

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1 ANTECEDENTES:

Es una rama de la ingeniería que nace como consecuencia de la implementación del transporte por las ciudades y el conflicto que esto ocasiona.

A pesar de que caminos y calles datan de hace más de 10.000 años como medios de transporte, la ingeniería de tráfico aparece hace pocos años debido que al paso del tiempo ha ido existiendo mayor diferencia entre vehículos que circulan en calles y carreteras con tecnología avanzada con mayores velocidades, mayor potencia, mayor facilidad de maniobrabilidad, etc. y transitando por calles y carreteras que no tenían las condiciones geométricas de trazado acorde a los vehículos circulantes.

Esa diferencia ha ido marcando problemas puntuales y luego generales que obligaron al nacimiento de una ciencia denominándola ingeniería de tráfico.

Actualmente con la tecnología vehicular en progreso los problemas de circulación se incrementaron, por lo tanto la ingeniería de tráfico regula este tipo de problemas y aporta con la señalización horizontal y vertical.

1.1 JUSTIFICACIÓN:

Dadas las condiciones de desarrollo de la ciudad de Bermejo y el crecimiento constante que experimenta, tanto peatonal como motorizado ha influido notoriamente en el flujo automotriz ocasionando congestionamiento y demoras, es por eso que cada día se siente más la necesidad de disponer de adecuadas vías de comunicación que nos aseguren un desplazamiento rápido y seguro.

En efecto, el fenómeno del tráfico de vehículos a motor se ha generalizado y extendido de tal manera que puede afirmarse, que forma parte de la vida cotidiana y que se ha transformado en una de las expresiones más genuinas del ejercicio de la libertad de circulación. Pero, al efectuarse de forma masiva y simultánea, lleva

consigo una serie de problemas que es necesario regular para que aquel ejercicio no lesione intereses individuales o colectivos que deben ser objeto de protección pública.

Para poder lograr una circulación libre de congestionamiento y demoras se recurre a la Ingeniería de Tráfico, haciendo un estudio minucioso del volumen que circula por las calles y avenidas, para buscar una solución que ayude a mejorar la circulación, entre ellas la semaforización es una alternativa que brinda a los usuarios un desplazamiento seguro, eficaz y eficiente.

La zona de estudio del presente proyecto de tráfico es la avenida Luis de Fuentes en la ciudad de Bermejo. La misma consta un carril que cumple con la finalidad de dar acceso a las diferentes zonas de la ciudad de Bermejo, ya sean comerciales, laborales, industriales, etc.

La avenida Luis de Fuentes es una arteria de descongestionamiento vehicular, por lo que debe estar siempre en buen estado y contar con una buena señalización y control de tránsito, logrando de esta manera disipar el flujo vehicular de manera rápida y efectiva.

En este sentido se propone realizar un estudio de tráfico para implementar un sistema de semaforización que regule y dirija la circulación en la avenida Luis de Fuentes de la ciudad de Bermejo donde se presentan grandes problemas.

1.2 OBJETIVOS:

1.2.1 Objetivo General:

Realizar un estudio de semaforización en la avenida Luis de Fuentes de la Ciudad de Bermejo, para considerar y dar soluciones a los problemas de congestionamiento tanto vehicular como peatonal.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Establecer los puntos de intersección donde se requiera la implementación de semáforos.
- Realizar un estudio de volúmenes y flujo vehicular mediante aforos.
- Realizar un estudio de velocidades mediante aforos.
- Diseñar un sistema de semaforización que ofrezca mejoras sobre la condición actual de circulación.
- Calcular los tiempos y fases de los semáforos.

1.3 ALCANCE DE TRABAJO

Definir los factores básicos que intervienen en un Estudio de Tráfico, el cual determinará en buena medida el conocimiento objetivo de la vía evitando en lo posible actuar sobre hipótesis, es decir estudiar volúmenes, velocidades, a su vez definir los conceptos más utilizados en esta rama de la Ingeniería Civil, para su correcta aplicación en proyectos.

Realizar una clasificación de los semáforos tomando en cuenta el aspecto funcional de los mismos, definir su uso adecuado ya sea peatonal o vehicular.

Se deberá realizar aforos en los lugares donde se presente más congestionamiento tomando en cuenta las horas pico.

Con los datos obtenidos de volúmenes aforados se realizará el diseño de los semáforos tomando en cuenta el tipo de semáforo a usar, la distribución de tiempos y se determinará la onda verde.

Al determinar las fases de los semáforos, óptimas para el tránsito existente en dicha zona se conseguirá que el tráfico sea lo más fluido logrando así una circulación libre de demoras.

Diseñar la Semaforización de la Zona Sud-Oeste de la ciudad de Bermejo (avenida Luis de Fuentes), tomando en cuenta la necesidad de mejorar el servicio, realizando un estudio del área, la distribución de tiempos, diseño de semáforos y distribución de

éstos a lo largo del trayecto estudiado dando comodidad al usuario, tanto en el aspecto visual como de seguridad.

En el diseño de la semaforización se tomarán en cuenta estudios realizados con anterioridad para tener bases más sólidas en el presente proyecto.

Se realizará el análisis del funcionamiento de los semáforos con el ciclo calculado para ver si éste se adecua, se evaluará un ciclo que se pueda adaptar a las necesidades existentes en la zona.

Se propondrá una señalización que complemente la semaforización la cual será de acuerdo a las normas de tránsito vigentes.

CAPÍTULO II

LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

2.1 EVOLUCIÓN

2.1.1 Evolución del transporte

En los comienzos el hombre se desplazaba a pie por largas distancias. Las cargas que llevaban consigo eran transportadas en espaldas, esto hacia que su traslado de un lugar a otro le fuera lento y arriesgado. Luego la necesidad de aumentar la carga hace que surja una especie de auxiliar que permitía arrastrar las cargas con mayor facilidad, lo que eran llamados Carretoncillos. En los países fríos se fabricó el primer vehículo conocido por el hombre llamado trineo, que surge en el mismo carretoncillo, este en un principio era arrastrado por los hombres, aunque más tarde, se fueron domesticando animales para realizar dicho esfuerzo.

Las últimas décadas del siglo XIX ven la aparición con motor a gasolina, ya en el siglo XX este tipo de automóvil es considerado como un artefacto de lujo y deporte. Entones se puede decir que hace tan solo 80 años, el vehículo era un juguete novedoso que se acaba de incorporarse a nuestra vida diaria.



Figura. 2.1 Evolución del Transporte

2.1.2 Progreso del Vehículo de Motor

En 1875 Siegfried Marcus en Viena conduce un automóvil de gasolina, Nicolás Otto en 1876 en Alemania desarrolla la idea de comprimir el combustible en forma de gas. En 1887 Gottlieb Daimler en Alemania fabrica su primer automóvil. En 1894 y 1895 se corren las carreras por primera vez con velocidades promedio de 13 Km. /h.

Los cambios principales que ha sufrido el vehículo de motor son básicamente los de su potencia, velocidad y comodidad. La potencia del motor de gasolina se ha incrementado en relación aproximada de 1 a 10, la velocidad de estos vehículos ha superado extraordinariamente, ya que antes las carreras de automóviles eran de 13 Km. /h., en la actualidad está entre 200 y 300 k/h. La comodidad de los vehículos ha evolucionado de un ser frágil, ruidoso, humeante y saltarín, para convertirse en una prolongación del sofá de un hogar, esto sin ruido y sin fatiga.

Finalmente se puede decir que el vehículo no solamente ha llegado al grado de las altas velocidades conocidas actualmente y de la enorme potencia de su motor, sino que ese cambio sigue sucediendo año con año y no se ve fin a su interminable evolución.

2.2 DEFINICIÓN DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Es una ciencia que tiene como objetivo el estudio, análisis y planteamiento de soluciones de la circulación tanto peatonal como vehicular.

La ingeniería de tráfico se inicia a consecuencia de los problemas creados por la concentración de vehículos y las medidas dictadas por una práctica elemental aplicada por la política que no era suficiente.

Es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir del análisis de éstos se planteen soluciones reales y adecuadas. Es aquí donde participa en forma decidida el Ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.

2.3 ELEMENTO DEL TRÁNSITO

El Usuario

El Usuario o Persona puede participar como conductor, pasajero, y peatón, ya que es un factor determinante en la toma de decisiones. Como sabemos, el usuario es parte fundamental de la vida cotidiana ya que desempeña un papel importante, como son los conductores de los vehículos y los peatones que forman parte de una vía conjunta del tránsito.

El Conductor

Si hablamos del conductor como ente matriz de conducir un automóvil, hay que ver también los problemas físicos o psicológicos que puede tener un conductor tomando en cuenta una serie de cualidades que influyen en el manejo de este objeto.

Características del Conductor

Un problema que enfrenta el ingeniero de transporte y tránsito cuando considera las características del conductor durante el diseño son las diversas habilidades y la capacidad de percepción de los conductores en las carreteras y vías urbanas. Esto se demuestra por amplio rango de habilidades que tienen las personas para oír, ver, evaluar y reaccionar a la información. Algunos estudios han demostrado que estas habilidades pueden variar en algunas personas bajo influencia del alcohol, el cansancio, y la hora del día, el sueño, la ansiedad, las preocupaciones, el efecto de droga, etc.

El tiempo total de percepción y reacción transcurre desde que el conductor recibe información hasta que se inicia la respuesta del vehículo, esto puede variar de un conductor a otro, pero se ha estudiado especialmente el tiempo de reacción en las maniobras de frenado. En experiencias realizadas con vehículos fijos o en pista de ensayo, el tiempo de reacción obtenido fue alrededor de 0.5 segundo a 1 segundo.

El Peatón

Se puede entender como peatón a todas las personas que son partes de un pueblo de un país en su totalidad se dice peatón a todo ser humano desde los 1 años hasta los 100 años que se considera parte importante en la práctica de la ingeniería de tránsito.

Características del Peatón

La característica del peatón puede influir en el diseño y la ubicación de los dispositivos de control del peatón.- Este dispositivo de control incluye señales especiales para peatones, zonas de seguridad e islas en intersecciones de las calles, pasos a desnivel para peatones, pasarelas elevadas y cruces de peatones. Por ejemplo en el diseño de una fase totalmente rojo, que permite que los peatones crucen una intersección con tránsito intenso requiere de un conocimiento de las velocidades de caminata de los peatones.

Las observaciones de los movimientos de los peatones han indicado que las velocidades de caminata varían entre 0.9 y 2.4 m/seg. También se han observado diferencias entre la velocidad de caminata masculina y femenina. Se ha observado que la velocidad media de caminata masculina es de 1.5 m/seg., y para las mujeres es de 1.4 m/seg.

El peatón es el primero en infringir las normas de los dispositivos de controles de tránsito, ya sea de una señalización horizontal como vertical, ya que en la vida diaria sigue existiendo una situación anormal debido a la falta de una educación vial, esto se nota más claramente con gente que viene de los pueblos a la ciudad, que llegan a tener dificultad en este aspecto, por ejemplo tiene que esperar el momento oportuno para cruzar de una acera a otra sin saber de dónde viene el vehículo y repentinamente tratan de correr y cruzar rápidamente o también aquellas personas que no hacen caso a estas señales de tránsito, tomando en cuenta todos estos parámetros, entonces se dice que el peatón está siempre incumpliendo las normas, y es por eso que constantemente el peatón está en peligro.

2.4 EL VEHÍCULO

El vehículo es un medio de transporte que se la utiliza para trasladarse de lugar a otro, existe una variedad de vehículos de menos y mucha más tecnología hace que se diferencie del uno y del otro.

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, el cual se dividen en vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados.

1.-Vehículos livianos

- Bicicletas
- Motocicletas
- Taxis
- Vagonetas
- Camionetas pequeñas
- Jeep

2.- Vehículos medianos.

- Camionetas de 4 o 6 cabinas
- Camionetas
- Micros

3.- Vehículos pesados

- Camiones con remolque
- Camiones sin remolque

VEHÍCULO LIVIANO PRIVADO

Clase	Descripción	Características
Bicicleta		Se utiliza como medio de transporte por grande y chico, también se la utiliza para trasladarse de un lugar a otro, tiene dos rueda
Motocicleta		Es un medio que se utiliza como transporte, en algunos casos para el uso comercial, consta de tracción mecánica de dos rueda.
Motocicleta pequeña		Es utilizada para trasladarse de un lugar a otro, es netamente personal.
Automóvil		Se utiliza para ir al trabajo o para pasear con la familia

Figura. 2.2 Tipos de Vehículos Livianos (Privado)

VEHÍCULO LIVIANO PÚBLICO

Clase	Descripción	Características
Taxi		Se lo utiliza en el ámbito laboral para trasladar a las persona de un lugar a otro, este medio consta de 4 ruedas, de tracción mecánica delantera y trasera.
Vagoneta		Tiene las mismas utilidades que el taxi, con diferencia que es más grande consta de 4 ruedas, de tracción mecánica delantera y trasera.
Vagoneta		Tiene las mismas utilidades que un taxi a diferencia de que es más amplia es de tracción mecánica doble.
Vagoneta		Es utilizada como una herramienta de trabajo, consta de cuatro ruedas de tracción mecánica delantera o trasera.

Figura. 2.3 Tipos de Vehículos Livianos (Público)

VEHÍCULO MEDIANO PRIVADO

Clase	Descripción	Características
Camioneta Doble cabina		Se la utiliza como medio de transporte netamente particular para trasladarse de un lugar a otro.
Vagoneta		Es utilizado como medio de transporte netamente particular para trasladarse de un lugar a otro
Camioneta		Ésta se utiliza como medio de transporte netamente particular y se la utiliza para trasladarse de un lugar a otro
Camioneta		Ésta se la utiliza como medio de transporte netamente particular y se la utiliza para trasladarse de un lugar a otro

Figura. 2.4 Tipos de Vehículos Medianos (Privado)

VEHÍCULO MEDIANO PÚBLICO

Clase	Descripción	Características
Mini Bus		Es un medio de transporte que traslada personas de un lugar a otro, también es un medio para uso laboral, consta de 4 ruedas y es de tracción mecánica
Micro Bus		Es un medio de transporte público generalmente utilizado en capitales de departamentos es de tracción mecánica.

Figura. 2.5 Tipos de Vehículos Medianos (Públicos)

VEHÍCULO PESADO PÚBLICO

Clase	Descripción	características
Bus		Es un medio de transporte interprovincial, interdepartamental, internacional, es de tracción mecánica trasera.
Volqueta		Es un medio de transporte público y servicios básicos, es de tracción mecánica trasera
Flota		Es un medio de transporte provincial, departamental e internacional, es de tracción mecánica trasera.

Figura. 2.6 Tipos de Vehículos Pesado (Público)

VEHÍCULO PESADO PRIVADO

Clase	Descripción	Características
Camión para cargar material		Éste es un medio de transporte que se utiliza para trasladar materiales y más en los centros comerciales, consta de 4 ruedas y tracción mecánica
Camión para cargar garrafas		Éste es un medio de transporte que se utiliza para trasladar materiales y más en los centros comerciales, consta de 4 ruedas y tracción mecánica
Camión grande o volvo		Éste es un medio netamente comercial que traslada ya sea productos alimenticios, productos empresariales en este caso como el traslado de gasolina, gaseosa, y otros etc. Consta de 4 y 6 rueda y es de tracción mecánica.
Camión con o sin remolque		Éste también es un medio netamente comercial con contenido de materia de carga en toneladas, y traslado en algunos casos de vehículos es de tracción mecánica.

Figura. 2.7 Tipos de Vehículos Pesados (Privado)

2.4.1 Vehículos livianos

Los vehículos livianos son aquellos automóviles que miden de 5 a 6 metros con 4 ruedas, pueden ser de tracción trasera como delantera, y tiene una capacidad para 4 a 5 personas, este tipo de vehículo tiene un peso de 2500 a 5000 kilogramos, con un radio de giro de 7.32 m.

Estos vehículos se clasifican en público y particular.

A). Vehículo Liviano Particular

Son aquellos vehículos que cumplen la función de paseo y traslado de un lugar a otro, como ser: autos, vagonetas, motocicletas, bicicletas, jeep, camionetas pequeñas, etc.

1.- Ciclistas y Bicicletas

Como se ve en las calles, los conductores de bicicletas juegan un papel muy importante en nuestro medio, ya que el incremento de las bicicletas es mayor, los factores humanos que se estudian para un conductor de vehículo es también aplicable para un ciclista, sobre todo respecto de la percepción y reacción, ya que es un medio cotidiano que se la utiliza como medio de transporte individual como también de paseo y se la clasifica de la siguiente manera.

1. Los ciclistas con experiencia son de clase A.
2. Los ciclistas con menos experiencia son de clase B.
3. Los niños que anda en bicicletas solo o con sus padres son de clase C.

B) Vehículo Liviano Público

Son aquellos que se utilizan como medio de trabajo como los autos y vagonetas piratas, los trufis de las diferentes banderitas que se tiene en la ciudad de “Yacuiba”.

2.4.2 Vehículos Medianos

Son aquellos vehículos como las camionetas de 4 o 6 ruedas, que tiene una capacidad de 4 a 8 personas, mientras los micros tienen la capacidad de 10 a 30 personas, este tipo de vehículos está en función de su potencia y capacidad, de su longitud y su ancho para diferenciar de uno y de otro.

Estos vehículos se clasifican en público y particular.

A). Vehículos Mediano Privado o Particular

Son aquellos que cumplen una función de trabajo como ser: la furgoneta que tiene los comercios las camionetas particulares que pueden llevar de 4 a 6 personas, también aquellas camionetas que cumplen una función pública como de la Alcaldías y Sub-Prefectura.

B). Vehículos Medianos Público.

Esta se refiere netamente a los microbuses, las ambulancias, las camionetas de la policía.

2.4.3 Vehículos Pesados

Este tipo de vehículos transporta personas y también es utilizado para el comercio. Tiene 6 o más ruedas, su longitud es de 15 a 16.78 metros. Su peso oscila entre 25000 a 30000 kilogramos, donde su radio de giro está entre 12 a 14 m. Éstos pueden ser flotas, volvo, camiones con remolques o sin remolque que viene de la Argentina.

Características Estáticas del Vehículo

La característica estática considera: el peso y el tamaño del vehículo, donde casi todas las carreteras alojan tanto automóviles particulares como tránsito de camiones. Es esencial que los criterios de diseño consideren las características de los diferentes tipos de vehículos.

En estas características tenemos para vehículos pequeños o livianos de una sola unidad llamados (el auto-buses de una sola unidad), los cuales representan a los autobuses interurbanos y de tránsito, con una distancia entre ejes de 25 pies y una longitud de 40 Pies; también tenemos los vehículos pesados como los de semi-remolque, o remolque llamado (WB-60).

El radio de giro mínimo a velocidades baja (10 millas/hora o menos), depende principalmente del tamaño del vehículo así como nos muestra la figura a continuación.

Si la velocidad es mayor a 10 milla/hora, entonces se aumenta la longitud de la curva de transición, el cual se necesitara radios mayores.

2.5 SEÑALIZACIÓN

La finalidad de toda señalización es la de transmitir a los usuarios de las vías públicas unas normas específicas mediante símbolos o palabras oficialmente establecidas, con objeto de regular o dirigir la circulación.

Los dispositivos para regular el tránsito son 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 encuentran:

- Prevenir a los conductores y peatones sobre los peligros existentes
- Guiarlos en sus recorridos por las vías
- Divulgar oportunamente las disposiciones de las leyes y reglamentos de tránsito
- Dar a conocer restricciones específicas

Para que la señalización cumpla su cometido debe de reunir unas condiciones tales que los conductores puedan comprender se mensaje en las condiciones de tráfico o clima que interese.

Todos los sistemas actuales de señalización tienen unas señales lo más sencillas posibles y al mismo tiempo a que tanto el color como la forma acorten el tiempo necesario para comprender lo que en ellas se indica.

Tipos de Señales

Existen dos tipos de señalización que son: Vertical y horizontal.

2.5.1 Señalización Vertical:

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

Debido a la gran variedad de señales que podrían presentarse se ha hecho una clasificación de los objetivos de cada grupo de señales estableciéndose 3 grupos de señales:

2.5.1.1 Señalización Restrictivas

Llevan un ribete alrededor de la señal de $\frac{1}{2}$ pulg. de grosor de color negro. La señal está en la parte superior y tiene color negro, en algunas de ellas lleva una orla de color rojo de 1" de espesor y cuando se quiere restringir la acción de la señal esa orla lleva una línea diagonal del mismo color de izquierda a derecha. En la parte interior de la señal pueden ir colocadas además algunas indicaciones alfabéticas cuyas dimensiones también están establecidas siendo letras de una altura de 10 cm. Cuyos grosores son $\frac{1}{2}$ pulg. Existen 2 excepciones en este tipo de señales restrictivas que son las señales Pare y Ceda el Paso.

La señal de Pare es un Octógono simétrico cuyos lados paralelos están a 75 cm., tiene un fondo rojo con pintura reflectiva y tiene la palabra **PARE** en la línea simétrica central, además de un ribete alrededor de la señal de color blanco.

La ubicación de estas señales es a la derecha de las líneas de parada ubicadas en el pavimento y en todos aquellos lugares donde se quiere prevenir a través de la detención del vehículo en el cruce de una intersección.

La señal CEDA EL PASO es una señal cuyas dimensiones son las de un triángulo equilátero de 0.8 mt.de lado que tiene un fondo blanco con pintura reflectiva en la

parte superior está escrita la frase CEDA EL PASO y lleva un ribete alrededor de color rojo.

Esta señal va ubicada en todas aquellas intersecciones donde está priorizado por características geométricas y de volumen de tráfico, el flujo principal y el flujo secundario, estando ubicada la señal de CEDA EL PASO en el acceso de flujo secundario.

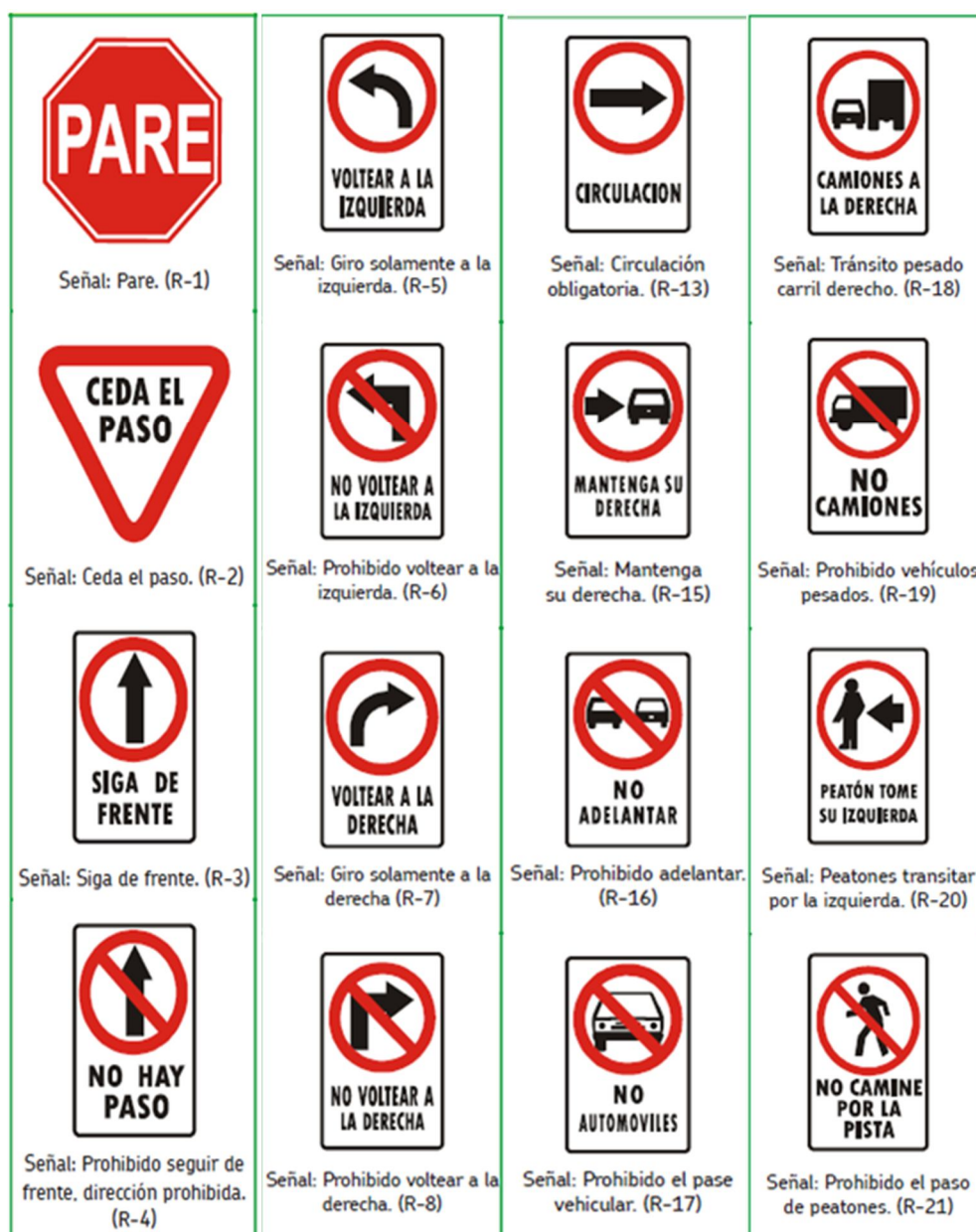


Figura. 2.8 Señalización Restrictiva

 Señal: Prohibido el paso de bicicletas. (R-22)	 Señal: Tránsito pesado carril derecho. (R-18)	 Señal: Velocidad máxima. (R-30)	 Señal de prohibición de paradero de buses (R-44)
 Señal: Prohibido el paso de motocicletas. (R-23)	 Señal: Estacionamiento prohibido. (R-27)	 Señal: Solo buses. (R-34)	 Señal: Prohibición de vehículos menores. (R-45)
 Señal: Prohibido el pase de maquinaria agrícola. (R-24)	 Señal: Prohibido detenerse. (R-28)	 Señal: No deje piedras en la pista. (R-39)	 Señal: Sentido del tránsito. (R-14A)
 Señal: Prohibido el paso de carretas. (R-25)	 Señal: Prohibido el uso de la bocina. (R-29)	 Señal: Ciclovia. (R-42)	 Señal: Doble sentido de tránsito. (R-14B)

Figura. 2.9 Señalización Restrictiva

2.5.1.2 Señalización Preventivas

Son aquellas cuyo objetivo es la de prevenir dentro de la circulación a obstáculos o peligros que pueden presentarse. Para ello se ha establecido un conjunto de señales que previenen algunas situaciones comunes dentro de la circulación en carreteras y calles como ser el estrechamiento de un camino, la existencia de un puente angosto, la existencia de bajadas peligrosas, la existencia de un badén, la existencia de una zona circular, la existencia de un camino sinuoso, etc.

De acuerdo a las normas del S.N.C. se tiene alrededor de 40 señales preventivas codificadas con las asignaturas P.

Las Señales preventivas de acuerdo a norma tiene dimensiones de 0.6 x 0.6 mt., presentan un fondo amarillo con pintura reflectiva, la señal de color negro y tiene un contorno de línea negra alrededor del recuadro y la posición es con las aristas arriba y abajo.



Figura. 2.10 Señalización Preventiva



Figura. 2.11 Señalización Preventiva



Figura. 2.12 Señalización Preventiva



Figura. 2.13 Señalización Preventiva

2.5.1.3 Señalización Informativas

Las señales informativas como su nombre lo indica tiene por objeto dar alguna información ya sea con carácter de servicio de circulación al conductor que transmite por una carretera o por un tramo urbano, estas señales mejoran los servicios que puedan presentarse a lo largo de la carretera como ser restaurantes, hoteles, estaciones de servicio, gasolinera, teléfonos, etc. cuyas características están también codificadas en los manuales de señalización tanto en S.N.C. como en el manual señalización panamericana.

Las características de una señal informativa si bien está normalizada en colores y dimensiones en algunas de ellas, existen otras cuyas dimensiones se determinan de acuerdo al tipo de proyecto.

En cuanto a las señales informativas para servicios la norma es que éste tenga la dimensión de 0.6 x 0.9 mt. con fondo azul, un recuadro en la parte superior de 0.4 x 0.4 mt. con fondo blanco con pintura reflectiva en cuyo interior estará la señal especificada de acuerdo al manual existente, esa señal es de color negro.

Las señales de orden de circulación no tienen establecido una sola dimensión dejándose a criterio del proyectista determinar las dimensiones más adecuadas tratando de que estas deben tener un fondo verde con pintura reflectiva y la nomenclatura que se tengan sobre ella tenga color blanco que puede ser alfabética numérica o flechas direccionales.



Figura. 2.14 Señalización Informativa

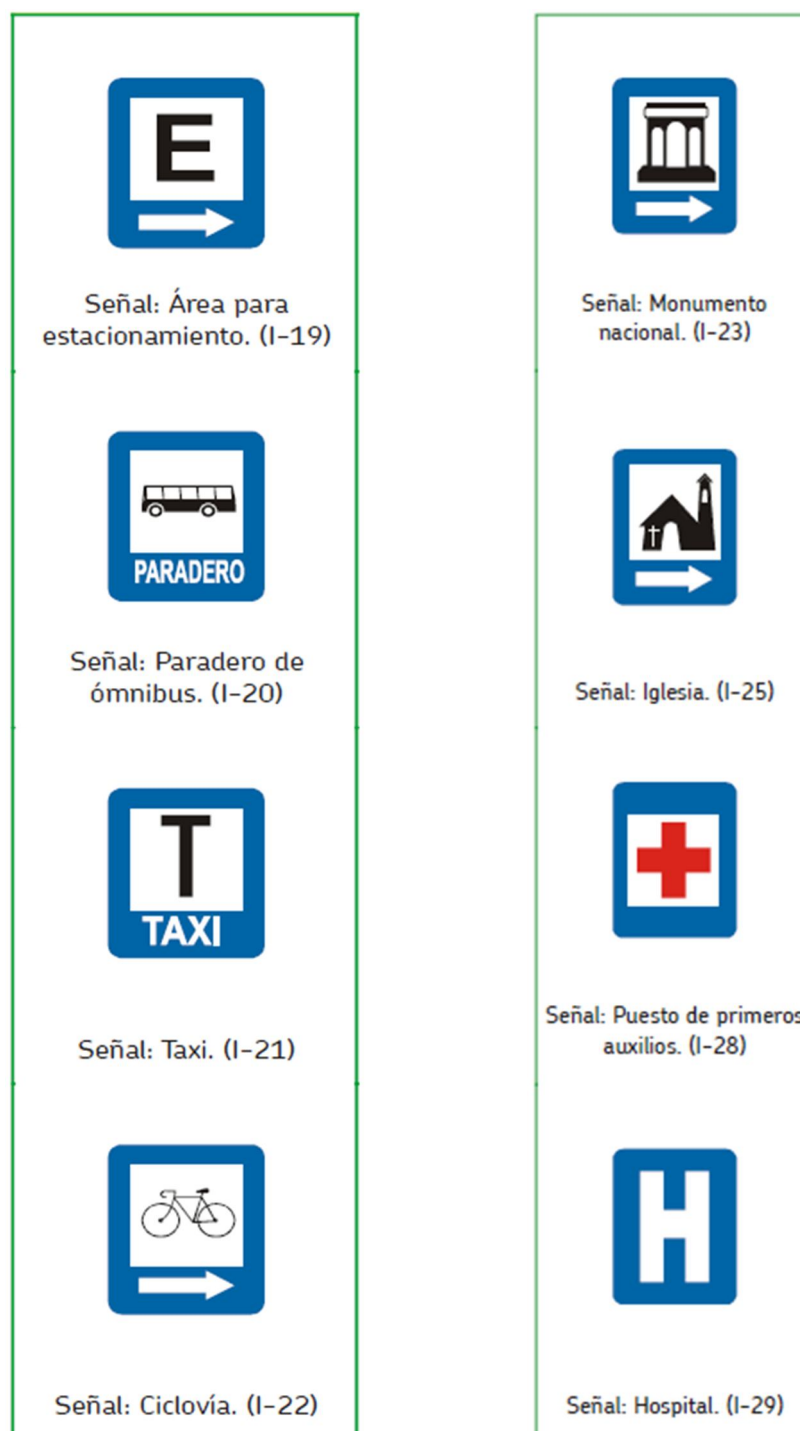


Figura. 2.15 Señalización Informativa

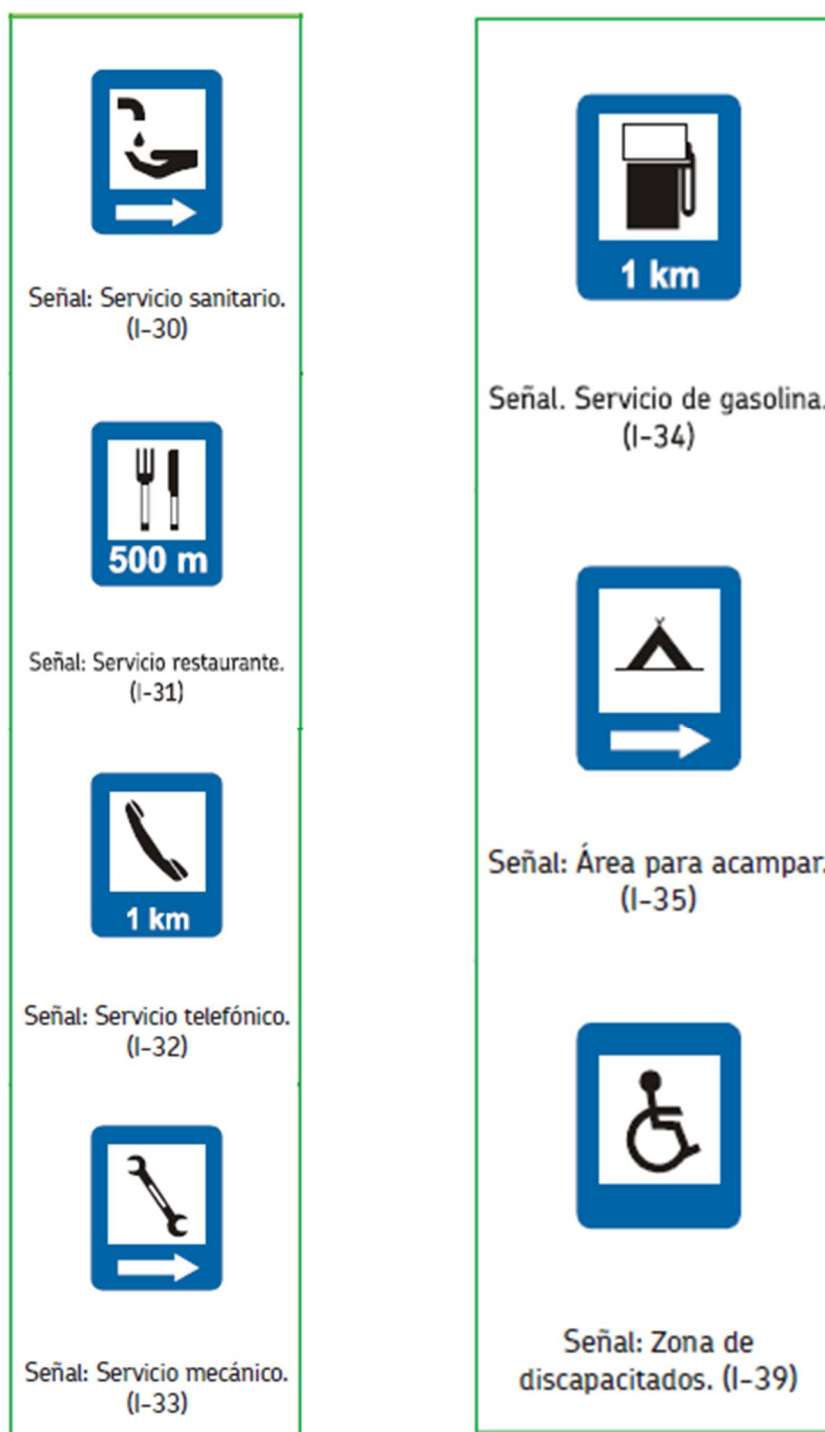


Figura. 2.16 Señalización Informativa

Las señales informativas, de acuerdo a la información se clasifican en:

- De identificación (SR).
- De destino (SID).
- De recomendación (SIR) e información general (SIG).
- De servicios (SIS) y turísticas (SIT).

a) Señales Informativas De Identificación

Identificadas con el código SR, tienen como función identificar las calles según su nombre y nomenclatura, y las carreteras según su número de ruta y/o kilometraje. La forma de las señales de nomenclatura será rectangular con su mayor dimensión horizontal y con la leyenda en ambas caras. El color del fondo de las señales de identificación será blanco reflejante, y las letras, números, flechas y filete en negro.

b) Señales Informativas De Destino

Identificadas con el código SID, tienen como función informar a los usuarios sobre el nombre y la ubicación de cada uno de los destinos que se presentan a lo largo de su recorrido. Su aplicación es primordial en las intersecciones, donde el usuario debe elegir la ruta a seguir según el destino seleccionado. Se emplearán en forma secuencial de tal manera que permitan a los conductores preparar con la debida anticipación su maniobra en la intersección, ejecutarla en el lugar preciso, y confirmar la correcta selección del destino. Su forma será rectangular, colocadas con su mayor dimensión horizontal, sobre apoyos adecuados. El color de fondo de las señales de destino será verde mate y las letras, números, flechas, escudos y filete en color blanco reflejante, excepto la señal diagramático en zona urbana, que será de fondo blanco con caracteres, flecha alargada y filete en color negro.

c) Señales Informativas De Recomendación

Identificadas con el código SIR, tienen como función recordar a los usuarios determinadas recomendaciones o disposiciones de seguridad que conviene observar

durante su recorrido por calles y carreteras. El color del fondo de las señales de recomendación será blanco mate, con letras y filete en negro.

d) Señales De Información General

Identificadas con el código SIG, tienen como función proporcionar a los usuarios, información general de carácter poblacional y geográfico, así como indicar nombres de obras importantes en la carretera, límites políticos, ubicación de casetas de cobro, puntos de inspección y sentidos de circulación del tránsito.

El color del fondo de las señales de información general será blanco mate con letras y filete en negro.

e) Señales Informativas De Servicios Y Turísticas

Identificadas con los códigos SIS y SIT, tienen como función informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico y/o recreativo. El color del fondo tanto del tablero de las señales como del tablero adicional será azul mate con símbolos, letras, flechas y filete en blanco reflejante.

2.5.2 Señalización Horizontal

Son todas las marcas que se encuentran sobre el pavimento, pudiendo estas marcas ser de pintura reflectiva blanca o amarilla y de materiales termoplásticos. Entre las señales horizontales podemos indicar las sgte. :

a) Tipos De Marcas

Existen 5 tipos de marcas y son las siguientes:

- Separación de carriles
- Separación de sentidos
- Línea de parada
- Cruce de peatones
- Línea de distancia de freno

b) Separación De Carriles

Línea segmentada de color blanco cuyo espesor es de 10 cm. y longitud de 3 a 5 cm. pero normalmente hay una relación entre la separación sobre la señal es igual a 0.60.

A mayor velocidad mayor separación en la señal.

Figura. 2.17 La señal blanca permite la circulación sobre la señal o cruzar sobre la señal.



c) Separación de Sentidos

La señal amarilla es restrictiva no permite cruzar de un carril a otro.

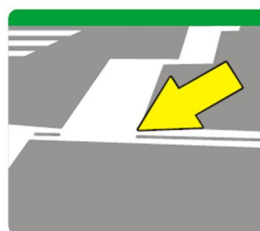
Figura. 2.18 Separación de sentido



d) Línea de Parada

Se ubica en la confluencia de las tangentes o también horizontal está ubicada a un metro de la línea de paso de cebra, su color blanco y su espesor es de 0.4 a 0.5 m.

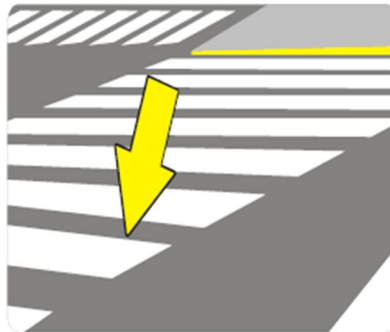
Figura. 2.19 Línea de parada



e) Líneas de Paso Peatonal

Tanto en las áreas urbanas como rurales, indican al peatón por donde debe cruzar la pista, los conductores de vehículos que tengan señal de alto deben detenerse sin invadir el área entre líneas.

Figura. 2.20 Línea de Paso Peatonal



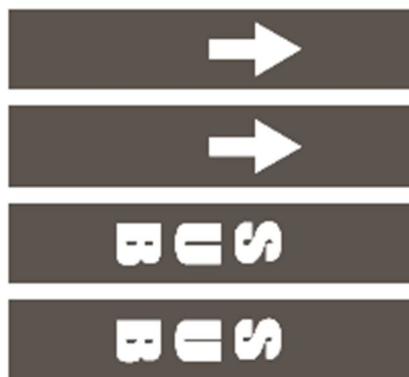
f) Línea de Distancia de Frenado

Son de color amarillo, en algunos casos coinciden con el eje de la vía su espesor es de 0.1 m.

g) Demarcadores de palabras y símbolos

Se usan para guiar, advertir y regular el tránsito automotor. Los mensajes son concisos, nunca más de tres palabras.

Figura. 2.21 Demarcadores de palabras y símbolos



2.6 SEMAFORIZACIÓN

2.6.1 Definición

En un principio se llamó semáforo a una torre destinada a transmitir señales a distancia, especialmente desde las costas a los barcos. No se puede determinar con exactitud cuándo comenzó su aplicación a los problemas de circulación.

La finalidad esencial de toda señalización desde transmitir a los usuarios de las vías públicas normas específicas mediante símbolos o palabras oficialmente establecidos, con el objeto de regular o dirigir la circulación es por eso que se entiende por semaforización la disposición, diseño o operación de dispositivos denominados semáforos con el propósito de regular la circulación vehicular y peatonal.

Semáforo es todo dispositivo que regula el tránsito por medio de señales luminosas, asigna de forma alternativa el derecho de paso a cada movimiento o grupo de momento que forma alternativa el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimiento que confluyen en una intersección.

Estos aparatos deben ser instalados en lugares o puntos donde exista una evidente necesidad de regular el tránsito, la colocación de semáforos donde éstos no están plenamente justificados puede provocar efectos contraproducentes sobre la circulación vehicular.

Es necesario que el diseño, la instalación y el modo de operar de los semáforos respondan a reglamentaciones establecidas a nivel nacional, de manera que el usuario está perfectamente compenetrado con dichas normas y responda a sus indicaciones con cabal conocimientos de las mismas.

2.6.2 Clasificación

De acuerdo a su función operacional los semáforos pueden clasificarse en:

- Semáforos para circulación vehicular:
 - Tiempo predeterminado
 - Accionados por el tránsito

- Semáforos para peatones
- Semáforos especiales
 - Luces intermitentes
 - Control direccional
 - Puente y túneles
- Semáforos en cruces ferroviarios

2.6.3 Tipos de Semaforización Vehiculares y Peatonales

2.6.3.1 Semáforos Vehiculares

- Al lado de la vía de tránsito:
 1. Postes entre 2.40 y 4.50 metros de alto. Lo que nos muestra la (figura 2.22)
 2. Brazos cortos adheridos a los postes (a las mismas alturas).
- Por encima y dentro de la vía de tránsito:
 - 1.- Postes o pedestales en islas. (Figura 2.22)
 - 2.- Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía (Figura 2.23).
 - 3.- Suspendidos mediante cables (Guayas). Lo que nos muestra la (figura 2.24).

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

1) Número

Debe haber un mínimo de dos caras para cada punto de aproximación o acceso del tránsito vehicular a la intersección. Éstas 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.

2) 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.

3) 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 2.30 metros. Altura máxima 3.50 metros. Nos muestra la (figura 2.22).
- Para semáforos con soporte del tipo ménsula larga (Figura 2.23) 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, (Fig. 2.24).

4) 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. 2.22 Semáforos montados en postes

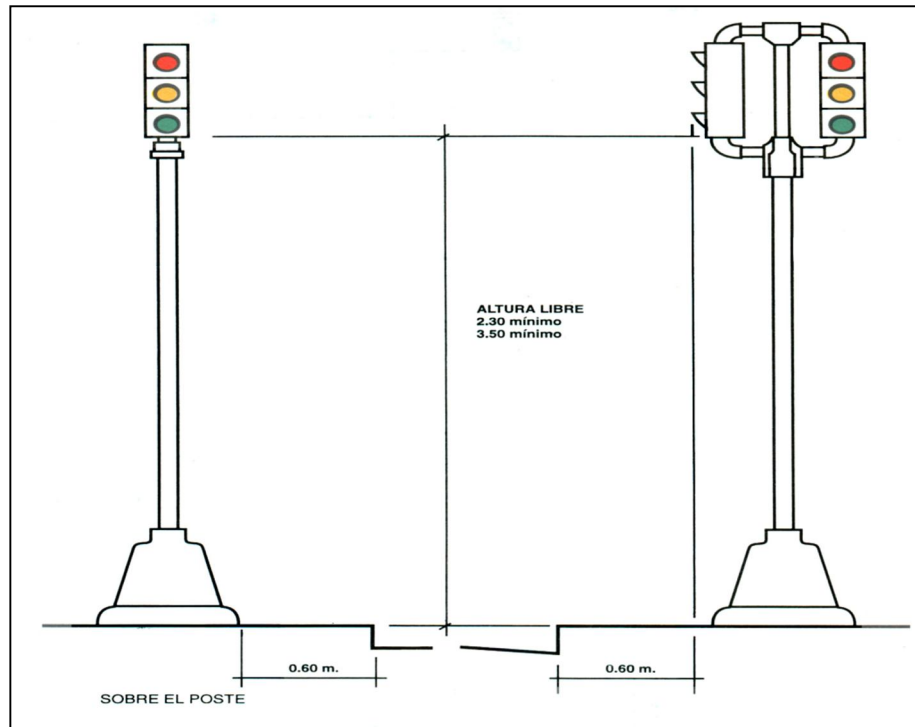


Figura. 2.23 Semáforo montado en ménsula larga sujeta a parte lateral

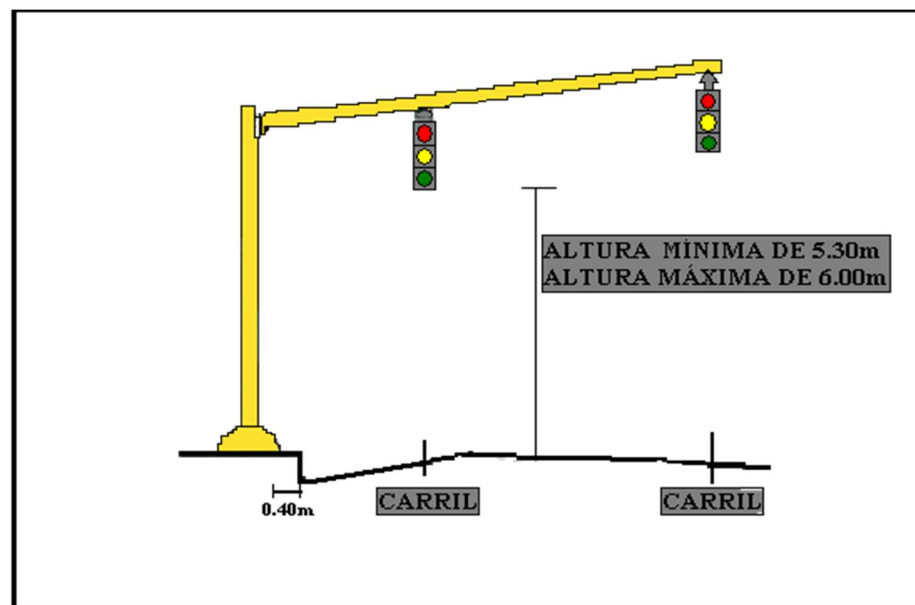
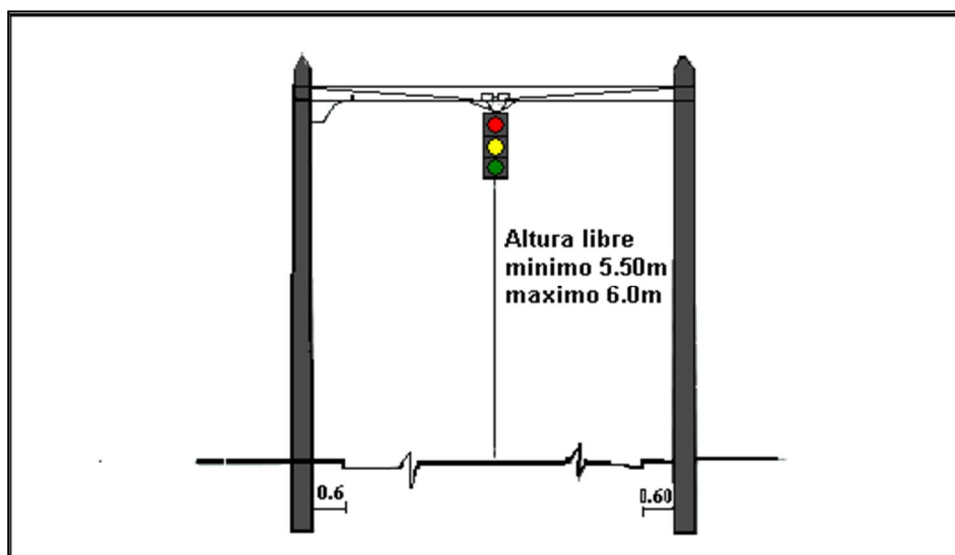


Figura 2.24 Semáforo montado suspendido por cables



2.6.3.2 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 que se encuentran frente al semáforo pueden cruzar la calle en dirección del 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. 2.25 Semáforos en zonas escolares

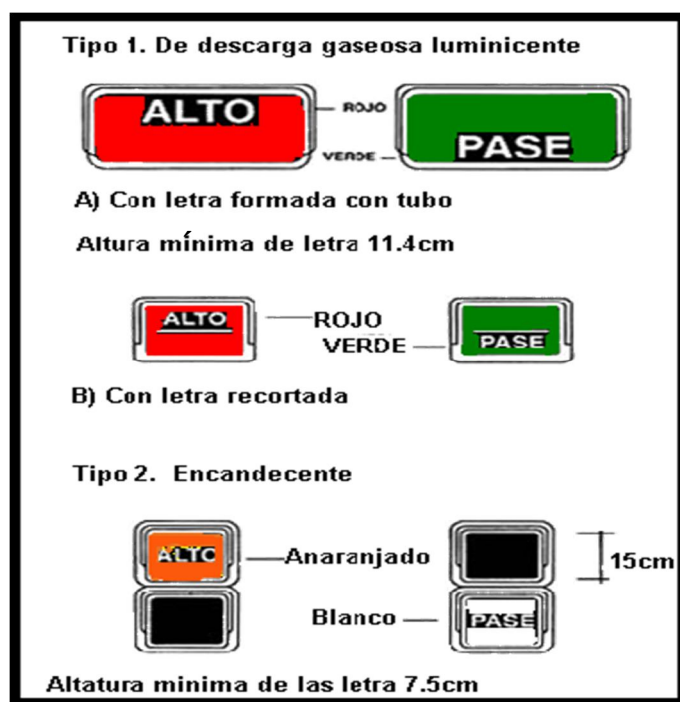


Figura. 2.26 Semáforo para peatones con la indicación alto y pase



Figura. 2.27 Semáforo para la indicación para dar paso a la gente

Características de los Semáforos Vehiculares

Las características físicas de los semáforos son identificas 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**

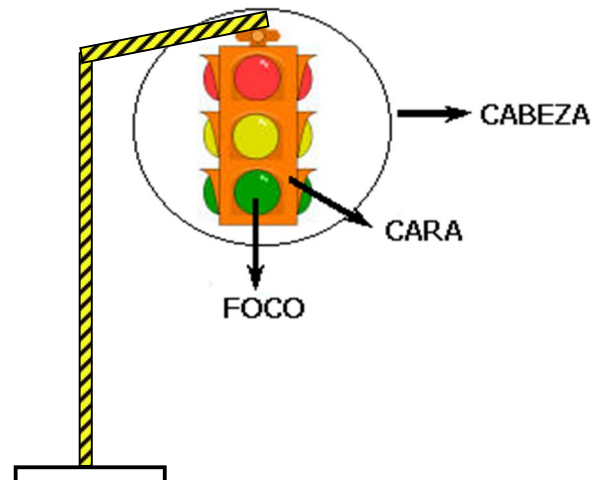
Cada cara de un semáforo contiene 3 o más zonas ópticas o lentes que están formados verticalmente.

- **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 sgte.

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. 2.28 Característica de los Semáforos Vehiculares



Significado de los Colores

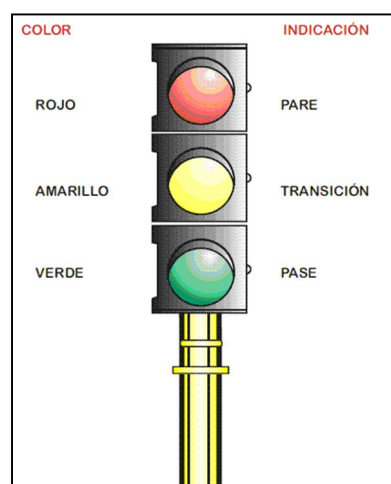
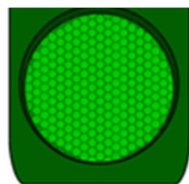
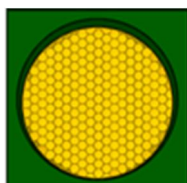


Figura. 2.29 Color e indicación del semáforo vehicular

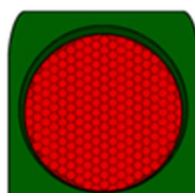
Verde Total

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 los conductores debe respetar el derecho de paso a otros vehículos o peatones que estén cruzando legalmente la intersección.

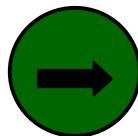
Los peatones que observen esta luz también pueden proceder a cruzar la vía dentro de los pasos marcados o no, a menos que existan semáforos peatonales que indiquen otra cosa.

Amarillo Fijo

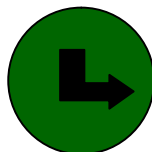
La luz amarilla advierte que inmediatamente después aparecerá el rojo y el conductor, si aún puede debe detener el vehículo para esperar la próxima fase verde, esta fase verde preverá el tiempo suficiente para permitir el despeje de vehículos antes que entre el tránsito de la otra arteria.

Rojo Fijo

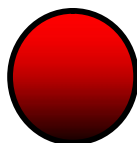
El tránsito de frente a la luz roja debe parar antes de la línea de pare que indique el paso peatonal y debe permanecer detenido hasta la aparición del verde. Ningún peatón debe entrar en la calzada a menos que un semáforo peatonal indique su paso.

Verde con Flecha de Frente

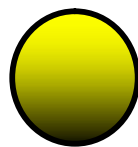
El tránsito que tenga esta señal debe seguir su marcha de frente sin hacer giros a ningún lado. Los peatones que se encuentren de frente a esta señal pueden cruzar la vía dentro de su paso marcado a menos que haya un semáforo peatonal que indique otra cosa.

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 a pueden pasar la intersección con suma precaución.

2.7 CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS

Es deseable la instalación de semáforos cuando se exceden, durante un período de 8 horas de un día promedio, los valores consignados en la siguiente tabla.

Condición N ° 1 volúmenes mínimos

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

Fuente: Libro de Ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (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 Demoras En El Tránsito

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

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

Tabla 2.1 Condición N ° 2 demoras en el tránsito

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

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

Condición N ° 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 2.2 Condición N ° 3 volumen mínimo de peatones

Tipo de Intersección	Total Veh./Hora Ambos Sentidos		Total Peat./Hora	Periodo mantenimiento de demanda (Hora)
	Calzada No Divida	Calzada Divida Cantero Central > 1.2 m.		
Fuera 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. (7ª Edición)

Se considera que en cruces en inmediaciones de escuelas los alumnos no responden adecuadamente a las indicaciones de los semáforos, debiéndose controlar el tráfico peatonal hasta donde sea posible.

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

Cuando la velocidad del 85% 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.

Condición N ° 4 Sistema Coordinado De Semáforos

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

La condición de movimiento coordinado exige que:

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

Condición N ° 5 Prevención de Accidentes

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

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

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

- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados mediante Semaforización.
- Que no exista ninguna otra medida preventiva adecuada.
- Que los valores de demanda de las tres primeras condiciones sean superiores en un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Condición N ° 6 Combinación de Condiciones

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

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

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

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

2.8 SINCRONIZACIÓN DEL TIEMPO DE CICLO Y FASE

La sincronización de los diferentes cambios de color, lo que se obtiene mediante la implementación del diseño necesario. Término que se usa para la sincronización de un semáforo.

2.8.1 Controlador

Es un dispositivo en una instalación de semáforo que cambia los colores indicados por las lámparas, de acuerdo con un plan fijo o variable. Donde el cual dan el derecho de paso mediante este controlador asiendo un acceso apropiado.

2.8.2 Ciclo

La duración del ciclo es un parámetro que sirve, para tener el tiempo total del semáforo, también este tiempo se mide en segundo que se requiere de una secuencia completa de color, que varía de 35 a 120 segundos, este rango no puede ser menos de 35 y más de 120 segundo. Cuando se emplea ciclos de fases demasiado largas se tiende a perder eficiencia en la circulación del tránsito y disminuye sus condiciones de seguridad.

2.8.3 Fase

Es la parte de un ciclo que se le asigna a un flujo vehicular, o una combinación de dos o más flujos vehiculares, que tiene simultáneamente el derecho de paso durante uno o dos intervalos.

Los pasos que deben adoptar el estudio de las fases son los siguientes:

- Volumen de demanda vehicular
- Composición del tránsito vehicular
- Volumen de demanda peatonal
- Movimientos de giro

2.8.4 Objetivo De La Sincronización De Los Semáforos

El objetivo de una sincronización de un semáforo en una intersección es reducir la demora promedio de todos los vehículos así como la probabilidad de accidentes. Para alcanzar los objetivos de diseño es necesario emplear un sistema de multifase de tres o más fases.

2.9 Métodos Para Determinar El Ciclo

2.9.1 Método De Capacidad De Carretera (Mcc)

Este método tiene como base capacidad, (flujo máximo basado en el tiempo efectivo de luz verde disponible) de un grupo de carriles. Ya que tasa de flujo de saturación es la tasa de flujo máximo, cuando se dispone de un 100% de tiempo efectivo de la luz verde, la capacidad de un acceso depende del porcentaje de saturación del ciclo.

Está dada por:

$$C_i = S_i (g_i / C) \quad (2.1)$$

Donde:

C_i = Capacidad del grupo de carriles i (vehículo / hora).

S_i = Tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso i (vehículo / hora de luz verde, o vehículo/hora/verde).

(g_i/C) = Relación de luz verde para el grupo de carriles.

g_i = Luz verde efectivo para el grupo de carriles i o para el acceso i .

C = Duración del ciclo.

La relación de flujo entre capacidad (v/c) se denomina grado de saturación y se expresa como:

$$(v/c)_i = X_i = \frac{S_i (g_i/C)}{C} \quad (2.2)$$

Donde:

X_i = Relación (v/c) para el grupo de carriles.

V_i = Tasa real de flujo para el grupo de carriles (vehículo/hora).

S_i = Flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso i (vehículo / Hora).

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

Puede verse que cuando la tasa de flujo es igual a la capacidad, X_i es igual a 1, cuando la tasa de flujo es igual a cero, X_i es igual a cero.

Si se evalúa la intersección con respecto de su geometría y tiempo del ciclo total, se usa el concepto de la relación crítica-volumen entre capacidad (X_c). La relación

crítica (v/c) se obtiene para la intersección total, el cual considera a los accesos críticos, que tiene la relación máxima de flujo (v/s), para cada fase de señalización. Esta relación crítica está dada por la ecuación.

$$X_c = \sum_i (v/s)_{ci} \frac{\sum C}{(C - L)} \quad (3.3)$$

Donde:

X_c = Relación crítica v/s para la intersección.

$\sum_i (v/s)_{ci}$ = Sumatorias de las razones de los flujos reales entre el flujo de saturación para todos los carriles, los grupos o acceso crítico.

C = Duración del ciclo (seg.).

L = Tiempo perdido total por ciclo calculado como la suma de tiempo perdidos (t_i),

Para cada fase crítica de la señalización, $L = \sum_i t_i$

2.9.2 Método La Ecuación De F. V. Webster

Este método nos da una simulación y rango de condiciones de tránsito, el cual demostró que la demora mínima de los vehículos en una intersección, está dada por la ecuación.

$$C_o = \frac{1.5 * L}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad (2.3)$$

Donde:

C_o = Tiempo óptimo de ciclo (Seg.)

L = Tiempo total perdido por ciclo (Seg.)

Y_i = Máximo valor de ración entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento crítico de la fase i.

ϕ = Número de fases.

Así mismo las demoras no serán más del 20% de requerimiento mínimo.

2.9.3 Nacional Safety Council

Este método es de “Estados Unidos”, el cual consiste en registrar datos de volúmenes cada 5 minutos, en cada intersección que determina el número máximo de vehículo, si las calles se la nombra como 1 y 2, entonces los llamamos a los volúmenes máximos q_1 y q_2 respectivamente. También este método da como parámetro aquellas intersecciones que tiene semáforo para el calcula de la misma que consiste en medir con un cronómetro las demoras o tiempo de entrada en las intersecciones, cuando los vehículos que entra en movimiento, ya sea con semáforo o con un policial de transito que le das el derecho de paso a los vehículos.

Luego de dar el paso el policía, se toma en cuenta el tiempo que recorre el vehículo de la rueda trasera del primero que cruza el alcance del primer borde de la calzada de la ruta transversal a la dirección del tránsito considerado.

Tomando en cuenta los tiempo de entrada, el cual se mide los volúmenes máximo q_1 y q_2 de las corrientes vehiculares, los tiempos t_1 t_2 se saca de los valores medios de los tiempos de entrada, de las misma manera se determina i_1 y i_2 de la entrada de vehículo mencionado anteriormente y también se mide (segundo).

Luego de apretar el cronometro del paso del primer vehículo se espera que pase el último vehículo del borde de la calzada transversal, para parar el cronometro para tener el valor intermedio, el cual consiste en dividir el tiempo medido entre el número de vehículo del grupo menos uno, el cual no se toman en cuenta aquel grupo de vehículo que viene después.

V_1 y V_2 son aquellos velocidades medios que se mide en (Km. /Hr).

a) Fórmulas para determinar los intervalos y ciclos

Entonces decimos que, por el acceso de mayor volumen de la calle 1 tenemos esta ecuación:

$$n1 = \frac{q1 * C}{300}$$

Donde:

$n1$ = Número de vehículo que llega durante un ciclo (seg.)

$q1$ = Vehículo durante 5 minuto o 300 seg.

C = Es el número de segundo que hay durante un ciclo completo (Seg.).

Si tomamos en cuenta que si el 1° vehículo necesita $t1$ segundo para entrar en la intersección y el intervalo medio entre los vehículos es $i1$, los $n1$ vehículos necesitará un intervalo verde $tv1$ (Seg.) para cruzar la intersección cuya ecuación está dada por lo siguiente:

$$tv1 = (n1 - 1) * i1 + t1 \quad (2.4)$$

Reemplazando $n1$, entonces la ecuación queda:

$$tv1 = \left(\frac{q1 * C}{300} - 1 \right) * i1 + t1 \quad (2.5)$$

Entonces para el acceso de calle 2 la ecuación será:

$$tv2 = \left(\frac{q2 * C}{300} - 1 \right) * i2 + t2 \quad (2.6)$$

Entonces el ciclo total será igual a la suma de los intervalo verde y amarillos para cada calle. t_{A1} y t_{A2} son intervalos amarillos para la calle 1 y 2 y está dada por la ecuación:

$$C = tv1 + tv2 + t_{A1} + t_{A2} \quad (2.7)$$

Reemplazando los valores $tv1$ y $tv2$ de la ecuación (2.5) y (2.6) se tiene lo siguiente:

$$C = \left(\frac{q1 * C}{300} - 1 \right) * i1 + t1 + \left(\frac{q2 * C}{300} - 1 \right) * i2 + t2 + tA1 + tA2$$

Ahora reemplazado C se tiene la siguiente ecuación:

$$C = \frac{tA1 + tA2 + t1 + t2 - i1 - i2}{1 - 0.0033 * (q1 * i1 + q2 * i2)} \quad (2.8)$$

Si tendríamos que igualar la ecuación 2.5 y 2.6 entonces los tiempos verdes se viera de la siguiente manera para cada acceso.

$$G = 0.0033 * q1 * i1 * C + t1 - i1$$

$$G = 0.0033 * q2 * i2 * C + t2 - i2$$

2.10 TIEMPO DE FASE AMARILLA

La finalidad de la luz amarilla es avisar al conductor que va a aparecer la luz roja y que por lo tanto debe decidir si tiene tiempo para pasar antes de que se encienda la luz roja o por el contrario detener su vehículo si aún está en condiciones de hacerlo.

Para realizar el cálculo del tiempo amarillo se puede basar en los supuestos siguientes:

- El tiempo amarillo será igual o superior al requerido para frenar antes de la línea de detención.
- Si se ha entrado en la intersección dará tiempo a atravesarla antes de que se encienda la luz roja.

Entonces la ecuación general del tiempo amarillo es:

$$ta = r + 3.6 * \left(\frac{e + s}{V} \right) \text{-----} (2.9)$$

Donde:

r = Tiempo de reacción del conductor para frenar de 0.5 a 1 seg.

e = Es la distancia de frenado en (m).

s = Es la distancia en metros desde el lugar donde deben detenerse los vehículos hasta el borde opuesto de la calzada transversal a su movimiento.

V = Es la velocidad media a la proximidad de una intersección (Km./h)

Si consideramos que r es igual a 0.8 segundos y que los vehículos frenan con una desaceleración constante de 5 m/s^2 , para un movimiento uniforme retardado se tendrá:

Entonces el espacio nos queda:

Espacio = $(1/2) * (\text{velocidad}^2 / \text{aceleración})$

$$e = \frac{V^2}{2 * 3.6^2 * 5} = \frac{V^2}{130} \text{-----} (2.10)$$

El valor del tiempo de la fase amarilla puede ser expresado:

$$ta = 0.8 + \frac{V}{36} + \frac{3.6 * s}{V} \text{-----} (2.11)$$

$$s = a + s1$$

Donde:

a = el ancho de la calzada.

$s1$ = El borde la calzada, esto es (4 m.)

En la siguiente tabla se expresan los valores de la ecuación (2.11) para varias velocidades y anchos de intersecciones de 15 a 20 metros.

Tabla 2.3 Valores de tiempo de fase amarilla

VALORES DE TIEMPO DE FASE AMARILLA		
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/h)	TIEMPO DE FASE AMARILLA (SEG.)	
	ANCHO DE LA INTERSECCIÓN	
	15 m.	20 m.
30	3.4	4.0
40	3.3	3.8
50	3.5	3.9
60	3.8	4.1

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

La tendencia en general es llegar a una duración del amarillo uniforme, con lo cual los conductores reaccionan siempre de la misma forma y es así que podemos observar que el valor de la fase amarilla varía entre 3 y 4 segundos, de acuerdo a las condiciones de la intersección.

Solamente en vías de gran velocidad se puede recurrir a tiempos de amarillo un poco más largos, aunque en estas vías no abundan los semáforos a no ser en puntos donde cambia el carácter de la calle o carretera, que pueden ser muy peligrosos y también es conveniente pre-señalizar adecuadamente.

La duración del tiempo amarillo, es un factor muy importante que hay que tener en cuenta, pues en los ciclos cortos puede llegar a representar un porcentaje apreciable del tiempo total.

2.10.1 Distribución De Tiempos

La asignación de los tiempos se realiza de acuerdo con la demanda del tránsito de las calles que se interceptan. En general la coordinación entre semáforos consecutivos hace que se adopte una única distribución válida para todo el sistema, esta debe cubrir los valores medios de las necesidades de todas las intersecciones.

En la asignación de tiempos un caso sencillo es realizarlo en una intersección aislada, donde se puede considerar la incidencia que provocan los vehículos comerciales puede adoptarse como valor de automóvil equivalente a dos unidades por vehículo comercial.

La asignación de tiempos puede hacerse de acuerdo al siguiente detalle:

$$\frac{Da}{t'a} * \frac{(Aa\% + E * Ka\%)}{100} = \frac{Db}{t'b} * \frac{(Aa\% + E * Ka\%)}{100} \quad (2.12)$$

$$t'a + t'b + t''a + t''b = C \quad (2.13)$$

Donde:

Da, Db = volúmenes de demanda de cada calle en Veh / h.

$t'a, t'b$ = duración fase verde en seg.

Aa, Ab = porcentaje de vehículos en %

Ka, Kb = Porcentaje de vehículos comerciales en %

E = Automóviles equivalentes por vehículo comercial

C = Duración total del ciclo en seg.

$t''a, t''b$ = duración fase amarilla en seg.

El ciclo para cada calle de la intersección estará compuesto por:

$$t''a + t''a + t'''a = C \quad (2.14)$$

$$t''b + t''b + t'''b = C \quad (2.15)$$

Donde:

$t'''a$ y $t'''b$ = duración de la fase roja en seg.

Por lo general si los tránsitos tienen composiciones similares, puede obviarse la consideración de la incidencia de los vehículos comerciales, operando directamente con los volúmenes totales.

$$\frac{D_a}{t'a} = \frac{D_b}{t'b} \quad (2.16)$$

Los cálculos anteriores sólo nos proporcionan un medio aproximado para determinar las asignaciones. Es así que debe verificarse además de los tiempos verdes asignados sean suficientes para que se verifique el cruce peatonal correspondiente. Esto hace que en general no se adopten tiempos verdes inferiores a 16 segundo.

2.11 FASE VERDE

Se entiende por sincronismo u "onda verde" a aquel sistema de luces verdes semafóricas, instaladas en una calle o avenida, que permiten la circulación de los automóviles (sin detenciones) a una velocidad promedio determinada, a lo largo de toda su extensión. Se consigue circular en una onda verde si el automovilista circula a la velocidad promedio y circula siempre por la misma calle o avenida, cualquier desvío o giro implicará salirse de esa onda verde particular y se deberá esperar para retomar otra

2.12 COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS

2.12.1 Coordinación en calles de un Sentido

En este sistema se supone que la velocidad de los vehículos es uniforme y que el tránsito circula desde la primera intersección a la última, y la duración del ciclo es la misma para todas las intersecciones.

El diseño debe lograr una coordinación tal que permita circular sin detenerse al mayor número posible de vehículos.

2.12.2 Coordinación en Calles de Doble Sentido

Debe coordinarse el sistema para lograr una circulación uniforme y simultáneo. El único valor constante para el total del sistema es la relación del ciclo. La coordinación en calles de doble sentido puede ser resuelta por cualquiera de los siguientes procedimientos.

2.12.3 Coordinación del Sistema Simultáneo

Este tipo de coordinación es aquella que aproximadamente nos da la misma indicación, al mismo tiempo en todos los semáforos, es decir que todos los semáforos de una red indican al mismo tiempo fase verde, amarilla y roja, ventaja o desventaja de este tipo de coordinación está en función de los volúmenes de demanda que se tiene en cada una de las intersecciones, generalmente este tipo de combinación se utiliza en dos o tres intersecciones en vías principales con una amplia fase verde.

El inconveniente que este método da a los conductores la posibilidad de circular a velocidades elevadas.

2.12.4 Coordinación Alterna

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre la misma línea con indicaciones de tipo alterno, es decir que las indicaciones de fase verde pueden ser en forma alternada de cada 1, 2 y 3 intersecciones y lo mismo ocurrirá con las fases rojas, de tal manera que permita que un conjunto de vehículos pueda circular con fluidez un determinado espacio.

2.12.5 Sistema Progresivo

Este sistema permite la coordinación donde las distancias entre intersecciones no sean iguales, las fases verdes sean diferentes y las velocidades puedan ser variadas. La única constante para el sistema es la duración del ciclo. El problema se resuelve planteando una serie de ecuaciones donde cada intersección admite un rango en la

definición de la fase verde entre dos valores límites y la velocidad, también puede variar dentro de un rango preestablecido. Mediante programas de cálculo se pueden determinar los valores de las fases verdes de cada intersección para ciertos valores de velocidad y de duración del ciclo que permitan mayor eficiencia operativa en el sistema.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA EN LA CIUDAD DE BERMEJO

3.1 UBICACIÓN

El estudio de semaforización está ubicado en la zona sud-oeste de la ciudad de “Bermejo” se encuentra en la segunda sección de la provincia Arce en el departamento de Tarija – Bolivia. Este estudio tiene como referencia que en la zona de estudio se encuentra 1 colegio, 1 mercado, la terminal de buses, y centros comerciales, como así también los comerciantes ambulantes. En la actualidad la ciudad de Bermejo tiene pavimentado un 60 % de sus calles.

A medida que pasa el tiempo, el crecimiento urbano, como también el parque automotriz se está incrementando, hace que se tenga que realizar estudios de tráfico más aún si es de semaforización, ya que los parámetros para hacer este tipo de estudio cumple con las condiciones que requiere para la implementación de semáforos, como los accidentes de tránsito, índice de crecimiento vehicular, crecimiento poblacional y otros.

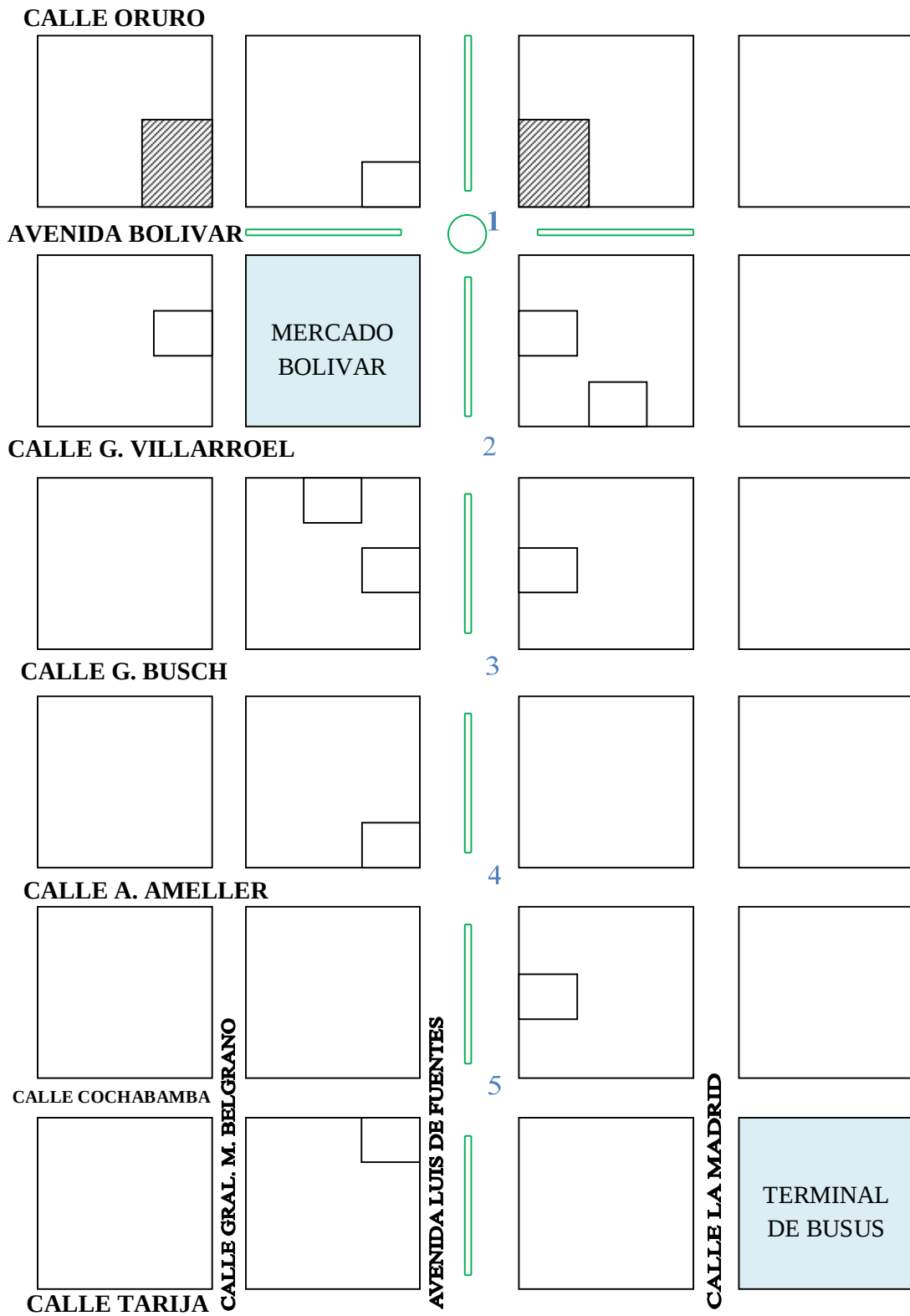


Fig. 3.1 Descripción de las Intersecciones

Tabla 3.1 Nombre de las Intersecciones

N° de Intersecciones	Nombre de las Intersecciones
1	Av. Luis de Fuentes y Av. Bolívar
2	Av. Luis de Fuentes y G. Villarroel
3	Av. Luis de Fuentes y G. Busch
4	Av. Luis de Fuentes y A. Ameller
5	Av. Luis de Fuentes y Cochabamba

Fuente: Elaboración Propia

3.3 PROCEDIMIENTO Y ETAPAS DE LOS AFOROS

3.3.1 Aforo de Velocidades

El procedimiento y método que se utilizó es el de la velocidad de punto, para lo cual se midió 25 metros en la mitad de cada calle, se utilizó aforos manuales con la utilización de cronómetros para determinar el tiempo; en el cual se registraron 39 velocidades para así obtener la media aritmética de cada calle ya sean de calles principales o secundarias.

Con este método se determinó la velocidad en (m/seg.) y (Km/hr.), el procedimiento fue de aforar 15 minutos para luego multiplicar por 4 y obtener el aforo de 1 hora, se aforó en las horas pico, 3 veces a la semana 2 días hábiles y 1 día no hábil, también se puede obtener, la media y la moda mediante cálculos estadísticos, donde la velocidad media se utilizó para la determinación de los tiempos de ciclo y fases de cada intersección.

3.3.2 Aforo Vehicular

En este aforo se utilizan personas para luego ubicarlas en las intersecciones, se usó el método de aforo manuales, el cual se registra en una planilla previamente diseñada, se

aforo 15 minutos para luego multiplicar por 4 para obtener el aforo de 1 hora, se aforó durante un día entero para determinar las horas pico dando como resultado en la mañana de 7:00 a 8:00 am, al mediodía 11:00 a 12:00 y por la tarde a horas 18:00 a 19:00, se aforó 3 veces a la semana 2 días hábiles y 1 día no hábil. Este volumen se utilizó para la determinación de los tiempos de ciclos y fases para cada intersección.

3.3.3 Aforo Peatonal

Es el mismo procedimiento que el aforo vehicular se aforó durante 20 minutos para luego multiplicar por 3 para obtener el aforo de 1 hora, para tener con mayor claridad que intersección es la más utilizada, esto nos da un parámetro para determinar en qué intersección se puede implementar un semáforo peatonal.

3.4 VOLÚMENES

3.4.1 Estudio de Volúmenes

Este estudio consiste en recolectar datos de vehículos como así también de peatones, que pasan por una intersección en un determinado tiempo, este tiempo o periodo varia de 15 minutos hasta 1 año. Estos volúmenes pueden influir en sus características ya sea por tamaño por la edad, movimiento direccional y otros.

3.4.2 Variación de Volúmenes

a) Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA)

Es el promedio de conteo de 24 horas recolectando todos los días del año.

- Establecimiento de las tendencias de volumen de tránsito.
- El cálculo de la tasa de accidentes.
- La estimación de ingreso en las intersecciones.
- Desarrollo de la autopista y de sistema de calles principales.
- Desarrollo de los programas de mejora y mantenimiento.

b) Tránsito Diario Promedio (TDP)

Es el promedio del conteo de 24 horas recolectadas, en un número de días mayor de 1, pero menor que 1 año. Los TDP se usa para:

- Planificación de las actividades de la carretera.
- La medición de la demanda actual.
- La evaluación del flujo existente de tránsito.

c) Volumen de la Hora Pico (VHP)

Es el número máximo de vehículos que pasa por un punto, durante un periodo de 60 minutos.

- La clasificación funcional de las carreteras.
- El diseño de las características geométricas de una carretera por ej. Carriles, señalización de las intersecciones.
- Los análisis de capacidad.
- El desarrollo de programa con las operaciones de tránsito por ej. Sistema de calles de un solo sentido o de rastreo de las rutas de tránsito.
- Regulación del desarrollo de estacionamiento.

d) Clasificación de vehículo

Registra el volumen respecto al tipo de vehículo por ejemplo: automóviles de pasajero, camiones de dos ejes o camiones de tres ejes.

- El diseño de las características geométricas, referido a los radio de giro, pendiente máxima, ancho de carril etcétera.
- Los análisis de capacidad, respecto al equivalente de pasajero – automóvil para los camiones.
- El ajuste de conteo de tránsito (aforo vehicular) obtenido por máquina.
- El diseño estructural de los pavimentos de las carreteras.

3.5 MÉTODOS PARA REALIZAR CONTEOS DE VOLUMEN

Se realizan mediante dos métodos: el manual y el automático.

3.5.1 Método Manual

Para este método se utilizan personas, que registran los datos mediante una tabla diseñada para este propósito. La desventaja de este método es que es muy caro.

Contador Manual TMC/48

Es un contador manejado por personas, este contador sirve para registrar los tipo de vehículo y movimiento al girar hacia la derecha o izquierda en una intersección, cuenta con varios botones para diversos tipos de vehículo, que se separa 48 intervalo de tiempo para almacenar en una memoria de semiconductor, se utiliza un acoplador de transmisión para teléfono, después se lleva a un paquete de software a una computadora para luego procesar e imprimir.

Desventajas

- Se utiliza mucha gente, encareciendo un determinado proyecto.
- Tiene deligaciones de factor humano.
- No se puede utilizar para periodos largos de conteo.

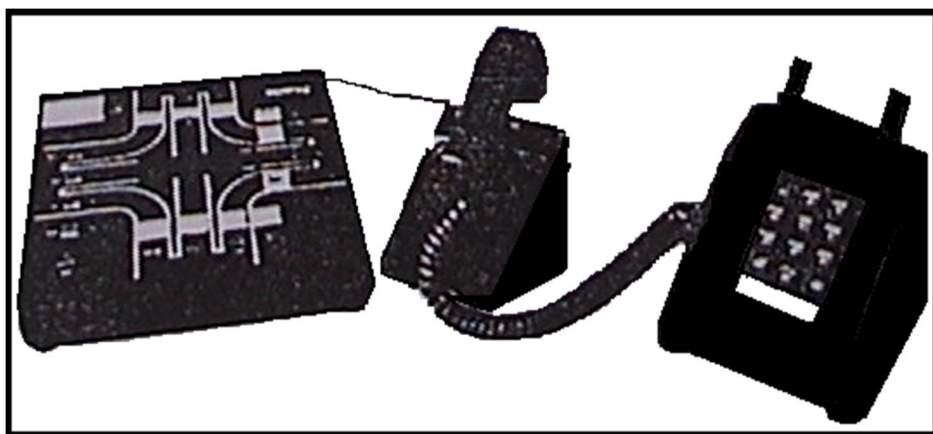


Figura 3.2 Contador Manual TMC/48

3.5.2 Método Automático

Clasificador de Tránsito de Vehículos Phoenix

Sirve para obtener conteos de vehículo y velocidades, el cual registra hasta 8 carriles con tubos de camino, y se utiliza espirales inductores para 16 carriles y tiene una memoria de 68 k, hasta 960 k, permite almacenar 105 mil vehículos, se conecta una tarjeta TAM para expandir la memoria de 16 megabytes.

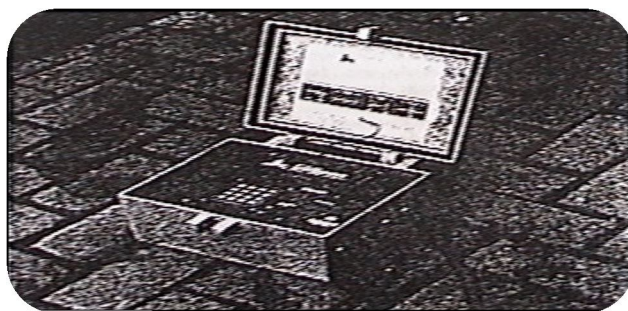


Figura 3.3 Clasificador de tránsito de Vehículos Phoenix

Hi – Star NC – 90A

Es la formación de imágenes de los vehículos (IMV), se utiliza un sensor magnético, detecta distorsiones en el campo terrestre, cuando pasa un vehículo este contador reproduce las imágenes eléctricas. La computadora IMV, analiza todos los datos para determinar la velocidad del vehículo, longitud del vehículo, etc. almacena 800 vehículos por estudio.

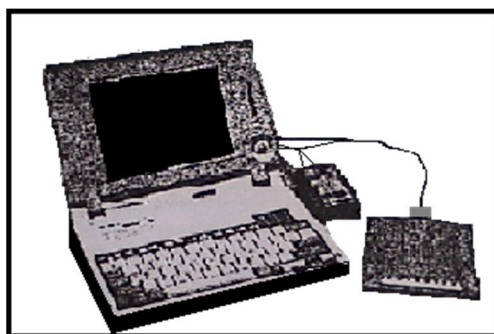


Figura 3.4 Hi – Star NC – 90^a

3.5.3 Resultados de los aforos de volúmenes

Como se mencionó anteriormente el proceso y etapas de los volúmenes de vehículos como de peatones, ahora pasamos a ver mediante una planilla el resumen general de los aforos, ya que su contenido en más detalle se verá en el anexo de volumen vehicular como el anexo de volumen peatonal.

3.5.3.1 Flujo Direccional

Este flujo se pudo realizar mediante los diferentes aforos que se realizó, el cual nos dio como resultado, lo que gráficamente se está representando; este flujo representa el mayor volumen de la zona de estudio, y de las incidencias o críticas que puede representar este flujo direccional.

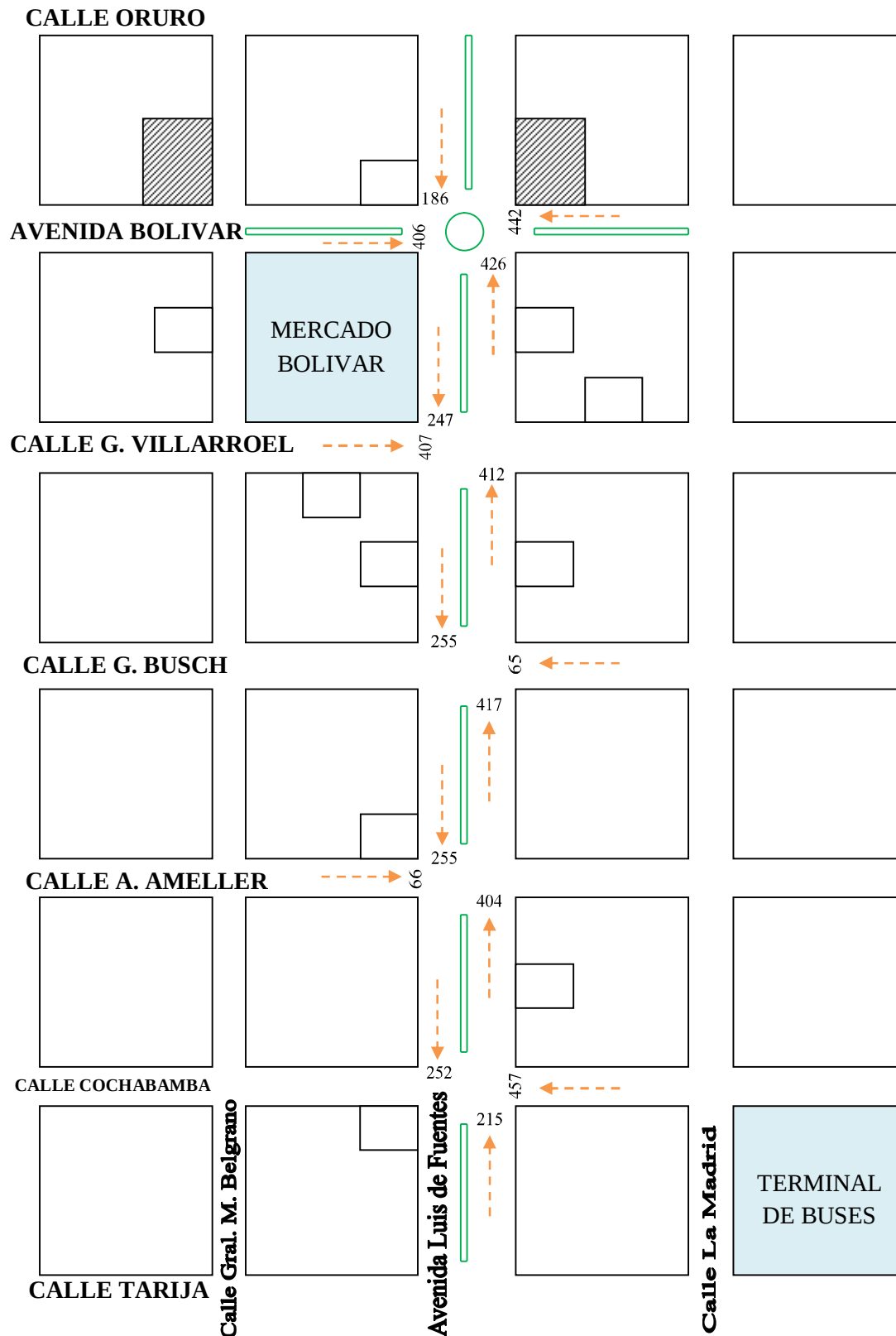


Figura 3.5 Descripción del Flujo Vehicular

3.5.3.2 Resultados del volumen vehicular

En la siguiente planilla se ve los resultados vehiculares y los detalles en el anexo mencionado

Tabla 3.2 Resultados del Volumen Vehicular

N° de Intersección	Hora	Liviano		Mediano		Pesado		Sub Total (Veh/h)	Total (Veh/h)
		Público (Veh/h)	Privado (Veh/h)	Público (Veh/h)	Privado (Veh/h)	Privado (Veh/h)	Público (Veh/h)		
Intersección N° 1	7:00 a 8:00	823	365	27	250	0	24	1490	1459
	12:00 a 13:00	605	513	40	228	1	33	1421	
	18:00 a 19:00	661	492	38	262	0	14	1467	
Intersección N° 2	7:00 a 8:00	424	390	91	149	3	9	1066	1066
	12:00 a 13:00	350	467	44	157	2	13	1033	
	18:00 a 19:00	380	495	30	189	3	2	1099	
Intersección N° 3	7:00 a 8:00	331	242	52	142	4	9	781	737
	12:00 a 13:00	260	260	25	143	2	13	703	
	18:00 a 19:00	283	294	13	133	3	2	728	
Intersección N° 4	7:00 a 8:00	311	243	50	143	4	9	761	725
	12:00 a 13:00	254	255	25	144	2	13	692	
	18:00 a 19:00	277	291	13	135	3	5	723	
Intersección N° 5	7:00 a 8:00	353	197	80	86	5	6	727	924
	12:00 a 13:00	426	415	76	163	1	8	1089	
	18:00 a 19:00	348	425	39	132	2	9	955	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3.3 Resultados del volumen peatonal

Aquí se observa el resumen de la planilla de peatones y los detalles se verán en el anexo correspondiente.

Tabla 3.3 Resultados de Volumen Peatonal

INTERSECCIÓN	HORA	CALLE PRINCIPAL		CALLE SECUNDARIA		SUB TOTAL	TOTAL
		ACCESO 1	ACCESO 3	ACCESO 2	ACCESO 4		
INTERSECCIÓN 1	7:00-8:00	129	246	99	354	829	914
	12:00-13:00	127	194	107	372	800	
	18:00-19:00	199	393	173	347	1112	
INTERSECCIÓN 2	7:00-8:00	366	97	239	122	824	843
	12:00-13:00	401	117	218	175	912	
	18:00-19:00	288	120	302	84	794	
INTERSECCIÓN 3	7:00-8:00	27	20	18	27	93	93
	12:00-13:00	28	19	20	24	92	
	18:00-19:00	25	17	25	26	93	
INTERSECCIÓN 4	7:00-8:00	20	21	20	23	83	83
	12:00-13:00	19	25	20	22	86	
	18:00-19:00	19	23	19	19	81	
INTERSECCIÓN 5	7:00-8:00	71	40	53	38	202	198
	12:00-13:00	32	43	46	27	148	
	18:00-19:00	90	60	41	52	243	

Fuente: Elaboración Propia

3.6 VELOCIDAD

El estudio de velocidades se realiza para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en un flujo vehicular y en lugar específico en una carretera como en las calles de un área urbana. La velocidad se mide en (m/seg.), (Km/hr.) o (mi/hr.). Se interpreta que la velocidad es igual a la distancia dividida entre tiempo.

3.6.1 Estudio de velocidades de la hora y del día

La hora del día para realizar el estudio de velocidad depende del propósito del estudio. Si la finalidad del estudio es establecer límites de velocidad visibles, observar tendencias de velocidad, o recolectar datos básicos, la recolección del estudio deberá ser tal que registre el número mínimo de registro requeridos para el análisis estadístico. Comúnmente es de 1 hora y el tamaño de la muestra de al menos 30 vehículos.

3.6.2 Tamaño de la muestra para los estudios de velocidades

La velocidad calculada es el promedio para obtener un valor medio de todas las velocidades de los vehículos de la muestra, mientras si el tamaño de la muestra es significativo es menor el valor límite aceptable para un error estimado. Se usa el procedimiento estadístico para determinar el tamaño de la muestra.

3.6.2.1 Velocidad promedio

Es la media aritmética de todas las velocidades. Y tiene la siguiente fórmula:

$$U = \frac{\sum f_i * u_i}{\sum N}$$

Donde:

U = Media Aritmética.

f_i = Número de observaciones en cada grupo de velocidad.

u_i = Valor medio para el grupo i-esimo de velocidad.

N = Número de valores observados.

La fórmula también se puede escribir como:

$$U = \frac{\sum u_i}{N}$$

u_i = Velocidad del i-esimo vehículo.

3.6.2.2 La Desviación estándar de las velocidades

Es una medida de la dispersión de las velocidades individuales. Esta dada como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (u_j - \bar{U})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación Estándar.

U = Media Aritmética.

$U_j = j$ – esima observación.

N = Número de observaciones.

3.6.3 Método para realizar estudios de velocidad

Ya que los estudios de velocidades son manuales y automáticos, a continuación se describirán los métodos automáticos.

1. Detectores de camino.
2. Medidores con el principio Doppler (del tipo radar).
3. Dispositivo electrónico.

1.- Detectores de Camino

Estos se clasifican en manguera neumática para camino y espirales inductoras. Estos dispositivos sirven para recolectar datos de velocidad y datos de volumen, donde la ventaja de este detector es que reduce la probabilidad del error, su desventaja es que los dispositivos son costosos, y también se usa los tubos neumático que afectan al conductor y produce una distorsión de la distribución de velocidades. El cual se logra separando los detectores a una distancia de 1 a 4.6 m.

Manguera neumática: Son sensores de ejes que detectan el paso de vehículo en base al impulso de presión que se genera. Pueden contar y clasificar, pero solo para utilización temporal y en tránsitos fluidos. Cuando la manguera atraviesa varios carriles debe estar protegida (con “Roadtrax” o similar) en los carriles en los que no esté efectuando la media. Hay que cuidar también la fijación de la manguera a la calzada para evitar que los vehículos la arrastren o la rompan.

Circuito Inductor: Es un alambre rectangular que se entierra bajo la tierra, que crea un campo eléctrico cuando un vehículo de motor pasa sobre el alambre y causa un amplificado impulso que es enviado al conductor.

2.- Medidores con el principio De Doppler

El efecto Doppler establece que la frecuencia de una señal recibida depende de la frecuencia de la señal transmitida y del movimiento relativo entre el transmisor y el receptor.

Este medidor trabaja con un ángulo, ya que se encuentra con la dirección del vehículo en movimiento y la línea que une los centros del transmisor y el vehículo, si el ángulo es cero, se tiene un error que está ligado con el coseno del ángulo, lo que conduce a una velocidad más baja, pero este error no es tan grande ya que el coseno es menor que 1.

La ventaja es que no se usan tubos magnéticos, el equipo se puede colocar en lugares donde pasan desapercibidos por el conductor del vehículo. Este medidor mide la velocidad mediante laser y se le puede meter al bolsillo ya que cabe en la mano, también este radar mide a vehículos aislado a una distancia de 1312 pies que esto equivale a unos 400 metros.

3.- Dispositivos Electrónicos

Este detector se mide por medio electrónico el cual calcula la velocidad, volumen, colas y los intervalos de tiempo de dos vehículos que van en una misma dirección y en la misma vía.

La ventaja de este dispositivo que es un sistema de visión de máquina que procesa imágenes de video, el cual recibe imágenes del camino y el microprocesador determina el paso del vehículo, este sistema es el autoscopio.

El autoscopio es un detector inalámbrico con un sola cámara que puede remplazar muchas espirales, pero además puede instalarse sin molestar las operaciones de tránsito, este se configura ya sea manual o con el uso del software que suministra una función de la condiciones del tránsito.

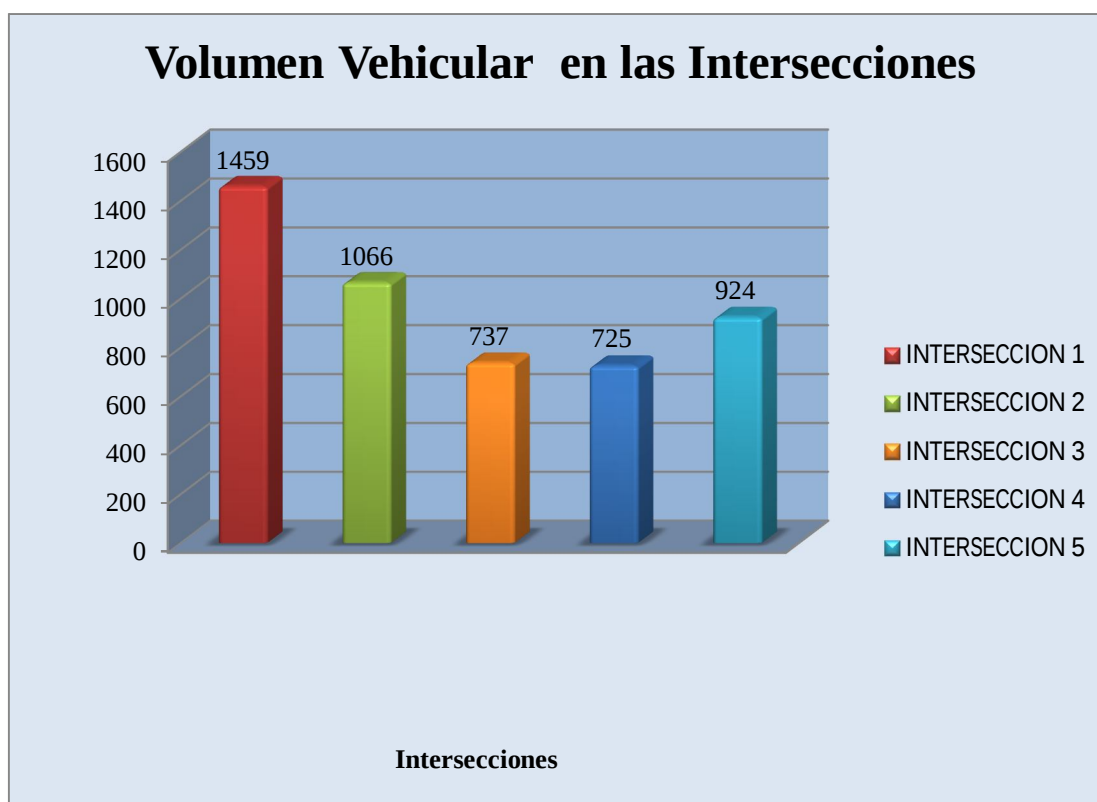


Fig. 3.6 Gráfico de Volumen Vehicular

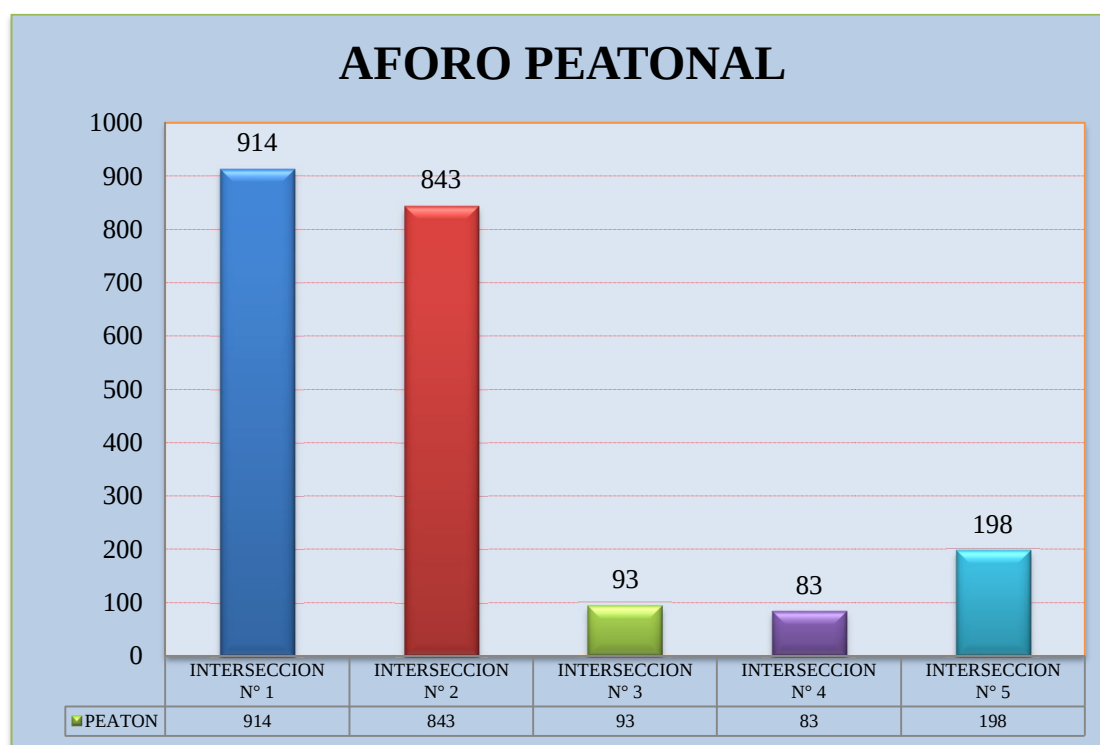


Fig. 3.7 Gráfico de volumen peatonal

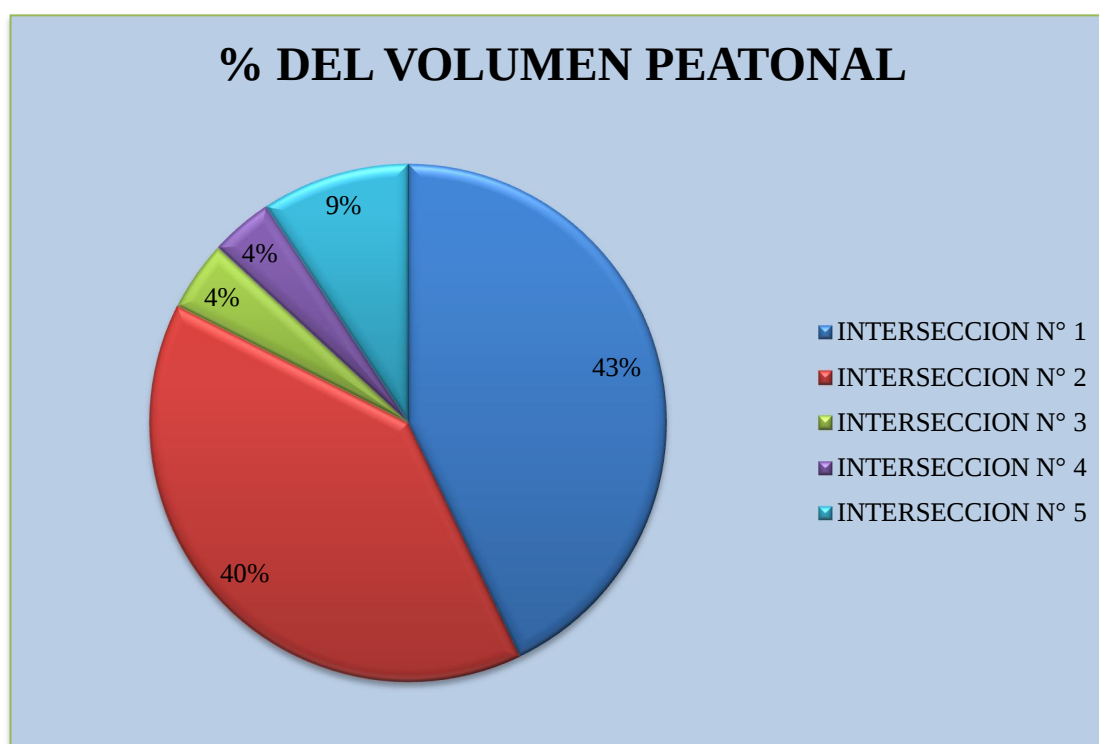


Fig. 3.8 Gráfica de porcentaje peatonal

3.6.4 Tipos de Velocidad

Existen varios tipos de velocidad que se menciona a continuación:

- Velocidad de recorrido total.
- Velocidad de crucero.
- Velocidad de directriz o velocidad de diseño.
- Velocidad de punto.

3.6.4.1 Velocidad De Recorrido Total

Es la que recorre un espacio definido, sobre el tiempo que tarda en recorrerlo, en el cual se registra el recorrido y las demoras. Es también la que da el flujo direccional.

Esta dada por la ecuación:

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

Donde:

VR = Velocidad de recorrido total en (km/h).

DR = Distancia de recorrido (Km.).

tc = Tiempo de circulación (Hr).

td = Tiempo de demora (Hr).

3.6.4.2 Velocidad De Crucero

Es parecido a la velocidad de recorrido con la diferencia que no se toma en cuenta la demora. Esta velocidad es menor que la velocidad de punto, está dada por la ecuación.

$$Vc = \frac{DR}{tc}$$

Donde:

Vc = Velocidad de crucero (Km.).

DR = Distancia de recorrido (Km.).

tc = Tiempo de circulación (Hr).

3.6.4.3 Velocidad De Directriz

Esta velocidad sirve para el diseño geométrico de carreteras o calles. También se la considera como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículo que recorre a dicha velocidad, ya que ninguno de las anteriores velocidades mencionadas sirve para dicho diseño. Pero la velocidad de punto es un medio para obtener la velocidad de circulación, el cual se adopta como velocidad de proyecto.

3.6.4.4 Velocidad De Punto

En esta velocidad se mide simplemente un estrecho o sección en una calle o carretera a diferentes distancias de 25, 30, 50 o 100 metros el cual se calcula la velocidad con la ayuda de un cronómetro para determinar el tiempo, esta velocidad se mide en un flujo libre sin demora, y trabaja con velocidades medias.

3.6.4.5 Resultados De Velocidad

En la siguiente planilla mostramos los resultados de las velocidades en las diferentes intersecciones, los detalles se verán en el anexo correspondiente de velocidad.

Tabla 3.4 Resultados De Velocidades

VELOCIDAD MEDIA DE CADA INTERSECCIÓN EN LOS DIFERENTES ACCESOS

INTERSECCIÓN	ACCESO	HORA	SUB TOTAL	TOTAL
INTERSECCIÓN 1 Av. Luis de Fuentes - Av. Bolívar	ACCESO 1	7:00 - 8:00	27,53	27,38
		12:00 - 13:00	27,27	
		18:00 - 19:00	27,35	
	ACCESO 2	7:00 - 8:00	24,19	24,35
		12:00 - 13:00	25,07	
		18:00 - 19:00	23,78	
	ACCESO 3	7:00 - 8:00	24,21	24,06
		12:00 - 13:00	24,05	
		18:00 - 19:00	23,91	
	ACCESO 4	7:00 - 8:00	23,89	24,14
		12:00 - 13:00	25,86	
		18:00 - 19:00	22,65	

INTERSECCIÓN	ACCESO	HORA	SUB TOTAL	TOTAL
INTERSECCIÓN 2 Av. Luis de Fuentes - G. Villarroel	ACCESO 1	7:00 - 8:00	24,34	24,12
		12:00 - 13:00	24,10	
		18:00 - 19:00	23,90	
	ACCESO 2	7:00 - 8:00	20,27	21,10
		12:00 - 13:00	22,08	
		18:00 - 19:00	20,93	
	ACCESO 3	7:00 - 8:00	27,41	27,94
		12:00 - 13:00	27,59	
		18:00 - 19:00	28,80	

INTERSECCIÓN	ACCESO	HORA	SUB TOTAL	TOTAL
INTERSECCIÓN 3 Av. Luis de Fuentes - G. Busch	ACCESO 1	7:00 - 8:00	30,23	30,15
		12:00 - 13:00	30,37	
		18:00 - 19:00	29,84	
	ACCESO 2	7:00 - 8:00	28,74	29,77
		12:00 - 13:00	31,54	
		18:00 - 19:00	29,02	
	ACCESO 3	7:00 - 8:00	29,49	29,57
		12:00 - 13:00	29,93	
		18:00 - 19:00	29,27	

INTERSECCIÓN	ACCESO	HORA	SUB TOTAL	TOTAL
INTERSECCIÓN 4 Av. Luis de Fuentes - Ameller	ACCESO 1	7:00 - 8:00	29,76	29,73
		12:00 - 13:00	30,00	
		18:00 - 19:00	29,44	
	ACCESO 2	7:00 - 8:00	29,28	30,52
		12:00 - 13:00	32,31	
		18:00 - 19:00	29,97	
	ACCESO 3	7:00 - 8:00	32,17	31,28
		12:00 - 13:00	29,46	
		18:00 - 19:00	32,21	

INTERSECCIÓN	ACCESO	HORA	SUB TOTAL	TOTAL
INTERSECCIÓN 5 Av. Luis de Fuentes - Cochabamba	ACCESO 1	7:00 - 8:00	29,31	29,18
		12:00 - 13:00	28,98	
		18:00 - 19:00	29,27	
	ACCESO 2	7:00 - 8:00	27,82	27,95
		12:00 - 13:00	27,83	
		18:00 - 19:00	28,20	
	ACCESO 3	7:00 - 8:00	28,35	28,70
		12:00 - 13:00	29,02	
		18:00 - 19:00	28,72	

Fuente: Elaboración Propia

3.7 INFORME DE CRECIMIENTO ANUAL DE MOTORIZADOS EN LA CIUDAD DE BERMEJO PROPORCIONADO POR LA G.M.B.

Tabla 3.5 Registro del parque automotriz

GESTIÓN	REGISTRADOS	INCREMENTADOS
2008	3806	385
2009	4191	220
2010	4411	183

Fuente: Gobierno Municipal de Bermejo

Esta información fue proporcionada por el gobierno municipal de Bermejo no son datos reales tomando en cuenta aquellos vehículos que no tienen registro de radicatoria en la ciudad de Bermejo, aquellos automóviles indocumentados que existen en la ciudad, automóviles que entran de la República Argentina y las motocicletas que en un 90 % no están registrados legalmente, además este tipo de motorizados supera en cantidad a los automóviles. Esto hace que no se muestre la realidad del parque automotriz registrado en el Municipio de Bermejo.

3.8 NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE BERMEJO

Datos proporcionados por la unidad operativa de tránsito de las gestiones 2008 a 2010, de los cuales se ve en las tablas las diferentes causas de accidentes, clase de vehículos y clases de accidentes.

TIPO DE ACCIDENTES							
Gestión 2009	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
Colisiones	8	15	7	14	13	18	75
Atropellos	6	4	5	3	5	3	26
Choques a objetos fijos	9	10	9	7	5	3	43
Choques a veh. Est.	0	1	0	0	0	1	2
Vuelcos	0	1	1	1	2	3	8
Embarrancamientos	0	1	0	1	1	2	5
Caída de pasajero	0	0	1	0	0	0	1
Caída de motocicleta	5	9	8	10	5	7	44
Incendio de vehículos	1	0	0	0	0	0	1
Otros	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	29	41	31	36	31	37	205

CAUSAS DE ACCIDENTE							
Gestión 2009	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
Embriaguez	12	11	12	9	10	13	67
Falla Mecánica	2	1	0	1	0	0	4
Imprude. Del conductor	5	9	5	7	7	8	40
Imprude. Del peaton	3	5	6	3	5	4	26
Estaciona. Peligroso	0	0	0	0	0	0	0
Exceso de velocidad	7	3	0	4	6	5	25
Mala maniobra	2	3	2	2	2	2	13
Cruzar peligrosamente	2	4	4	3	2	1	16
No cumplir normas de T	2	3	4	1	3	1	14
Encandilamiento	0	0	0	0	0	0	0
Otros	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	35	38	33	30	35	34	205

TIPO DE VEHÍCULOS							
Gestión 2009	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
Automóviles taxis	3	3	3	3	4	2	18
Automóviles particulares	5	2	1	0	2	1	11
Ambulancias	0	0	0	0	0	0	0
Camiones	1	0	1	0	1	2	5
Camionetas	5	5	6	5	4	0	25
Jeeps	2	2	3	2	0	2	11
Ómnibus	5	1	5	2	2	2	17
Mini buses	0	1	0	0	0	0	1
Vagonetas	7	6	8	12	14	20	67
Volquetas	0	0	1	0	0	0	1
Motocicletas	5	9	8	10	5	7	44
Otros	0	1	1	0	2	1	5
TOTAL	33	30	37	34	34	37	205

Tabla 3.6 Resumen de accidentes de tránsito de 2006 a 2009

DAMNIFICADOS	2006	2007	2008	2009	TOTAL
Heridos	57	44	50	63	214
Fallecidos	7	5	5	4	21
Total	65	49	55	67	235

Fuente: Unidad Operativa de tránsito Bermejo

3.8.1 Fotos En Horas Pico de Diferentes Intersecciones

Fotografías a las 7:00 de la mañana en la intersección Avenida Luis de Fuentes y Avenida Bolívar, donde los peatones corren peligro, ya que en este punto se encuentran centros comerciales



Fig. 3.9



Fig. 3.10

Intersección Avenida Luis de Fuentes y Gualberto Villarroel



Fig. 3.11



Fig. 3.12

3.9 SEMAFORIZACIÓN

3.9.1 Análisis De Condiciones Para Una Semaforización

Para realizar una semaforización en cualquier parte del mundo se debe cumplir con requisitos o condiciones que se debe realizar mediante aforos, para ver si esto se cumple o no; a continuación presentamos el cuadro de resumen de las condiciones.

Tabla: 3.7 Condiciones para colocar semáforos

CONDICIÓN PARA INSTALAR SEMÁFOROS								
Intersección	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4	Condición 5	Condición 6	Condiciones que cumple	Condición
1	Si	No	Si	No	No	No	2	Si Cumple
2	Si	No	Si	No	No	No	2	Si Cumple
3	No	No	No	No	No	No	0	No Cumple
4	No	No	No	No	No	No	0	No Cumple
5	No	No	Si	No	No	No	1	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

3.9.2 Diseño De La Semaforización

Como se ve en los resultados obtenidos de los diferentes aforos, se puede apreciar también, las distancias de eje a eje de las intersecciones y las velocidades medias que se utilizó tomando como referencias los volúmenes, se optó por conveniente utilizar semáforos de tiempo predeterminado, el cual consiste en trabajar en toda el área delimitado para tener el mismo ciclo y la misma fase al mismo tiempo, quiere decir, que si en una intersección esta rojo, en la otra intersección siguiente también . Este diseño se determinó en función de las características volumétricas de las intersecciones, donde su característica principal es que se puede aplicar o adaptar a un programa ya diseñado que existe actualmente en diferentes departamentos, este tipo de diseño su nombre común de tiempo es fijo, lo que muchos lo llaman señales luminosas de tiempo fijo.

3.9.3 Obtención De Los Resultados De Ciclos Y Fases

Para determinar los diferentes ciclos y fases para los accesos de cada intersección se tuvo que calcular con el método de f. v. Webster.

El método que se utilizó se tuvo que modificar los volúmenes con que se trabajó, ya que este método trabaja con Flujo de Automóviles Directos Equivalentes, considerando parámetros como ser: factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, factor por giro a la izquierda, factor por giro a la derecha, también se utilizó el factor horario medio diario el cual se utilizó para este proyecto igual a 0.95, para este proyecto se utilizó el factor por giro a la izquierda igual a 1.6 Automóviles Directos Equivalentes (ADE), lo mismo para giro a la derecha se usó un valor de 1.4 Automóviles Directos Equivalentes (ADE), el factor de vehículo pesado se calculó con la siguiente expresión:

$$fvp = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)} \dots (1)$$

Donde:

fvp = Factor de Ajuste por efecto de vehículos pesados.

P_C = Porcentaje de camiones.

P_B = Porcentaje de Autobuses.

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos.

E_C = Automóviles Equivalentes a un Camión = 1.5.

E_B = Automóviles Equivalentes a un autobús = 1.5.

E_R = Automóviles Equivalentes a un vehículo recreativo.

El flujo de Automóviles Directos Equivalentes, para Movimiento Directo se determina mediante la siguiente expresión:

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) \dots (2)$$

Donde:

q_D = Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (Movimiento Directo). (ADE/hora).

VHMD_D = Volumen Horario de Máxima Demanda (Movimiento Directo) (Veh/hora).

FHMD = Factor Horario de Máxima Demanda = 0.95.

fvp = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

Para giros a la izquierda:

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VI}) \dots (3)$$

Donde:

q_{VI} = Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (Giro a la izquierda) (ADE/hora).

$VHMD_{VI}$ = Volumen Horario de Máxima Demanda (Giro a la izquierda) (Veh/hora).

$FHMD$ = Factor Horario de Máxima Demanda = 0.95.

fvp = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

E_{VI} = 1.6 ADE

Para giros a la derecha:

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VD}) \dots (4)$$

Donde:

q_{VD} = Flujo de Automóviles Directos Equivalentes (Giro a la derecha) (ADE/hora).

$VHMD_{VD}$ = Volumen Horario de Máxima Demanda (Giro a la derecha) (Veh/hora).

$FHMD$ = Factor Horario de Máxima Demanda = 0.95.

fvp = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

E_{VD} = 1.4 ADE

Entonces el flujo total equivalente será:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD} \dots (5)$$

El intervalo de cambio para la fase i está dado por la siguiente expresión:

$$y_i = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W+L}{v} \right) \dots (6)$$

Donde:

y_i = Intervalo de cambio para fase i.

t = Tiempo de percepción y reacción (1.00 seg.).

v = Velocidad de aproximación de los vehículos (m/seg.).

a = Tasa de aceleración (3.05 m/seg²)

W = Ancho de la intersección.

L = Longitud del vehículo (valor sugerido 6.1 m.).

La expresión $\left(t + \frac{v}{2a}\right)$ de la ecuación (6) es el tiempo amarillo de la fase i (l_i), y el término $\left(\frac{W+L}{v}\right)$ es el tiempo rojo de la fase i (TR_i).

El tiempo perdido por fase queda de la siguiente manera:

$$L = \sum_{i=1}^{\theta} l_i + TR \dots (7)$$

Donde:

$l_i = A_i$ = Tiempo perdido para la fase i (seg.).

TR = Periodo total rojo durante el ciclo (seg.).

θ = Número de fases.

Máxima relación de flujo total (q) a flujo de saturación (s) por carril para la fase i:

$$Y_i = \frac{q_{imax}}{s} \dots (8)$$

Donde:

Y_i = Máxima relación del flujo actual y el flujo de saturación

q_{imax} = Es el flujo critico o máximo por carril de la fase i.

s = Es el flujo de saturación (valor sugerido 1800 veh/hora).

Longitud de ciclo óptimo C_o :

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum_{i=1}^{\theta} Y_i} \dots (9)$$

Donde:

C_o = Duración optima de ciclo (seg.).

L = Tiempo perdido (seg.).

θ = Número de fases.

Y_i = Máximo valor de la relación.

Tiempo verde efectivo total (gt):

$$g_T = C - L = C - \left[\left(\sum_{i=1}^{\theta} l_i \right) + TR \right] \dots (10)$$

Donde:

C = Duración real de ciclo que se utiliza generalmente obtenida al redondear Co a los siguientes 5 minutos (seg.).

gT = Tiempo efectivo total de luz verde por ciclo (seg.).

L = Tiempo perdido por fase (seg.)

Reparto de los tiempos verdes efectivos (gi):

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\theta} Y_i} \dots (11)$$

Donde:

gi = Tiempo verde efectivo para la fase i (seg.).

Yi = Máximo valor de la relación.

θ = Número de fases.

Tiempos verdes reales (Gi):

$$G_i = g_i + l_i - A_i \dots (12)$$

Donde:

Gi = Tiempo verde real para la fase i (seg.).

gi = Tiempo verde efectivo para la fase i (seg.).

li = Tiempo perdido para la fase i (seg.).

Ai = Tiempo amarillo para la fase i (seg.).

Ejemplo de este método en forma numeral y con datos de una intersección, se utilizará el ejemplo de la intersección de más volumen de la zona de estudio (Intersección N° 1 Avenida Luis de Fuentes – Avenida Bolívar)

FACTOR DE VEHÍCULOS PESADOS

INTERSECCIÓN N° 1

ACCESO 1

$$fvp = \frac{100}{100 + P_C(E_C - 1) + P_B(E_B - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

Donde:

fvp = Factor de ajuste por efecto de vehículos pesados.

P_C = Porcentaje de camiones.

P_B = Porcentaje de Autobuses.

P_R = Porcentaje de Vehículos Recreativos.

E_C = Automóviles equivalentes a un camión.

E_B = Automóviles equivalentes a un Autobús.

E_R = Automóviles equivalentes a un vehículo recreativo.

$$P_C = 0.12 \%$$

$$P_B = 0.12 \%$$

$$P_R = 0 \%$$

$$E_C = 1.5$$

$$E_B = 1.5$$

$$E_R = 0$$

$$fvp = \frac{100}{100 + 0.12(1.5 - 1) + 0.12(1.5 - 1)}$$

$$fvp = 0.999$$

ACCESO 2

$$P_C = 0.35 \%$$

$$P_B = 0.36 \%$$

$$P_R = 0 \%$$

$$E_C = 1.5$$

$$E_B = 1.5$$

$$E_R = 0$$

$$fvp = \frac{100}{100 + 0.35(1.5 - 1) + 0.36(1.5 - 1)}$$

$$fvp = 0.996$$

ACCESO 3

$$P_C = 0.03 \%$$

$$P_B = 0.03 \%$$

$$P_R = 0 \%$$

$$E_C = 1.5$$

$$E_B = 1.5$$

$$E_R = 0$$

$$fvp = \frac{100}{100 + 0.03(1.5 - 1) + 0.03(1.5 - 1)}$$

$$fvp = 1.000$$

ACCESO 4

$$P_C = 0.34 \%$$

$$P_B = 0.33 \%$$

$$P_R = 0 \%$$

$$E_C = 1.5$$

$$E_B = 1.5$$

$$E_R = 0$$

$$fvp = \frac{100}{100 + 0.34(1.5 - 1) + 0.33(1.5 - 1)}$$

$$fvp = 0.997$$

FLUJO DE AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES

INTERSECCIÓN 1

ACCESO 1

Movimiento Directo

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right)$$

$$VHMD_D = 69 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.999$$

$$q_D = \frac{69}{0.95} \left(\frac{1}{0.999} \right)$$

$$q_D = 73 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Movimiento Directo$$

Vuelta izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VI})$$

$$1 \text{ vuelta a la izquierda} = 1.6 \text{ ADE} = E_{VI}$$

$$VHMD_{VI} = 14 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.999$$

$$q_{VI} = \frac{14}{0.95} \left(\frac{1}{0.999} \right) (1.6)$$

$$q_{VI} = 24 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots \text{Vuelta izquierda}$$

Vuelta Derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VD})$$

$$1 \text{ vuelta a la derecha} = 1.4 \text{ ADE} = E_{VD}$$

$$VHMD_{VD} = 103 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.999$$

$$q_{VD} = \frac{103}{0.95} \left(\frac{1}{0.999} \right) (1.4)$$

$$q_{VD} = 152 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots \text{Vuelta derecha}$$

Flujo equivalente para el acceso 1:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 73 + 24 + 152$$

$$q_T = 249 \text{ (ADE/hora)}$$

ACCESO 2

Movimiento Directo

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right)$$

$$VHMD_D = 188 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.996$$

$$q_D = \frac{188}{0.95} \left(\frac{1}{0.996} \right)$$

$$q_D = 199 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Movimiento Directo$$

Vuelta izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VI})$$

$$1 \text{ vuelta a la izquierda} = 1.6 ADE = E_{VI}$$

$$VHMD_{VI} = 134 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.996$$

$$q_{VI} = \frac{134}{0.95} \left(\frac{1}{0.996} \right) (1.6)$$

$$q_{VI} = 227 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Vuelta izquierda$$

Vuelta Derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VD})$$

$$1 \text{ vuelta a la derecha} = 1.4 \text{ ADE} = E_{VD}$$

$$VHMD_{VD} = 85 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.996$$

$$q_{VD} = \frac{85}{0.95} \left(\frac{1}{0.996} \right) (1.4)$$

$$q_{VD} = 126 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots \text{Vuelta derecha}$$

Flujo equivalente para el acceso 2:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 199 + 227 + 126$$

$$q_T = 552 \text{ (ADE/hora)}$$

ACCESO 3

Movimiento Directo

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right)$$

$$VHMD_D = 139 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 1.00$$

$$q_D = \frac{139}{0.95} \left(\frac{1}{1.00} \right)$$

$$q_D = 146 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Movimiento Directo$$

Vuelta izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VI})$$

$$1 \text{ vuelta a la izquierda} = 1.6 ADE = E_{VI}$$

$$VHMD_{VI} = 177 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 1.00$$

$$q_{VI} = \frac{177}{0.95} \left(\frac{1}{1.00} \right) (1.6)$$

$$q_{VI} = 298 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Vuelta izquierda$$

Vuelta Derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VD})$$

$$1 \text{ vuelta a la derecha} = 1.4 \text{ ADE} = E_{VD}$$

$$VHMD_{VD} = 111 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 1.00$$

$$q_{VD} = \frac{111}{0.95} \left(\frac{1}{1.00} \right) (1.4)$$

$$q_{VD} = 164 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots \text{Vuelta derecha}$$

Flujo equivalente para el acceso 3:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 146 + 298 + 164$$

$$q_T = 608 \text{ (ADE/hora)}$$

ACCESO 4

Movimiento Directo

$$q_D = \frac{VHMD_D}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right)$$

$$VHMD_D = 297 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.997$$

$$q_D = \frac{297}{0.95} \left(\frac{1}{0.997} \right)$$

$$q_D = 314 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Movimiento Directo$$

Vuelta izquierda

$$q_{VI} = \frac{VHMD_{VI}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VI})$$

$$1 \text{ vuelta a la izquierda} = 1.6 ADE = E_{VI}$$

$$VHMD_{VI} = 112 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.997$$

$$q_{VI} = \frac{112}{0.95} \left(\frac{1}{0.997} \right) (1.6)$$

$$q_{VI} = 189 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots Vuelta izquierda$$

Vuelta Derecha

$$q_{VD} = \frac{VHMD_{VD}}{FHMD} \left(\frac{1}{fvp} \right) (E_{VD})$$

$$1 \text{ vuelta a la derecha} = 1.4 \text{ ADE} = E_{VD}$$

$$VHMD_{VD} = 32 \left(\frac{veh}{hora} \right)$$

$$FHMD = 0.95$$

$$fvp = 0.997$$

$$q_{VD} = \frac{32}{0.95} \left(\frac{1}{0.997} \right) (1.4)$$

$$q_{VD} = 47 \left(\frac{ADE}{hora} \right) \dots\dots\dots \text{Vuelta derecha}$$

Flujo equivalente para el acceso 3:

$$q_T = q_D + q_{VI} + q_{VD}$$

$$q_T = 314 + 189 + 47$$

$$q_T = 550 \text{ (ADE/hora)}$$

Automóviles Directos Equivalentes Por Hora

INTERSECCIÓN 1

Tabla. 3.8 Resumen Automóviles Directos Equivalentes

ACCESO	GIROS			TOTAL
	DF	GI	GD	
ACCESO 1	73	24	152	249
ACCESO 2	199	227	126	552
ACCESO 3	146	298	164	608
ACCESO 4	314	189	47	550

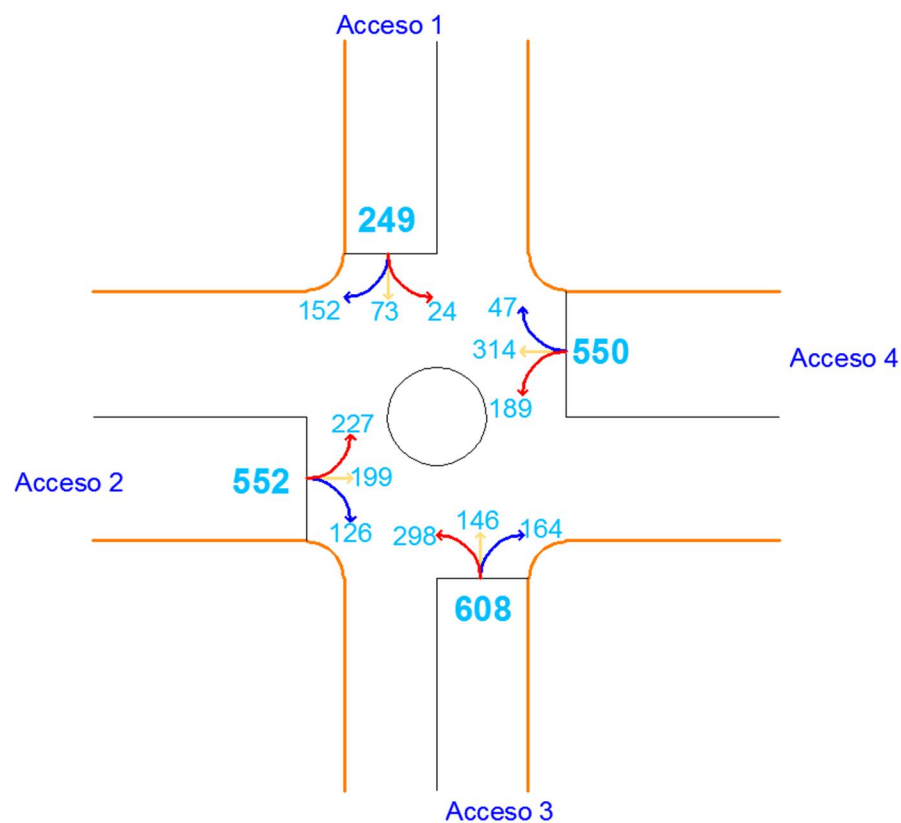


Figura. 3.13 Automóviles Directos Equivalentes

Cálculo de la longitud de los intervalos de cambio (yi)

Valores supuestos para la longitud L de los vehículos, el tiempo de percepción - reacción t y la tasa de deceleración a .

$L = 6.10$ m.

$t = 1.00$ seg.

$a = 3.05$ m/seg².

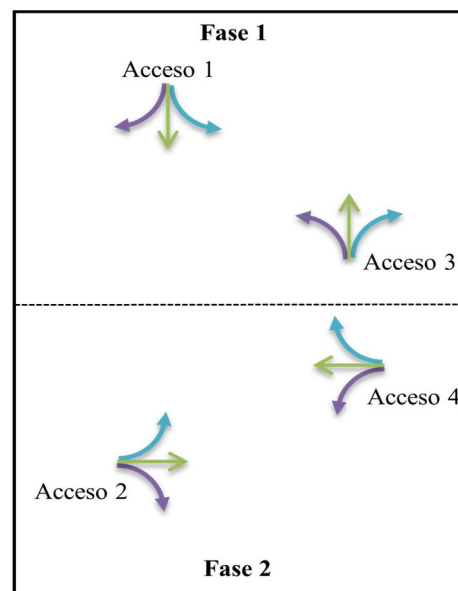
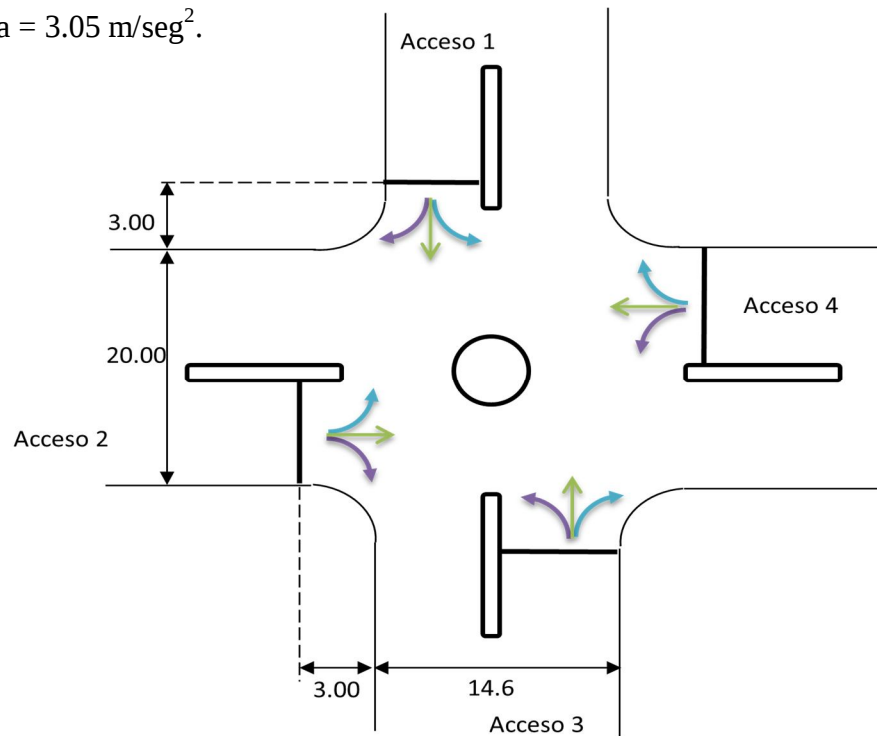


Figura. 3.13

Intervalo de cambio para los accesos 1 y 3 (Fase 1)

$$\text{Ancho efectivo} = W = 3.00 + 20.00 = 23.00 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = v = 24.06 \text{ km/hora} \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right)$$

$$v = 6.68 \text{ (m/seg)}$$

$$y_1 = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

$$y_1 = \left(1.00 + \frac{6.68}{2 * 3.05} \right) + \left(\frac{23.00 + 6.10}{6.68} \right)$$

$$y_1 = 2.10 + 4.36$$

Redondeando al segundo:

$$y_1 \approx 2 + 4 = 6 \text{ seg.}$$

$$\text{Ámbar} = A_1 = 2 \text{ seg.}$$

$$\text{Todo Rojo} = TR = 4 \text{ seg.}$$

Intervalo de cambio para los accesos 2 y 4 (Fase 2)

$$\text{Ancho efectivo} = W = 3.00 + 14.60 = 17.60 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = v = 24.14 \text{ km/hora} \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \right) \left(\frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \right)$$

$$v = 6.71 \text{ (m/seg)}$$

$$y_1 = \left(t + \frac{v}{2a} \right) + \left(\frac{W + L}{v} \right)$$

$$y_1 = \left(1.00 + \frac{6.71}{2 * 3.05} \right) + \left(\frac{17.60 + 6.10}{6.71} \right)$$

$$y_1 = 2.10 + 3.53$$

Redondeando al segundo:

$$y_1 \approx 2 + 4 = 6 \text{ seg.}$$

$$\text{Ámbar} = A_1 = 2 \text{ seg.}$$

$$\text{Todo Rojo} = TR = 4 \text{ seg.}$$

Tiempo Perdido Por Fase (l_i)

$$l_1 = A_1 = 2 \text{ seg.}$$

$$l_2 = A_2 = 2 \text{ seg.}$$

Tiempo Total Perdido Por Ciclo (L)

$$L = \left(\sum_{i=1}^2 l_i \right) + TR$$

$$L = (l_1 + l_2) + TR$$

$$L = (2 + 2) + 4 + 4$$

$$L = 12 \text{ seg.}$$

Máximas Relaciones De Flujo Actual (q) a Flujo De Saturación (s) Por Carril Para Cada Fase

$$Y_1 = \frac{q_{imax}}{s}$$

Donde q_{imax} representa el flujo crítico o máximo por carril de la fase i .

$$s = 1800$$

Por lo tanto:

$$Y_1 = \frac{q_{1max}}{s} = \frac{608}{1800} = \mathbf{0.338}$$

$$Y_2 = \frac{q_{2max}}{s} = \frac{552}{1800} = \mathbf{0.307}$$

Calculo de la longitud del ciclo óptimo (C_o)

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^2 Y_i}$$

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y_1 - Y_2}$$

$$C_o = \frac{1.5 * 12 + 5}{1 - 0.338 - 0.307}$$

$$C_o = 64.80 \text{ seg.}$$

Longitud de ciclo a utilizar

$$C = 65 \text{ seg.}$$

Tiempo verde efectivo (g_T)

$$g_T = C - L = 65 - 12 = 53 \text{ seg.}$$

Reparto de los tiempos verdes efectivos (g_i)

$$g_1 = \frac{Y_1}{Y_1 + Y_2} (g_T)$$

$$g_1 = \frac{0.338}{0.338 + 0.307} (53)$$

$$g_1 = 28 \text{ seg.}$$

$$g_2 = \frac{Y_2}{Y_1 + Y_2} (g_T)$$

$$g_1 = \frac{0.307}{0.338 + 0.307} (53)$$

$$g_1 = 25 \text{ seg.}$$

Determinación de los tiempos verdes reales (G_i)

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1 = 28 + 2 - 2 = 28 \text{ seg.}$$

$$G_2 = g_2 + l_2 - A_2 = 25 + 2 - 2 = 25 \text{ seg.}$$

A continuación se muestra el resumen de los ciclos y fases obtenidos de las diferentes intersecciones de la zona de estudio, los diferentes resultados de ciclos y fases no son los que se aplicará, ya que los cálculos lanzaron diferentes resultados, esto sirve para poder optar el ciclo y fase más adecuado para dicha zona que sirve como parámetro para ver cuál de las intersecciones cumplía con este requisito fundamental. Los detalles se verán en el anexo correspondiente.

3.9.4 Resultados de Ciclos y Fases

En la siguiente tabla se puede observar los diferentes ciclos y fases de cada intersección que han sido calculados con el método de f.v. Webster y los detalles se verán en el anexo correspondiente de ciclos y fases.

Tabla 3.9 Resultados de ciclos y fases de cada intersección

Intersección N°	Velocidad (km/h)	Fases				Ciclos Seg.
		Fase 1 Rojo	Fase 2 A Amarillo	Fase 2 B Amarillo	Fase 3 Verde	
1	24.06	33	2	2	28	65
2	21.10	33	2	2	18	55
3	29.57	9	2	2	22	35
4	29.73	10	2	2	21	35
5	27.95	25	2	2	11	40

Fuente: Elaboración Propia

Los diferentes ciclos obtenidos en las intersecciones, se pueden apreciar que los ciclos varían dependiendo de la velocidad de los vehículos como también del volumen vehicular, es decir, que la variación de los volúmenes vehicular que se tiene, esto hace que se tenga diferentes ciclos.

El menor ciclo que se obtuvo fue en la intersección N° 3 y N°4 (Avenida Luis de Fuentes y G. Busch) (Avenida Luis de Fuentes y A. Ameller) respectivamente, y el mayor ciclo se obtuvo en la intersección N°1 (Avenida Luis de Fuentes y Avenida Bolívar), con estos parámetros definimos el ciclo que se recomienda para este diseño de semaforización que es de 46 segundos.

Se optó por este ciclo ya que la media de los diferentes ciclos nos da igual a 46 segundos. Este valor se debe a que el flujo vehicular se concentra principalmente en una calle principal que concentra el comercio formal, comercio informal, instituciones públicas y otros, como es la Avenida Luis de Fuentes entonces se tiene que aplicar lo más recomendable que es de 46 segundos, para poder tener una circulación sin muchas demoras y regulación de velocidades que se optimizarán mediante esta semaforización.

Es evidente que este ciclo está entre los parámetros de rango de mayor a 35 y menor a 120 segundos, la fase del tiempo amarillo se optó por 2 segundos, ya que la mayoría de los resultados obtenidos nos da este resultado, el cual es recomendable para esta aplicación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ◆ Mediante los diferentes aforos que se realizaron en el presente estudio, se pudo observar la falta de educación vial que existe por parte de conductores y de peatones, que provoca el congestionamiento vehicular ya que al no existir este tipo de señales no ceden el paso, todos entran al mismo tiempo a una intersección esto ocasiona un peligro constante, el presente estudio juega un papel muy importante en nuestra vida cotidiana, ya que mediante una correcta semaforización se puede regular la educación vial y de esta manera disminuir los accidentes de tránsito.
- ◆ Las velocidades que se obtuvieron en las diferentes calles de aforo para el estudio, son variadas; en la calle principal la velocidad son de 24.06 km/hr. a 30.15 km/hr., tomando como referencia aquellas intersecciones donde existe mayor volumen de tráfico las velocidades son menores y en aquellas intersecciones donde existe menor volumen las velocidades son mayores a pesar de la existencia de rompe muelles en zonas donde existe un volumen peatonal importante como son las zonas escolares, instituciones públicas, privadas, zonas comerciales.
- ◆ En los diferentes puntos de aforo que se realizaron, podemos señalar que las intersecciones (Avenida Luis de Fuentes – Avenida Bolívar, Avenida Luis de Fuentes – Calle G. Villarroel, Avenida Luis de Fuentes – Calle Cochabamba) son las intersecciones de mayor afluencia tanto vehicular y peatonal.
- ◆ En el presente estudio cabe señalar que aproximadamente un 40 % de motorizados son las motocicletas y son los que ocasionan mayores peligros de

accidentes de tránsito puesto que los conductores de estas motocicletas en su mayoría son indolentes y lógicamente no tienen ningún tipo de educación vial.

- ❖ Al no existir una demarcación de estacionamiento provoca que los conductores infrinjan los reglamentos de tránsito, estacionando en cualquier parte de la calzada y provocando congestionamiento vehicular.
- ❖ Los tiempo de ciclo calculados son de 35 a 65 segundos estos ciclos fueron determinados por las distancias de las intersecciones y las velocidades, como así también el volumen vehicular. Teniendo estos parámetros de rangos se puede decir que los ciclos no deben estar por debajo de 35 segundos ni por encima de 120 segundos, ya que un ciclo corto o largo acarrearía más problema al congestionamiento vehicular.
- ❖ Después de realizar los cálculos de ciclos y fases, se llegó a la conclusión de optar por el ciclo más conveniente en este sentido se optó por un ciclo de 46 segundos para una semaforización en la zona de estudio ya que su reparto de tiempo es de 21 segundos para la fase verde, 2 segundos para la fase amarillo y 21 segundos para el rojo.
- ❖ El tipo de semáforo a usar deber ser de tiempo fijo, ya que éstos se adecúan muy bien a intersecciones donde los patrones de tránsito son relativamente estables, o en las que las variaciones de la intensidad de circulación se pueda adaptar a un programa previsto, sin ocasionar un congestionamiento excesivo.

- ❖ La necesidad de coordinación, el tipo de semáforo ya consignado del sistema simultáneo con mando de tiempo fijo, y las longitudes de las calles, con valores que oscilan entre 80 a 135 metros más los valores de volúmenes de circulación, facilitan la designación de un tiempo de ciclo fijo para toda la zona de estudio, además de este establecimiento de tiempo de fase verde, como del rojo de igual magnitud para cada acceso.
- ❖ Para los cálculos de fases y ciclos se utilizó el método de F. V. Webster, los parámetros que intervienen son: Volumen Vehicular, Velocidad de aproximación, características físicas de las intersecciones, tiempo de percepción y reacción entre otros). Se utilizó este método, porque los datos obtenidos en el presente estudio se adaptan a las ecuaciones dadas por el método de F.V. Webster, arrojando como resultado tiempos de ciclo para las diferentes intersecciones dentro del rango que es de 35 a 120 segundos, y no así como otros métodos que dieron como resultados fuera del rango.
- ❖ No se utilizó otros métodos debido a que se requieren otros valores que no contempla este estudio, como es el Método de Capacidad de Carretera (MCC) que nos pide el nivel de servicio y capacidad de acceso en cada intersección tampoco se cuenta con estos datos. El método utilizado es apto para aéreas urbanas ya que es de fácil aplicación y obtención de datos con mayor facilidad que otros métodos.
- ❖ En el planteamiento de cualquier tipo de solución deben existir tres bases de apoyo, estos elementos que trabajan simultáneamente y darán como resultado un tránsito seguro y eficiente son: La ingeniería de tránsito, educación vial y el control policial para que cumplan las normas establecidas por el tránsito.

RECOMENDACIONES

- ❖ Al no existir datos de tráfico en la ciudad de Bermejo, se recomienda realizar estudios de diferentes temas referentes a tráfico y transporte por ejemplo, estudio de señalización vertical como así también la señalización horizontal, ya que estos estudios ayudarán a la implementación y complementación de una buena semaforización.
- ❖ Se recomienda tomar en cuenta el presente estudio, para optimizar la circulación del flujo vehicular y peatonal en las intersecciones estudiadas y de mayor conflicto y en calles adyacentes a éstas, la semaforización evitará los congestionamientos vehiculares, regulará la velocidad de circulación, el tiempo de recorrido de los vehículos de servicio público y los de servicio particular.
- ❖ En base a este estudio se recomienda realizar planes de desarrollo para el tráfico y transporte, de mayor impacto en la estructura general del sistema, ya que actualmente ante cualquier eventualidad de accidente y a solicitud de los vecinos realizan la implementación de rompe muelles sin un previo estudio de la zona esto ocasiona en algunas veces mayores problemas debido a que no se consideran todos los actores que intervienen en un estudio de tráfico.
- ❖ Es fundamental y de mucha ayuda que los medios de comunicación, policía, el Municipio y el Corregimiento, se unan para propagar, programas de educación vial realizar cursos y entrenamientos para los conductores como así también para los peatones, para que se tenga y se brinde un servicio eficaz y seguro.

- ❖ Se debe implementar una señalización horizontal y vertical que sean lo suficientemente visibles para los usuarios de las vías.
- ❖ Se debe tener una mayor educación vial y concientización de la misma a los motociclistas ya que éstos no tienen ninguna precaución por lo que se debe trabajar de manera coordinada policía e instituciones públicas encargadas de la seguridad vial.
- ❖ Es necesario educar al conductor y peatón que siga las reglas de tránsito y a su vez decida el recorrido que debe tomar, teniendo en cuenta el punto de partida y el punto final para que al momento de ingresar en las calles tenga definido los carriles de cada calzada y la velocidad requerida para entrar a una semaforización y su desplazamiento sea seguro.
- ❖ Debe existir un procedimiento de trabajo que permita identificar las necesidades, así como las deficiencias, de los dispositivos para el control de tránsito. El procedimiento además debe contemplar la instalación, renovación o mejora de semáforos y señales de tránsito.
- ❖ Para terminar se recomienda realizar campañas de educación vial, ya que éste es un tema de mucha importancia, realizar cursos en los diferentes colegios y escuelas, como también a los diferentes sindicatos que existe en la ciudad, tanto de taxista conductores de trufis y particulares, estos seminarios va a ser de mucha ayuda para que en el futuro se pueda concientizar a las personas, jóvenes y niños, sobre este tema, de esta manera se pueda evitar hechos lamentables y se pueda regular el tráfico vehicular y peatonal.