.

3.6.1. Av. Defensores del Chaco (intersección 1)

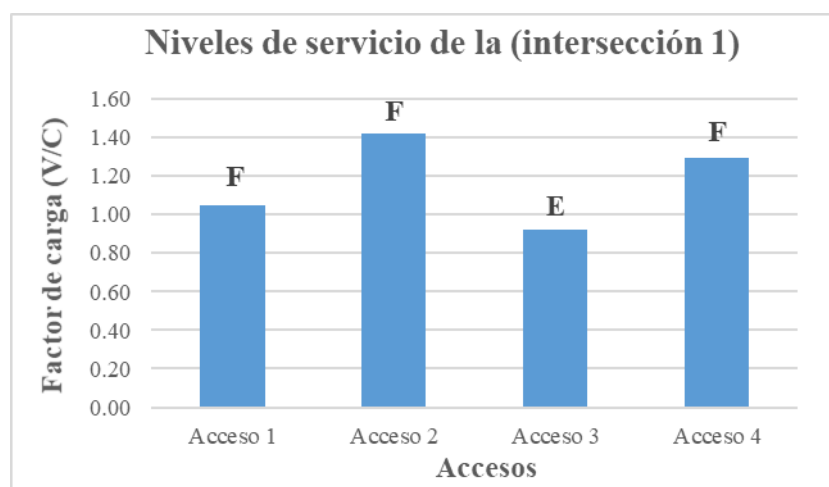
Los resultados obtenidos de volumen y capacidad en esta intersección nos indica que existe gran congestión vehicular el flujo es inestable y forzado, la intersección no cuenta con un sistema de semaforización ni con la señalización adecuada.

Tabla N° 3.77. Análisis de la capacidad y nivel de servicio (intersección 1)

Accesos	(Av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)				
	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	754	720	1.05	F	Flujo Forzado
A - 2	729	513	1.42	F	Flujo Forzado
A - 3	573	622	0.92	E	Flujo Inestable
A - 4	870	671	1.30	F	Flujo Forzado

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 3.13. Histograma de niveles de servicio (intersección 1)



Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio en esta intersección es (E y F), nos indica que existen demoras de los conductores, lo que dificulta la circulación de vehículos cuando las demoras son altas y las velocidades son lentas se nota el embotellamiento y caos vehicular en horas pico.

Para la intersección se complementó el estudio de volúmenes de tráfico vehicular y peatonal para ver si cumple las condiciones para la implantación de un sistema de semaforización, la intersección cumple con los requisitos básicos para instalar un sistema de semáforos.

Tabla N° 3.78. Tiempo de ciclo de semáforos en la (intersección 1)

Acceso	Tiempo en segundos				
	Amarillo de ida (seg.)	Todo rojo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	2	43	16	62
2	3	2	41	18	62
3	3	2	45	14	62
4	3	2	43	16	62

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la intersección para un sistema de semáforos nos dio un ciclo de 62 segundos repartido en tres fases debido a los volúmenes de tráfico y dimensiones de la intersección, las demoras en esta intersección son mayores a 2 minutos, con la implementación de un sistema de semáforos estamos reduciendo el nivel de servicio en la intersección.

3.6.2. Av. Belgrano (intersección 2)

El resultado obtenido en esta intersección no cumple con la relación volumen capacidad (V/C), nos dan valores mayores a 1, en la tabla a continuación se muestran los resultados de volúmenes, capacidad, niveles de servicio y la descripción del flujo en la intersección.

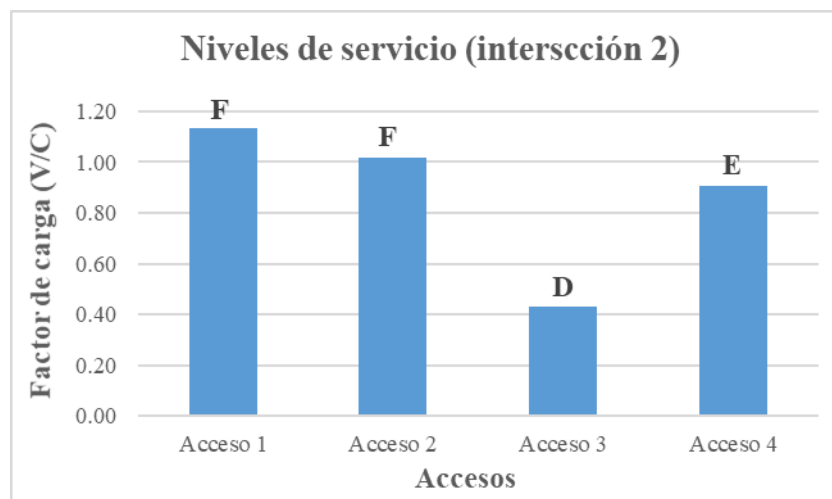
Tabla N° 3.79. Análisis de la capacidad y nivel de servicio (intersección 2)

Intersección 2	(Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú)				
	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	796	703	1.13	F	Flujo Forzado
A - 2	668	656	1.02	F	Flujo Forzado
A - 3	310	720	0.43	D	Próximo al flujo Inestable
A - 4	652	720	0.91	E	Flujo Inestable

Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio en los accesos (1,2) de la intersección los valores son críticos trabajan con flujos forzados el acceso (3) con un nivel próximo a flujo inestable y el acceso (4) con un flujo inestable. esto nos indica que existe demoras de los conductores, lo que dificulta la circulación de vehículos las demoras son altas se nota el embotellamiento y caos vehicular en horas pico. En la figura a continuación se observan los niveles de servicio.

Figura N° 3.14. Histograma de niveles de servicio (intersección 2)



Fuente: Elaboración propia

Para la intersección se complementó el estudio de volúmenes de tráfico vehicular y peatonal para ver si cumple las condiciones para la implementación de un sistema de semaforización, la intersección cumple con los requisitos básicos para instalar un sistema de semáforos, el resultado de la semaforización se muestra a continuación.

Tabla N° 3.80. Tiempo de ciclo de semáforos en la (intersección 2)

Acceso	Tiempo en segundos.				
	Amarillo de ida (seg.)	Todo rojo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	2	25	22	50
2	3	2	29	18	50
3	3	2	25	22	50
4	3	2	29	18	50

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la intersección para el sistema de semáforos nos dio un ciclo de 50 segundos repartido en tres fases debido a los volúmenes de tráfico y dimensiones de la intersección,

las demoras en esta intersección son cercanas a 2 minutos, con la implementación de un sistema de semáforos. Mejoramos la capacidad vehicular y por ende estamos reduciendo el nivel de servicio en la intersección.

3.6.3. Av. Defensores del Chaco (intersección 9)

El resultado obtenido en esta intersección no cumple con la relación volumen capacidad (V/C), nos dan valores mayores a 1 en la tabla a continuación se muestran los resultados de volúmenes, capacidad, niveles de servicio y la descripción del flujo en la intersección.

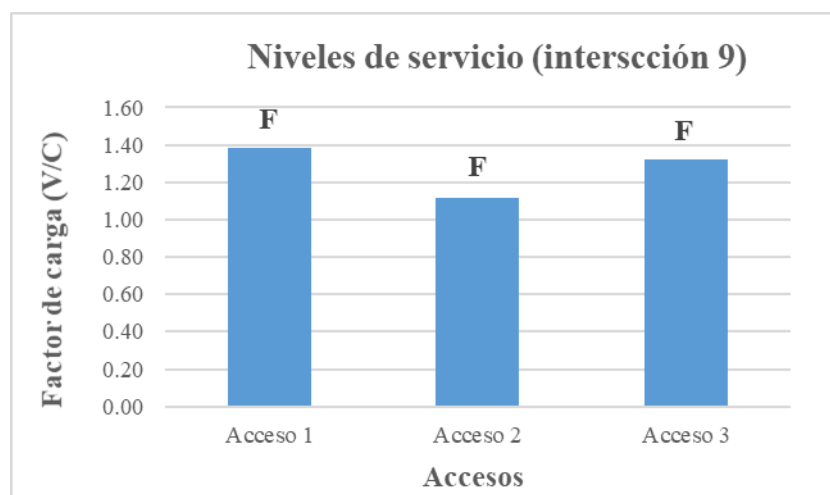
Tabla N° 3.81. Análisis de la capacidad y Nivel de Servicio (intersección 9)

Intersección 9	(Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor font)				
Accesos	Volumen (veh/h)	Capacidad (veh/h)	v/c	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A - 1	760	548	1.39	F	Flujo Forzado
A - 2	709	635	1.12	F	Flujo Forzado
A - 3	684	518	1.32	F	Flujo Forzado

Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio en los tres accesos de la intersección los valores son críticos trabajan con flujos forzados esto nos indica que existe demoras de los conductores, lo que dificulta la circulación de vehículos las demoras son altas se nota el embotellamiento y caos vehicular en horas pico. En la figura a continuación se observan los niveles de servicio.

Figura N° 3.15. Histograma de niveles de servicio (intersección 9)



Fuente: Elaboración propia

Para la intersección se complementó el estudio de volúmenes de tráfico vehicular y peatonal para ver si cumple las condiciones para la implantación de un sistema de semaforización, la intersección cumple con los requisitos básicos para instalar un sistema de semáforos, el resultado de la semaforización se muestra a continuación.

Tabla N° 3.82. Tiempo de ciclo de semáforos en la (intersección 9)

Acceso	Tiempo en segundos				
	Amarillo de ida (seg.)	Todo rojo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	3	41	20	64
2	3	3	47	14	64
3	3	3	43	18	64

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la intersección para el sistema de semáforos nos dio como resultado un ciclo de 64 segundos repartido en tres fases debido a los volúmenes de tráfico y giros a la izquierda en dos accesos de la intersección, las demoras en esta intersección son mayores a 2 minutos, con la implementación de un sistema de semáforos. Mejoramos la capacidad vehicular y por ende estamos reduciendo el nivel de servicio en la intersección.

3.6.4. Av. Héroes del Chaco (intersección 14)

Los resultados obtenidos en la intersección de la relación volumen-capacidad (v_i/c_i), los accesos (2,3,4) nos dan valores menores a 1, para el acceso (1) tenemos un valor mayor a 1, los valores de la intersección semaforizada se pueden observar en la siguiente tabla.

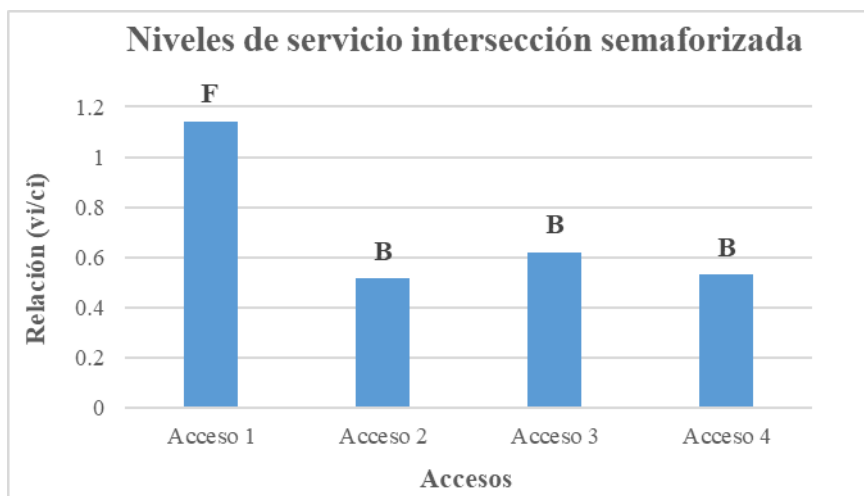
Tabla N°3.83.. Análisis de volúmenes y capacidad de la (intersección 14)

Acceso	Flujo de demanda ajustada v_i (veh/hr)	Capacidad de grupo de carriles c_i (veh/hr)	Relación $X=v_i/c_i$ del grupo de carriles	Nivel de servicio por accesos
1	993	1376	1.14	F
2	772	1875	0.52	B
3	512	1308	0.62	B
4	845	1830	0.53	B

Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio en los accesos (2,3,4) es un nivel (B) el cual es adecuado, el acceso (1) por el contrario el valor es críticos trabaja con flujo forzado. En la figura a continuación se observan los niveles de servicio.

Figura N° 3.16. Histograma de niveles de servicio (intersección 14)



Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar el cálculo para el nivel de servicio final de la intersección semaforizada. La demora de la intersección 14 (Av. Héroes del Chaco entre avenida Fuerza aérea), se determina como un promedio de las demoras de todos los accesos de la intersección el valor de la demora nos da un valor de 38.57 (seg/veh) Por tanto, el nivel de servicio global de la intersección 14 será un nivel (D), el cual es un nivel de servicio aceptable para la intersección.

3.6.5. Velocidad punto

Tabla N° 3.84. Promedio final de velocidad punto (Km/h)

Promedio final de velocidad de punto (km/h) del mes		
TRAMO	Sur	Norte
Velocidad Media del Flujo vehicular en la zona de estudio:	37.90	37.79
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Defensores del Chaco	39.27	39.39
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Héroes del Chaco	36.53	36.18

Fuente: Elaboración propia

Viendo los resultados de las velocidades observamos que en la av. Defensores del Chaco en el tramo entre la av. Julio Delio Echazú y la av. Roberto Romero se puede alcanzar mayor velocidad de circulación debido a que son tramos más largos de intersección a intersección, en comparación con el tramo de la av. Héroes del Chaco; tenemos menor velocidad ya que hay circulación de vehículos pesados en toda la vía.

3.6.6. Velocidad de recorrido total

Tabla N° 3.85. Promedio de la velocidad de recorrido total (Km/h)

Promedio de velocidad de recorrido total (km/h) del mes			
Tramo	Tiempo de circulación (seg)	Tiempo de demora (seg)	Velocidad de recorrido
Av. Defensores del Chaco	75.32	16.58	27.26
Av. Héroes del Chaco	227.85	59.68	33.33
Av. Belgrano	37.66	9.58	27.20
Promedio de la velocidad de recorrido total de toda la vía	303.17	76.26	31.86

Fuente: Elaboración propia

El resultado de velocidad de recorrido total se observó en la av. Defensores del Chaco tenemos menor velocidad por las demoras en las intersecciones más conflictivas de la vía, para la av. Héroes del Chaco las demoras son menores y por ese motivo las velocidades son mayores, para el tramo de la av. Belgrano las velocidades son bajas debido a que es un tramo de doble sentido en la vía y muy transitada.

3.7. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Dentro de las alternativas de solución que ayuden a minimizar los efectos de la inseguridad vial podemos mencionar:

Mejor manejo de la infraestructura vial

- Utilizar métodos de control automatizados que puedan vigilar los flujos viales de manera más efectiva. En particular, utilizar cámaras de video automáticas para detectar vehículos que circulan en exceso de velocidad e incumplan con las normas de tránsito. esto permitiría crear conciencia y educación en los conductores.

- Proteger más efectivamente a los ciclistas con vías exclusivas y señalamiento adecuado.
- Crear vías alternas para el tráfico pesado de manera que conecte con otras ciudades para descongestionar el tráfico vehicular.

Mejoras de bajo costo en la infraestructura

- Mejorar la calidad del señalamiento vial (horizontal y vertical).
- Crear aceras continuas y cómodas en la mayor cantidad posible, especialmente en las zonas urbanas, que permitan caminar de manera segura.
- Instalar barreras laterales donde se tengan altas velocidades.
- Las actividades comerciales que atraen mucho tráfico continuamente como bancos y restaurantes deben proveer alternativas de estacionamientos fuera de las calles y carreteras.
- Restringir al mínimo los desarrollos comerciales lineales en las carreteras de alto tránsito.

Dadas las alternativas mencionadas anteriormente se optó por aumentar la seguridad vial del tramo en estudio con un señalamiento vial de bajo costo, estas medidas son más fáciles y toman menor tiempo para su instalación. La creación de carriles o vías alternas al tramo están fuera de nuestro alcance.

3.7.1. Señales a implementar

También se plantea como solución una adecuada señalización de las vías tanto señales verticales como horizontales de acuerdo al manual de señalización de la ABC, en toda la vía para lo cual se realizó un inventario de toda la vía.

Para las señalizaciones se dividió la vía de estudio en tres tramos, a continuación, se desarrolla todo el procedimiento realizado para las señalizaciones que se implementara en las vías de estudio para su mejor funcionamiento, de la misma manera que ayuden a reforzar a las anteriores ya sea por falta de implementación, mantenimiento o deterioro.

Tramo 1. Av. Belgrano

Como no contamos con ninguna señal de tránsito se optó por colocar algunos elementos de seguridad con el objetivo de mejorar la circulación en la vía.

Dentro de las señales horizontales se colocaron las líneas de eje para dividir el carril, (línea amarilla continua con espesor de 12 cm) en una longitud de 354 m, también se pintaron los cordones de las veredas con pintura amarilla para prohibir el estacionamiento. Las líneas de borde de la vía (línea blanca continua espesor 15 cm) se emplazarán en una longitud de 708 m.

Intersección 2 Av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú.

Tabla N ° 3.86. Elementos de seguridad vial (intersección 2)

Elemento	Descripción
Señal luminosa SL-1	Semáforos
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje

Fuente: Elaboración propia

Intersección 4 Av. Belgrano y Calle Godolfredo Arnold.

Tabla N ° 3.87. Elementos de seguridad vial (intersección 4)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso
Señal restrictivas SR-2	Ceda el paso
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra

Fuente: Elaboración propia

Intersección 5 Av. Belgrano y Calle 6 de Junio.

Tabla N ° 3.88. Elementos de seguridad vial (intersección 5)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal informativa SI-1	Parada de transporte público
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal reglamentaria SR-2	Ceda el paso
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje

Fuente: Elaboración propia

Intersección 8 Av. Belgrano y av. Monseñor Font.

Tabla N ° 3.89. Elementos de seguridad vial (intersección 8)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal reglamentaria SR-2	Ceda el paso
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje

Fuente: Elaboración propia

Tramo 2 Av. Defensores del Chaco

Como no contamos con ninguna señal de tránsito se optó por colocar algunos elementos de seguridad con el objetivo de mejorar la circulación en la vía.

Dentro de las señales horizontales se colocaron las líneas de eje para dividir el carril de ida y de vuelta (línea blanca discontinua espesor de 12 cm), en una longitud de 1340 m las líneas de borde (línea blanca continua espesor 15 cm), se emplazarán en una longitud de 2680 m.

Intersección 1 Av. Julio Delio Echazú y av. Defensores del Chaco.

Tabla N ° 3.90. Elementos de seguridad vial (intersección 1)

Elemento	Descripción
Señal luminosa SL-1	Semáforos
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje

Fuente: Elaboración propia

Intersección 3 Av. Defensores del Chaco y Calle Godolfredo Arnoldo.

Tabla N ° 3.91. Elementos de seguridad vial (intersección 3)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso

Fuente: Elaboración propia

Intersección 6 Av. Defensores del Chaco y Calle 6 de junio.

Tabla N ° 3.92. Elementos de seguridad vial (intersección 6)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal informativa SI-1	Parada de transporte público
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal reglamentaria SR-2	Ceda el paso
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señales preventivas SP-4	Reducción de velocidad
Resalto tipo cojín RV	Reducción de velocidad
Señales preventivas SH	Espejo de seguridad vial

Fuente: Elaboración propia

Intersección 9 Av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font.

Tabla N ° 3.93. Elementos de seguridad vial (intersección 9)

Elemento	Descripción
Señal luminosa SL-1	Semáforos
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal reglamentaria SR-6	Prohibido girar a la izquierda
Señal reglamentaria SR-8	Prohibido girar a la derecha
Señal reglamentaria SR-26	Prohibido adelantar
Señal reglamentaria SR-27	Permitido estacionar
Señal informativa SI-1	Parada de transporte público

Fuente: Elaboración propia

Intersección 10 Av. Defensores del Chaco y av. Roberto Romero.

Tabla N ° 3.94. Elementos de seguridad vial (intersección 10)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal informativa SI-1	Parada de transporte público
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso

Fuente: Elaboración propia

Tramo 3 Héroes del Chaco.

De acuerdo al inventariado se cuenta con los siguientes elementos:

Tabla N° 3.95. Elementos de seguridad vial (inventario de la Av. Héroes del Chaco)

Elemento	Descripción
Señal luminosa SL-1	Semáforos
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal informativa SI-3	Parada de micros
Señal informativa SI-2	Parada de taxi
Señal informativa SI-4	Sitio de parqueo
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal reglamentaria SR-16	Transporte pesado prohibido
Señal reglamentaria SR-30	Velocidad máxima
Señal reglamentaria SR-8	Girar a la Derecha
Señales preventivas SP-14	Resalto
Señales preventivas SP-52	Peatones en la vía
Señales preventivas SP-53	Zona escolar

Fuente: Elaboración propia

En base al inventariado se optó por colocar algunos elementos de seguridad con el objeto de reforzar y mejorar las señales anteriores.

Dentro de las señales horizontales se colocaron las líneas de eje para dividir el carril de ida y de vuelta (línea blanca discontinua espesor de 12 cm) en una longitud de 2900 m (línea amarilla continua con espesor de 12 cm) en una longitud de 528 m también se pintaron los cordones de las veredas con pintura amarilla para prohibir el estacionamiento. Las líneas de borde de la vía (línea blanca continua espesor 15 cm) se emplazarán en una longitud de 5120 m se implementó un refugio peatonal con cilindros de tránsito, a la altura del Colegio Hermano Felipe Palazón.

Intersección 11 Av. Héroes del chaco y Calle Oscar Trigo.

Tabla N° 3.96. Elementos de seguridad vial (intersección 11)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra

Fuente: Elaboración propia

Intersección 12 Av. Héroes del chaco y Calle Roberto Ugarte Ruiz.

Intersección 13 Av. Héroes del chaco y Calle Carlos Zamora Trigo.

Intersección 16 Av. Héroes del chaco y Calle Rodolfo Meyer Gallop.

Tabla N ° 3.97. Elementos de seguridad vial (intersección 12, 13, 16,)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso

Fuente: Elaboración propia

Intersección 14 Av. Héroes del chaco y av. Fuerza Aérea.

Tabla N ° 3.98. Elementos de seguridad vial (intersección 14)

Elemento	Descripción
Señal luminosa SL-1	Semáforos
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal reglamentaria SR-8	Girar a la Derecha
Señal reglamentaria SR-6	Prohibido girar a la izquierda

Fuente: Elaboración propia

Intersección 15 Av. Héroes del Chaco y av. María Laura Justiniano.

Tabla N ° 3.99. Elementos de seguridad vial (intersección 15)

Elemento	Descripción
Señal reglamentaria SR-30	Velocidad máxima
Señales preventivas SP-14	Resalto
Señales preventivas SP-52	Peatones en la vía
Señales preventivas SP-53	Zona escolar
Señal informativa SI-3	Parada de micros
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra

Fuente: Elaboración propia

Intersección 17 Av. Héroes del Chaco y Calle Los Lapachos.

Tabla N ° 3.100. Elementos de seguridad vial (intersección 17)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal reglamentaria SR-4	Dirección Prohibido
Señal horizontal SH-4	Flecha de viraje
Señal reglamentaria SR-6	Prohibido girar a la izquierda
Señal reglamentaria SR-15	Tránsito pesado a la derecha

Fuente: Elaboración propia

Intersección 18 Av. Héroes del Chaco y av. Jaime Paz Zamora.

Tabla N ° 3.101. Elementos de seguridad vial (intersección 18)

Elemento	Descripción
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal horizontal SH-5	Achurado
Señal horizontal SH-6	Tachas amarillas

Fuente: Elaboración propia

Intersección 19 Av. Héroes del Chaco y av. Fray Quebracho.

Tabla N ° 3.102. Elementos de seguridad vial (intersección 19)

Elemento	Descripción
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal horizontal SH-5	Achurado
Señal horizontal SH-6	Tachas amarillas
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal horizontal SH-7	Flecha recta y de salida
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra

Fuente: Elaboración propia

Intersección 20 Av. Héroes del Chaco y calle 10 de mayo.

Intersección 21 Av. Héroes del Chaco y av. Octavio Campero Echazú.

Tabla N ° 3.103. Elementos de seguridad vial (intersección 20, 21,)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal horizontal SH-4	Flecha de viraje
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar

Fuente: Elaboración propia

Intersección 22 Av. Héroes del Chaco y Calle Juan de Dios Paz Echazú

Intersección 23 Av. Héroes del Chaco y Calle Numa Romero del Carpio

Intersección 24 Av. Héroes del Chaco y Calle Anacocho

Intersección 25 Av. Héroes del Chaco y Calle Ayacucho

Intersección 27 Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar

Tabla N ° 3.104. Elementos de seguridad vial (intersección 22, 23, 24, 25, 27,)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso
Señal horizontal SH-8	Flecha recta
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar

Fuente: Elaboración propia

Intersección 26 Av. Héroes del Chaco y av. Simón Bolívar

Tabla N ° 3.105. Elementos de seguridad vial (intersección 26)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-2	Flecha recta y de viraje
Señal reglamentaria SR-27	Permitido estacionar
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal horizontal SH-3	Cruce controlado por señal ceda el paso

Fuente: Elaboración propia

Intersección 28 Av. Héroes del Chaco y av. Prof. Simón Rodríguez

Tabla N ° 3.106. Elementos de seguridad vial (intersección 28)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebrá
Señal informativa SI-2	Parada de taxi
Señal informativa SI-4	Sitio de parqueo
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar

Fuente: Elaboración propia

Intersección 29 Av. Héroes del Chaco y Calle sin nombre

Tabla N ° 3.107. Elementos de seguridad vial (intersección 29)

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebrá
Señal informativa SI-2	Parada de taxi
Señal informativa SI-4	Sitio de parqueo
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señales preventivas SP-52	Peatones en la vía
Señal informativa SI-3	Parada de micros

Fuente: Elaboración propia

Intersección 30 Final av. Héroes del chaco**Tabla N ° 3.108. Elementos de seguridad vial (intersección 30)**

Elemento	Descripción
Señal horizontal SH-1	Línea de cruce de paso peatonal tipo cebra
Señal reglamentaria SR-28a	Prohibido estacionar
Señal horizontal SH-4	Flecha de viraje
Señal horizontal SH-8	Flecha recta

Fuente: Elaboración propia

Las avenidas Defensores del Chaco y Héroes del chaco son vías muy importantes para el tráfico vehicular en la ciudad, con este estudio realizado se pretende mejorar la transpirabilidad vehicular y peatonal. Bajo este concepto se implementó la semaforización y la señalización vertical y horizontal en toda la vía de estudio, para mejorar la capacidad y niveles de servicio y dar solución al congestionamiento que se produce en las vías de estudio. El resultado de las señalizaciones se muestra en los planos.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En este trabajo se determinó la capacidad vehicular y el nivel de servicio en la “Avenidas Defensores del Chaco y Héroes del Chaco”, a partir de las condiciones de comportamiento actual de la circulación, de manera que se pudo evaluar las condiciones actuales y se planteó acciones para mejorar las condiciones de capacidad y nivel de servicio en el área de estudio
- Se realizó el aforo de volúmenes de tráfico en la intersección más conflictiva de la vía de estudio para identificar las horas pico que son desde las 07:00 a 08:00 AM, 12:00 a 13:00 PM y 18:00 a 19:00 PM, siendo la intersección “av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea” de mayor volumen de tráfico, donde se alcanza un volumen vehicular de 2623 veh/hr.
- Se realizó el aforo de volúmenes de tráfico en las treinta intersecciones en cada uno de los accesos que se encuentran en la vía de estudio, se muestran resultados de volúmenes de las intersecciones más conflictivas, conforme se establece en la siguiente Tabla:

Tabla N ° 4.1. Volúmenes de tráfico de las intersecciones más conflictivas

Nº	INTERSECCIONES	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Media
1	Av. Defensores del Chaco y Av. Julio Delio Echazu	754	729	573	870	731
2	Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú	796	668	310	652	606
5	Av. Belgrano y Calle 6 de Junio	366	460	63	-	296
6	Av. Defensores del Chaco y Calle 6 de Junio	388	456	464	-	436
9	Av. Defensores del Chaco y Av. Monseñort Font	760	709	684	-	718
10	Av. Defensores del Chaco y Av. Roberto Romero	490	518	585	457	512

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.2. Volúmenes de tráfico de las intersecciones más conflictivas

Nº	INTERSECCIONES	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Media
14	Av. Héroes del Chaco y Av. Fuerza Aérea	843	625	471	684	656
15	Av. Héroes del Chaco y Av. María Laura Justiniano	325	230	707	-	421
16	Av. Héroes del Chaco y Calle Rodolfo Meyer Gallop	60	29	635	-	241
17	Av. Héroes del Chaco y Calle Los Lapachos	65	65	820	-	317
18	Av. Héroes del Chaco y Av. Jaime Paz Zamora	586	511	-	-	549
19	Av. Héroes del Chaco y Av. Fray Quebracho	163	547	-	-	355
20	Av. Héroes del Chaco y Calle 10 de Mayo	167	535	-	-	351
21	Av. Héroes del Chaco y Av. Octavio Campero	292	368	331	-	330
28	Av. Héroes del Chaco y Av. Prof. Simón Rodríguez	446	345	258	206	314

Fuente: Elaboración propia

- Se determinó la capacidad vehicular y el nivel de servicio y las condiciones de comportamiento actual de circulación vehicular considerando las intersecciones con y sin semáforos, como se puede observar en la siguiente Tabla.

Tabla N° 4.3. Capacidad y niveles de servicio de la condición actual

Intersección sin sistema de semaforización							
Intersecciones		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Media	Nivel de servicio
1	Av. Defensores del Chaco y Av. Julio Delio Echazú	720	513	622	671	631	F
2	Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú	703	656	720	720	700	F
9	Av. Defensores del Chaco y Av. Monseñor Font	548	635	518	-	567	F
Intersección con sistema de semaforización							
Intersección		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Media	Nivel de servicio
14	Av. Héroes del Chaco y Av. Fuerza Aérea	869	1491	824	1591	1194	D

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó los aforos de tiempo en diferentes tramos de la vía en estudio tanto de ida como de vuelta para obtener la velocidad punto y la velocidad de recorrido.

Tabla N° 4.4. Promedio final de velocidad punto (km/hr)

Promedio final de velocidad de punto (km/h) del mes		
TRAMO	Sur	Norte
Velocidad Media del Flujo vehicular en la zona de estudio:	37.90	37.79
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Defensores del Chaco	39.27	39.39
Velocidad Media del flujo vehicular en la Av. Héroes del Chaco	36.53	36.18

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.5. Promedio final de velocidad de recorrido total (km/hr)

Promedio de velocidad de recorrido total (km/h) del mes			
Tramo	Tiempo de circulación (seg)	Tiempo de demora (seg)	Velocidad de recorrido
Av. Defensores del Chaco	75.32	16.58	27.26
Av. Héroes del Chaco	227.85	59.68	33.33
Av. Belgrano	37.66	9.58	27.20
Promedio de la velocidad de recorrido total de toda la vía	303.17	76.26	31.86

Fuente: Elaboración propia

- Realizado el inventario vial se pudo identificar todos los elementos del tramo, su condición y estado en que se encuentra la avenida circunvalación, se pudo verificar la falta de señalización vertical y horizontal; a continuación, se muestra en una tabla los resultados obtenidos

Tabla N° 4.6. Inventario de la condición actual de la vía de estudio

Elemento	Condición			Total
	Buena	Regular	Mala	
Superficie de rodadura		x		Regular
Señalización vertical			16	16 señales verticales
Señalización horizontal			x	Mala
Cordón		x		regular
Boca tormentas		8		8 boca tormentas
puente		2		2 puentes

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó la medición de tiempos, ciclos y fases conforme a la determinación de colores de los semáforos existentes en la intersección. De acuerdo a los tiempos de demora, el nivel de servicio es (D) este nivel es aceptable para el estudio, por lo que se mantiene los tiempos y ciclo en la intersección.

Tabla N° 4.7. Tiempos de ciclos y fase para la intersección 14 (seg.)

Tiempo en segundos.				
Av. Héroes del Chaco y av. Fuerza Aérea				
Acceso	Amarillo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	23	25	51
2	3	25	23	51
3	3	23	25	51
4	3	25	23	51

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó el cálculo para la implementación de un sistema de semáforos para las tres intersecciones que cumplen con las condiciones básicas, en la tabla se observa los tiempos, fases y ciclo de los semáforos para mejorar la capacidad vehicular y por ende el nivel de servicio.

Tabla N ° 4.8. Diseño de tiempo ciclo y fases de los semáforos

Tiempo en segundos.				
(av. Defensores del Chaco y av. Julio Delio Echazú)				
Acceso	Amarillo (seg.)	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	3	43	16	62
2	3	41	18	62
3	3	45	14	62
4	3	43	16	62
(av. Belgrano y av. Julio Delio Echazú)				
1	3	25	22	50
2	3	29	18	50
3	3	25	22	50
4	3	29	18	50
(av. Defensores del Chaco y av. Monseñor Font)				
1	3	41	20	64
2	3	47	14	64
3	3	43	18	64

Fuente: Elaboración propia

- Se determinó las soluciones al problema sobre la congestión vehicular que existe en la vía, con la implementación de señales verticales y horizontales de acuerdo al manual de dispositivos de control de tránsito de la (ABC), la implementación de un sistema de semaforización en las intersecciones que cumplen con las condiciones básicas, la canalización de las avenidas: Defensores del Chaco y Héroes del Chaco, con el fin de organizar el tránsito vehicular. La señalización y semaforización se muestra en el anexo de planos.

4.2. RECOMENDACIONES

- Promover campañas de concientización para los conductores de vehículos y peatones, debido a que la congestión vehicular no se da únicamente por la geometría y señalización de las vías, la falta de cultura por parte de los conductores y peatones entorpece el tráfico.
- Se propone la canalización de los carriles mediante tachones, el objetivo que se pretende lograr es doble: darle mayor seguridad vial a la avenida y favorecer la efectividad del transporte público, disminuyendo los tiempos del recorrido y evitando congestiones vehiculares y maniobras de sobrepaso.
- La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos, a través de la señalización se indica a los conductores y peatones la forma correcta y segura de transitar por la avenida, evitando riesgos y demoras innecesarias.
- En la semaforización existente, es importante respetar la señalización vertical, conforme al movimiento vehicular que se produce en la intersección, debido a que el aumento vehicular es creciente, lo que ocasiona el constante congestionamiento vehicular por la falta de su capacidad para proseguir la marcha con la regularidad esperada.
- Realizado el aforo de peatones en los accesos, no se recomienda la instalación de semáforos peatonales adicionales a los vehiculares, pues las condiciones, en

cuanto a la cantidad de peatones por hora no son suficientes, ya que la intersección óptima para un semáforo peatonal debe ser mayor a 150 en áreas no escolares y mayor a 250 en áreas escolares, y el presente caso no cumple con lo señalado.

- Las avenidas: Defensores del Chaco y Héroes del Chaco son vías críticas sobre todo en horas pico, tanto por el alto nivel de accidentes, como por el alto congestionamiento, generando perjuicio constante a los usuarios, lo que puede desencadenar en demoras excesivas en los vehículos, por lo que se recomienda analizar el presente trabajo y sus propuestas para implementarlas.