

1.1 ANTECEDENTES

Haciendo un breve repaso en la escala de tiempo, podemos darnos cuenta de cómo el automóvil que actualmente satura nuestras calles, ha llegado a convertirse en un vehículo imprescindible para el transporte de las personas, sufriendo una vertiginosa evolución, aun teniendo una edad insignificante desde su invención que data alrededor de 1915, comparada con la edad de los caminos que data a la aparición del hombre. Ahora un vehículo nos ofrece mucha comodidad, velocidad y principalmente un costo accesible.

Esto puede verse claramente con el incremento extraordinario del número de vehículos que ha tenido nuestro país, principalmente en la ciudad de Tarija.

La ingeniería de tráfico, nació con la necesidad de ordenar el tráfico en las calles, tanto de los vehículos como de los peatones; ha sido estudiada para aplicarla en la realización del análisis de tráfico en nuestra ciudad, sus causas y su falta de planificación.

La simulación de sistemas es una herramienta que se ha expandido gracias a la disponibilidad de computadoras que le aportan sus bondades; ha sido aplicada en el presente trabajo para llegar a determinar condiciones de funcionamiento que permitan mejorar el entendimiento de los modelos de tráfico, observando su comportamiento dinámico, tanto el actual como el resultante, luego de proyectar valores a los parámetros de funcionamiento, con el fin de determinar qué condiciones permiten mejorar el flujo vehicular.

Teniendo ya establecido los puntos críticos de estudio, en cada uno de ellos se efectuara el correspondiente aforo vehicular direccional - selectivo para la hora pico, adoptándose como tal hora, aquella en la que se supone existe el mayor flujo vehicular .debiendo entenderse por selectiva aquella clasificación de vehículos.

1.2. JUSTIFICACION.-

Con el presente trabajo se pretende hacer un estudio de evaluación y control en las intersecciones sanforizadas en los puntos más críticos de nuestra ciudad para ver la eficiencia de nuestros semáforos esto debido al acelerado crecimiento del flujo vehicular y mala planificación vial

Determinar la funcionalidad de los dispositivos de control de tránsito o sea los semáforos existentes y la accesibilidad que tiene cada una de las intersecciones

El estudio permitirá definir, planear y diseñar las mejoras y las operaciones de control apropiadas para garantizar una seguridad del flujo vehicular

La falta de estos estudios nos acarrea consecuencias negativas como un trágico saldo de accidentes de tránsito, muertos, heridos y de gran pérdida económica, como así de un congestionamiento de tránsito que empieza a paralizar las arterias principales de nuestra ciudad ocasionando un flujo lento e inseguro.

Así para tener un mayor control y seguridad ya sea el peatón o el conductor en los puntos más críticos

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar en las intersecciones semaforizadas si existe eficiencia y seguridad en cada una de ellas a partir de la información básica existente, para optimizar el flujo vehicular de nuestra ciudad

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un estudio de volúmenes de tráfico de los diferentes accesos.
- Generar alternativas de planes de señales, ciclos y fases para los semáforos en las diferentes intersecciones y sectores de la ciudad de Tarija
- Mejorar las condiciones teóricas de movilidad de los vehículos y peatones, por medio de la optimización de tiempos, fases y ciclos de las intersecciones semaforizadas.
- Reducir las demoras teóricas que experimentan los vehículos al intentar cruzar las intersecciones, por la falta de coordinación y planeación en la red de semáforos de la ciudad.

1.4 ALCANCE DEL TRABAJO

- En el presente trabajo se realizo un estudio del semáforo para analizar la eficiencia en los puntos más críticos de la ciudad
- Los aforos de volúmenes en las distintas intersecciones de estudio se lo realizo de forma manual en las horas pico.
- Con el estudio realizado sobre eficiencia y seguridad en intersecciones semaforizadas se quiere regular el flujo vehicular en nuestra ciudad.
- Finalmente con los resultados obtenidos realizar un nuevo rediseño para la planeación semafórica obteniendo nuevos fases de los semáforos

1.5 UBICACION

El área de estudio está ubicada en los puntos más críticos de nuestra ciudad en las siguientes intersecciones:

Intersección: doble doble: avenida La paz y avenida Potosí

Intersección: doble simple: avenida La paz y calle Bolívar

Intersección: simple simple: calle Sucre y calle Bolívar

2.1.- ESTUDIO DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico puede contestar ahora acertadamente muchas preguntas que siempre se hacían los proyectistas de vías sin que pudieran encontrar respuestas satisfactorias. Gracias a los progresos de la ingeniería se han podido proyectar un tipo de vía capaz de conducir grandes masas de vehículos a altas velocidades con máxima seguridad.

Se analizan los diversos factores y las limitaciones de los vehículos y los usuarios como elementos de la corriente de tránsito. Se investigan la velocidad, el volumen y la densidad; el origen y destino del movimiento; la capacidad de las calles y carreteras; el funcionamiento de: pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas; se analizan los accidentes, etc. Así se pone en evidencia la influencia de la capacidad y limitaciones del usuario en el tránsito; se estudia al usuario particularmente desde el punto de vista psíquico- físico, indicándose la rapidez de las reacciones para frenar, para acelerar, para maniobrar, su resistencia al cansancio, etc., empleando en todo esto, métodos modernos e instrumentos psicotécnicos, sí como la metodología estadística.

2.1.1.-REGLAMENTOS DEL TRÁFICO

La técnica debe establecer las bases para los reglamentos del tráfico; debe señalar sus objeciones, legitimidad y eficacia, así como sanciones y procedimientos para modificarlos y mejorarlos. Así, por ejemplo, deben ser estudiadas las reglas en materia de licencias; responsabilidad de los conductores; peso y dimensiones de los vehículos, accesorios obligatorios y equipo de iluminación, acústicos y de señalamiento; revista periódica; comportamiento en la circulación, etc.

Igual atención se da a otros aspectos, tales como: prioridad del paso; tránsito en un sentido; zonificación de la velocidad, limitaciones en el tiempo de estacionamiento;

control policiaco en las intersecciones; procedimiento legal y sanciones relacionadas con accidentes; peatones y transporte público.

2.1.2-DISPOSITIVOS DE CONTROL Y SEÑALIZACIÓN

Este aspecto tiene por objeto determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales, iluminación, dispositivos de control, etc. Los estudios deben complementarse con investigaciones de laboratorio. Aunque el técnico en tránsito no es responsable de la fabricación de estas señales y semáforos, a él incumbe señalar su alcance, promover su empleo y juzgar su eficiencia.

2.1. 3-PLANIFICACION VIAL

Es indispensable, en la Ingeniería de tráfico, realizar investigaciones y analizar los diferentes métodos, para planificar la vialidad en un país, en una municipalidad o en una pequeña área, para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito. Parte de esta investigación está dedicada exclusivamente a la planificación de la vialidad urbana, que permite conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias al aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra.

Es reconocido que el tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, y es por esto que el punto de vista del ingeniero de tráfico debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda

Planificación de política económica. El técnico a su vez debe acostumbrarse a tener en cuenta en sus trabajos las distintas exigencias de la colectividad de la higiene, de la seguridad, de las actividades comerciales e industriales, etc.

. 2.2 ELEMENTOS DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Los elementos básicos que corresponden a la ingeniería de tráfico son: el usuario (relacionado con conductores y peatones), el vehículo y la vialidad (relacionado con calles y carreteras). Siempre que trate de la plantación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor, el ingeniero de tránsito debe conocer las habilidades, limitaciones y requisitos que tiene el usuario, como elemento de la Ingeniería de tráfico.

Los seres humanos, peatones y conductores, son elementos primordiales del tránsito por calles y carreteras, quienes deben ser estudiados y entendidos claramente con el propósito de ser controlados y guiados en forma apropiada. El comportamiento del individuo en el flujo de tránsito, es con frecuencia, uno de los factores que establece sus características.

2.2.1 Usuario

Se considera como usuario a todos los conductores de vehículos motorizados y los peatones que son parte de la circulación de tráfico.

Conductor

El elemento conductor es toda aquella persona que en forma individual o colectiva realiza la acción de conducir un vehículo motorizado, este elemento está sujeto a condiciones físicas y psicológicas en el momento de conducir.

De las condiciones físicas las más importantes tiene que ver con la visión, es decir una condición física necesaria para ser conductor es tener condiciones adecuadas del órgano de la visión. Existen algunas enfermedades como la miopía, el astigmatismo,

el estrabismo, la presbicia, etc. Que son enfermedades de la vista que pueden ser solucionadas con la utilización de lentes que corrigen estas deformaciones y gracias a este recurso toda las personas que sufran de estas dificultades físicas podrían considerarse aptas para ser conductoras.

Sin embargo hay algunas otras enfermedades como daltonismo cuya consecuencia es la no distinción de los colores que sería un impedimento físico inevitable para un conductor. Estos condicionamientos físicos tienen que ser controlados en el momento de emitir una licencia de conducir para garantizar la capacidad física del conductor.

A parte de las condiciones físicas existen las reacciones físicas y psicológicas que también intervienen en el conductor. Las reacciones físicas tienen que ver con el hábito, la habilidad que tiene cada individuo debido a las repeticiones diarias en la acción de conducir un vehículo; estas reacciones se consideran coyunturales que pueden ir mejorando con el tiempo de conducción y con la habilidad que vayan adquiriendo.

Las reacciones psicológicas son factores de comportamiento en el individuo que se deben a diversos aspectos emocionales no físicos que en algún momento podrían considerarse como impedimento de conducción entre estos factores se tiene:

La fatiga

El estado emocional

La enfermedad provocada por el alcohol

Las condiciones del tiempo

La época del año

Son factores que pueden hacer variar la forma de conducir un vehículo en un momento determinado que se manifiesta en una reacción. En trafico nos interesa determinar la reacción que tiene el conductor ante la presencia de un obstáculo,

medido como la percepción que es la reacción para accionar el freno del vehículo. Algunos organismos de tráfico han realizado investigaciones de los tiempos de reacción de los conductores en condiciones normales y en condiciones anormales se han establecido como valores medios de 2.5 segundos. De la reacción de los conductores en carretera y en las ciudades de 0.75 segundos a 1 segundo en condiciones normales. En condiciones anormales se han comprobado que estos tiempos de reacción suben al menos un 50% más

Un buen conductor debe tener ciertas cualidades como ser:

Poseer buenas acciones a los estímulos visuales.

Calcular correctamente las distancias y velocidades de acuerdo con el movimiento de los vehículos y peatones.

Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia.

Tener aptitud mecánica y habilidad para el vehículo.

Ser personas de confianza para asumir responsabilidades y respetar el derecho de los demás.

2.2.3El peatón

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

Peatonal a nivel (cebra) y respeto semáforo en rojo cuando se cruza por el paso peatonal a nivel.

El uso adecuado de los pasos peatonales está asociado con factores propios del entorno, como también del comportamiento del peatón. Factores del entorno como el flujo vehicular, ancho de la vía vehicular, tamaño y señalización adecuada del cruce peatonal, determinan en gran parte el comportamiento y acatamiento de algunas normas de tránsito.

2.3 PARÁMETROS DE TRÁFICO

Son los fundamentales para cualquier vehículo los cuales son: velocidad, volumen, intensidad, densidad. Su importancia de estos parámetros es necesaria en el cálculo que se realizará para determinar varios factores los cuales nos serán de ayuda en el futuro para determinar la Capacidad, como también el Nivel de Servicio.

2.3.1 VELOCIDAD

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

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte. En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizado para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. Se sabe además por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta.

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

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

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

2.3.2. DENSIDAD DE TRÁFICO

Se denomina densidad del tráfico al número de vehículos que hay por unidad de longitud. Se puede obtener a través de una fotografía y contando los vehículos, pero raramente esta magnitud se mide directamente ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de intensidad y velocidad (magnitudes de las que resulta más sencillo obtener datos).

Existe un valor máximo de la densidad que se obtiene cuando todos los vehículos están parados en fila, sin huecos entre ellos. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles. En estas condiciones, a los vehículos les resultaría imposible moverse incluso a pequeña velocidad sin chocar unos con otros.

La densidad del tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación, ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea, y este se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras (cambios de carril, aceleraciones, frenados, etc.), originando una conducción incómoda. Por lo tanto, con

Densidades muy bajas, la circulación puede considerarse fluida pero a medida que va Aumentando y acercándose a su valor máximo, se circula a velocidades muy bajas con

Constante parada y arranques.

Figura 1 DENSIDAD DE TRÁFICO

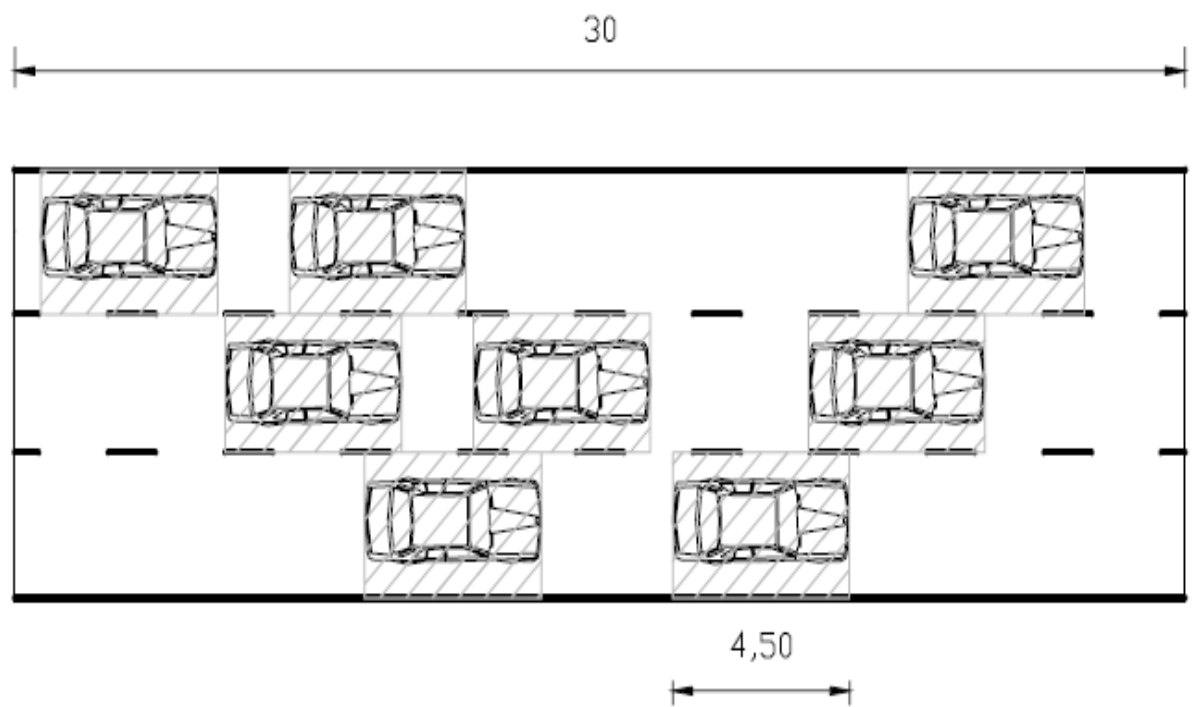
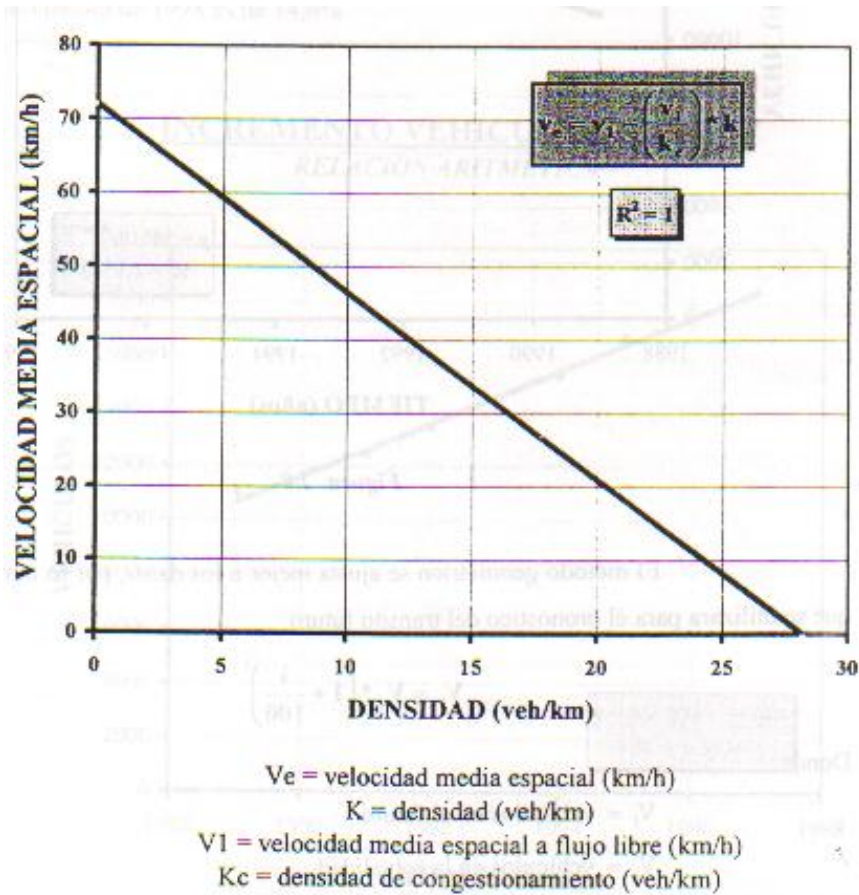


Figura 2 RELACION DE VELOCIDAD - DENSIDAD



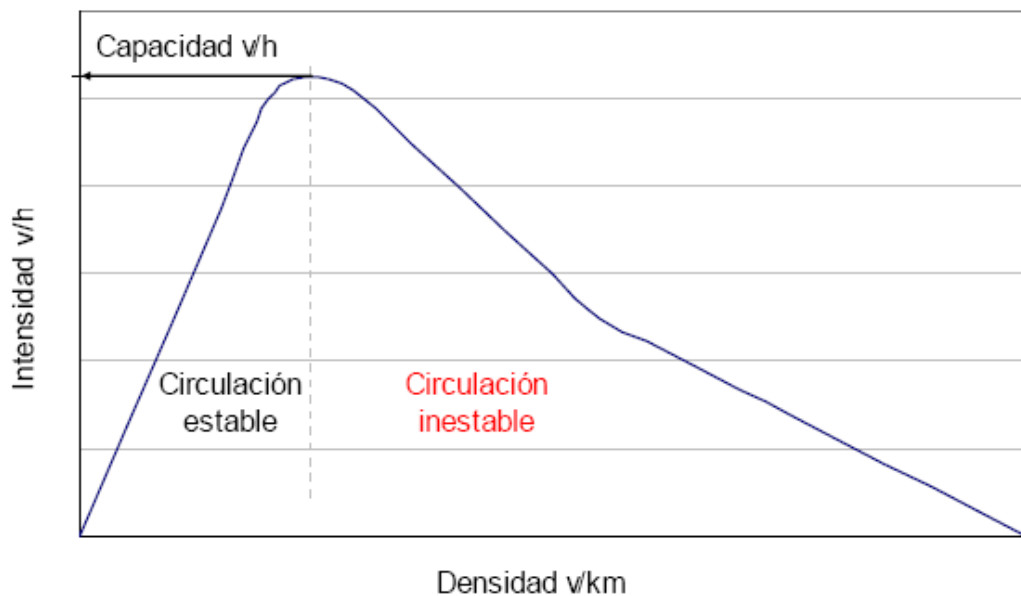
2.3.3. INTENSIDAD DE TRÁFICO

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria). Es la característica más importante de la circulación, ya que las demás están relacionadas con ella y proporciona una descripción muy intuitiva del comportamiento del tráfico en cada momento.

Generalmente el período de medida se extiende a un año y la intensidad media diaria (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar a cualquier vía. Se define como el número total de vehículos que atraviesan una sección en un año dividido por 365 días.

La intensidad de tráfico en cualquier vía varía a lo largo del tiempo siguiendo una ley que puede considerarse formada por una tendencia a largo plazo a la que se superponen unas oscilaciones cíclicas (anuales, semanales y diarias) y unas variaciones puramente aleatorias. Aunque la forma y magnitud de estas oscilaciones varían de unas carreteras a otras, el fenómeno es análogo en todas ellas y puede estudiarse por separado las

Figura 3 CAPACIDAD VEH/HR



2.3.4 VOLUMENES

Se define ***volumen de tráfico***, como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado.

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo).

Al proyectar una carretera o calle, la selección del tipo de vialidad, las intersecciones, los accesos y los servicios, dependen fundamentalmente del volumen de tránsito o demanda que circulará durante un intervalo de tiempo dado, de su variación, de su tasa de crecimiento y de su composición. Los errores que se cometan en la determinación de estos datos, ocasionará que la carretera o calle funcione durante el periodo de proyecto, bien con volúmenes de tránsito muy inferiores a aquellos para los que se proyectó, o mal con problemas de congestionamiento por volúmenes de tránsito altos muy superiores a los proyectados.

Los estudios sobre volúmenes de tránsito son realizados con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimaciones razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios.

2.3.5 CAPACIDAD VIAL

En el estudio de las diferentes magnitudes que intervienen en el tráfico se tiene a la intensidad del tráfico del cual se conoce un máximo que podrá circular por la

carretera, lo que de alguna manera está determinando la capacidad de la carretera que está ligada a diferentes estados de circulación.

Por consiguiente la ingeniería de tráfico ha tenido que desarrollar métodos de análisis o cálculo de capacidad que permiten establecer los regímenes de la carretera, desde hace mucho tiempo se utiliza el manual de capacidad preparado en los Estados Unidos por el Transportation Research Board, para la determinación de la capacidad de las carreteras.

La razón del uso del manual de capacitación en casi todos los países es debido a que las metodologías incluidas en el manual son productos de una serie de investigaciones y experiencias realizadas en este país desde 1935 ha sido objeto de tres ediciones siendo la última en 1985 cuya última actualización en 1995 ha proporcionado un conjunto de modelos nuevos para aplicar a la mayoría de las tipologías de carretera y circulación existentes.

Por consiguiente en conocimiento de la necesidad de establecer la capacidad en las carreteras y la existencia de un manual que gobierna la metodología de determinación de su análisis podríamos definir en forma concreta “Capacidad de Carretera, es el número máximo de vehículo que tiene la probabilidad razonable de atravesar por una sección de la carretera en un periodo de tiempo dado.”

2.3.5.1 TIPOS DE CAPACIDAD

También es importante establecer que las infraestructuras viarias se han clasificado en el manual de capacidad en dos categorías de acuerdo a la circulación:

a) Circulación Continua

La circulación continua es la que no tiene elementos fijos externos que produzcan interrupciones en el mismo.

b) Circulación Discontinua

Se refiere cuando en la estructura se tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas en la circulación vial.

Los términos de circulación continua y discontinua están referenciados a un tipo de estructura y no a la calidad de circulación en un momento dado. De acuerdo al manual de capacidad se establecen diferentes tipos de estructura, de acuerdo al siguiente detalle:

Circulación Continua

- Autopistas
- Carreteras multicarril
- Carretera de dos carriles

Circulación Discontinua

- Intersecciones semaforizadas
- Intersecciones sin semaforizar
- Arterias
- Transporte colectivo
- Peatones
- Bicicletas

La capacidad depende de las condiciones existentes y estas se refieren fundamentalmente a las características de la sección (características geométricas, condición del pavimento, etc.) y las de tráfico (especialmente su composición). Además habrá de tener en cuenta la regulaciones de circulación que existan (limitaciones de velocidad, prohibición de adelantamiento, etc.) las que influirán sobre el tráfico, además de las condiciones ambientales y meteorológicas.

Por lo tanto, la capacidad de una carretera podrá alcanzar un valor máximo cuando sus propias condiciones y las de tráfico sean óptimas, lo que corresponde a una capacidad en condiciones ideales.

2.3.5.2 ANALISIS DE LA CAPACIDAD

En el análisis de la capacidad debemos tomar en cuenta los siguientes factores:

a) CAPACIDAD EN LAS VÍAS ININTERRUMPIDAS

En este grupo están todas las carreteras y autopistas urbanas o rurales para el análisis de la capacidad en vías ininterrumpidas, se tienen valores prácticos establecidos por el manual de capacidad, como la capacidad teórica dada por la siguiente tabla:

Cuadro 1 CAPACIDAD EN VIAS ININTERRUMPIDAS EN CONDICONES IDEALES

CAPACIDAD EN VIAS ININTERRUMPIDAS EN CONDICIONES IDEALES			
TIPO	VIAS DE DOS CARRILES AMBOS SENT.	VIAS DE 3 CARRILES AMBOS SENTIDOS	VIAS DE 4 O MAS CARRILES PARA EL SENT. CORRIENTE
Cap. Básica	2000 veh./h	4000 veh./h	2000 veh./h
Cap. Prac. Urbana	1500 veh./h	2000 veh./h	1500 veh./ h
Cap. Prac. Carret.	900 veh. /h	1500 veh./h	1000 veh./h

Fuente: Cal y Mayor, Ingeniería de Transito

Son varios los efectos que reducen la capacidad en vías ininterrumpidas, de los cuales los más importantes por ejemplo cuantitativo son:

- Ancho de carril
- Obstrucciones laterales o bermas
- Porcentaje de camiones y autobuses

Tanto el ancho de carril como las bermas si no tienen las dimensiones ideales establecidas de acuerdo a normas de diseño que es de 3.65m. para un carril y 1.80m. de berma lateral, cualquier otra dimensión menor dará origen a la reducción de la capacidad ya que se verá afectada la circulación vehicular en su carácter cualitativo y cuantitativo.

La presencia de camiones y autobuses en el volumen de tráfico causa la reducción de la capacidad debido a que estos vehículos tienen la tendencia a circular con velocidades menores, de evitar maniobras frecuentes de rebase y de obstruir la visibilidad a vehículos que van al mismo sentido detrás de ellos.

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

b) CAPACIDAD EN VIAS INTERRUMPIDA

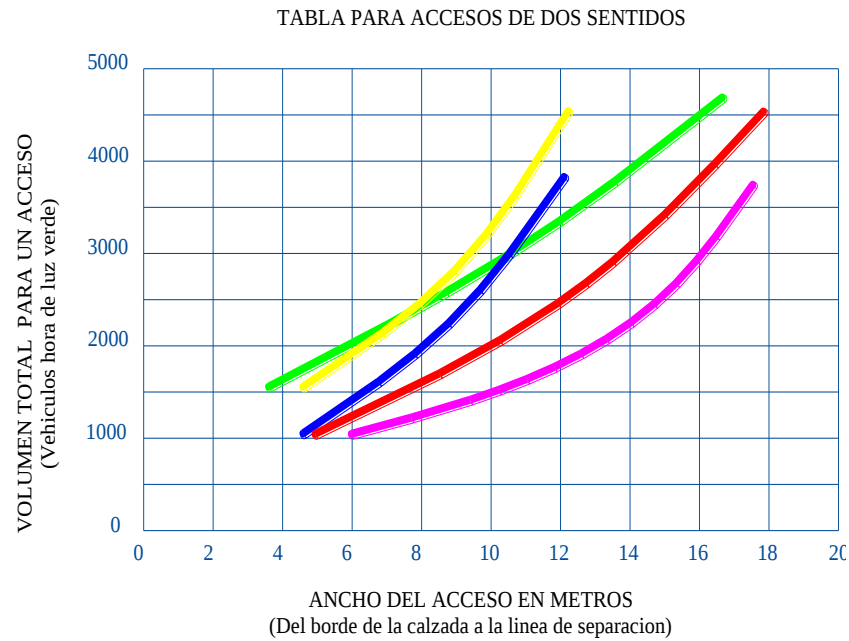
La capacidad en vías interrumpidas se determina en las intersecciones teóricamente existen varios casos de comportamiento, en las intersecciones existen: las intersecciones a nivel, con semáforos, sin semáforos, con carriles suplementarios y sin carriles suplementarios, también existen intersecciones a nivel con y sin interferencias.

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías ininterrumpidas en las calles urbanas se considera a las vías de carácter ininterrumpido debido a que en la circulación existe una serie de factores que producen la paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido, entre esos factores los más importantes son:

- a) Semáforos en intersecciones a nivel.
- b) Agentes de tránsito que guían la circulación en las intersecciones.
- c) Cruce de peatones
- d) Detención de vehículos por diferentes causas.
- e) Detención de minibuses de transporte público para el ascenso y descenso de pasajeros.
- f) Dimensiones de los accesos en una intersección y su capacidad de visibilidad.

Todos estos factores, además de otros de menor incidencia afectan la capacidad vehicular en calles urbanas o vías interrumpidas

Cuadro 2 TABLA PARA ACCESO DE DOS SENTIDOS



Fuente: Semaforización Cornejo A. Guillermo

- Zona Comercial Suburbana y Residencial Intermedia
- Alrededores de la Zona Comercial Estacionamiento Prohibido
- Alrededores de la Zona Comercial Suburbana y residencial intermedia con Estacionamiento permitido
- Zona Central con Estacionamiento Prohibido
- Zona Central Con Estacionamiento Permitido

Cuadro 3 TABLA PARA ACCESO DE UN SOLO SENTIDO



Fuente: Semaforización Cornejo A. Guillermo

- Zona Central con Estacionamiento Prohibido
- Zona Central con Estacionamiento a la Derecha
- Alrededores de la Zona Central Estacionamiento a la Izquierda
- Alrededores de la Zona Central Estacionamiento Ambos Lados
- Zona Central Con Estacionamiento Permitido Ambos Lados

2.3.5.3 NIVELES DE SERVICIO

Dado que la circulación, cuando rebasa la capacidad se realiza condiciones inaceptables de comodidad y seguridad, las carreteras se diseñan para que se circule en mejores condiciones, para ello se emplea estimaciones cualitativas denominadas niveles de servicio.

Estas estimaciones se correlacionan con parámetros medibles que definen características de la circulación que se denominan medidas de eficacia, el manual de capacidad emplea como medida de eficacia la densidad de tráfico (número de vehículos por km. y carril) y la velocidad media de recorrido. Las definiciones de los distintos niveles de servicio son:

NIVEL

- Densidad inferior a 6 veh./km./carril.
- Vehículos no influidos por otros.
- No se forman colas de vehículos.
- Posibilidad de adelantamiento inmediato a vehículos más lentos.

NIVEL B

- Densidad entre 6 y 10 veh./km./carril.
- Vehículos influidos alguna vez por otros
- Se forman pequeñas colas de corta duración en caso incidentes

NIVEL C

- Densidad entre 15 y 20 veh./km./carril.
- Vehículos frecuentemente influidos por otros
- En caso de incidentes pueden producirse congestiones
- Hay dificultad para cambiar de carril

NIVEL C

- Densidad entre 15 y 20 veh./km./carril.
- Vehículos pendientes de los movimientos de los demás
- Cualquier incidente produce una situación de congestión

NIVEL E

- Funcionamiento en capacidad
- Densidad entre 20 – 23 y 30veh./km./carril.
- Marcha en caravana, una incidente produce una congestión total
- Funcionamiento inestable

NIVEL F

- Congestión
- Densidad superior a 30veh./km./carril.
- Grandes demoras con vehículos parados
- Se produce cuando se sobrepasa la capacidad en algún tramo situado delante de la sección afectada

Las definiciones citadas son generales y de tipo conceptual, siendo su aplicación fundamentalmente para la circulación continua. Los niveles de servicio para las vías

de circulación discontinua varían sensiblemente por la percepción de nivel de calidad, por el usuario como por las variables operativas utilizadas para describirlos.

Cuadro 4 TABLA DE NIVELES

NIVEL	FACTOR V/C
A.....	< 0.0
B.....	< 0.1
C.....	< 0.3
D.....	< 0.7
E.....	< 1.0
F.....	> 1.0

Fuente: Semaforización Cornejo A. Guillermo

2.3.5.4 METODOLOGIA DE DETERMINACION DE LA CAPACIDAD

Existe gran complejidad en la determinación de la incidencia de cada uno de estos factores en la capacidad vehicular y no existe una acción individual de cada factor, si no un efecto combinado de varios factores, es por ello que el manual de capacidad de la administración federal de caminos de los Estados Unidos que es la base de estudios de capacidad en la mayoría de países de América, establece una metodología en vías interrumpidas a partir de los siguientes conceptos básicos:

a) Capacidad Básica

Se considera capacidad básica a la capacidad de vehículos que circulan en el ancho de carril de 3.65 m. En un tiempo de una hora, en un determinado punto.

Teóricamente en las vías interrumpidas este valor alcanza un valor máximo de 2,000veh/hr., pero esta hora solo se considera como la hora de luz verde inicialmente el manual considera toda las intersecciones con semáforo, en caso que no existiese se tiene la suposición de que existe un agente de tránsito, en ambos casos existe un tiempo donde se da el flujo libre en el cruce vehicular, y no puede ser medible a esta cantidad de tiempo y se denomina flujo de hora verde.

b) Capacidad Practica

El manual de capacidad de acuerdo a varios estudios de investigación, a determinado dos ábacos o gráficos que nos sirven de base para tener una capacidad teórica considerando que el 10% del volumen es de camiones y omnibuses y el 20% del volumen realiza movimientos de giro de izquierda o derecha, la capacidad practica resulta del producto de la capacidad teórica obtenida de los ábacos por los factores de reducción que están determinados para diferentes casos. Además, se debe tener en cuenta que no todos los vehículos están en circulación continua, es por eso que la capacidad práctica se considera 10% menos que la capacidad básica.

c) Capacidad Real

Es igual a la capacidad básica afectada por los factores de reducción como ser: vehículos pesados, estacionamientos, giros, etc.

Las condiciones ideales para una vía interrumpida son condiciones fijas y variables, entre las condiciones fijas se tiene:

- Ancho de los accesos
- Zona urbana, donde está ubicada la intersección
- Regla de estacionamiento
- Sentido de circulación

Entre las condiciones variables tenemos:

- Vehículos pesados, omnibuses y camiones
- La presencia de paradas de ómnibus
- Movimientos de giros

Existen cuatro casos para el cálculo de la capacidad en las intersecciones con semáforos:

1^{er} CASO: Calles con circulación en ambos sentidos, sin carriles suplementarios ni indicaciones especiales de semáforos para movimientos de giro.

2^{do} CASO: Calles con circulación en ambos sentidos, con carriles suplementarios para movimientos de giro, pero sin indicaciones especiales de semáforos para los mismos.

3^{er} CASO: Calles con circulación en ambos sentidos, con carriles suplementarios e indicaciones especiales de los semáforos para los movimientos de giros.

4^{to} CASO: Calles con circulación en un solo sentido.

CALCULO DE LA CAPACIDAD PARA EL 1^{er} CASO:

Capacidad Básica afectada por el ancho del acceso y por la zona de la intersección además de la prohibición de estacionamientos.

Capacidad Practica será igual a 90% de la capacidad básica.

La determinación de los factores de reducción es la siguiente:

a) Por vehículos pesados (camiones y ómnibus): sustraer el 1% por cada 1% que los ómnibus y camiones pasen del 10% del número total de vehículos, o agregar un 1% por cada 1% en que el numero de minibuses y camiones este por debajo del 10%. En los ábacos se asume que el 10% son vehículos pesados.

b) Por movimientos de giro (giro a la derecha y giro a la izquierda): para giro a la derecha sustraer un 0.5% por cada 1% en que el trafico que gira a la derecha pase del 10% del tráfico total, o añadir un 0.5% por cada 1% en que el trafico que gire a la derecha por debajo del 10% del total (la máxima reducción por giros a la derecha no debe pasar del 10%). En los ábacos se asume que el 10% son giros a la derecha.

Para giros a la izquierda sustraer un 1% por cada 1% en que el trafico que gire a la izquierda pase del 10% del tráfico total, o sumar un 1% por cada 1% en que el trafico que gire a la izquierda este por debajo del trafico total. (la máxima reducción por giros a la izquierda no debe pasar del 20%). La máxima de reducción por giros combinados a la izquierda y derecha no debe pasar del 20%. En los ábacos se asume que el 10% son giros a la izquierda.

- c) Paradas de omnibuses, prohibición de estacionamientos:
- En calles donde el estacionamiento está prohibido.
 - 1) Sin paradas de omnibuses agregar 5%
 - 2) Paradas de omnibuses antes de la intersección restar 10%
 - 3) Paradas de omnibuses después de la intersección restar 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias
 - En calles con paradas de omnibuses donde el estacionamiento está prohibido excepto en el lugar de parada.
 - 1) Si la parada de omnibuses esta antes de la intersección agregar 1% por cada 1% de giros a la izquierda y a la derecha, pero el incremento máximo no debe pasar del 6%
 - 2) Con la parada de omnibuses después de la intersección no hacer ninguna reducción.
 - En calles donde el estacionamiento está permitido
 - 1) Reducir 0.25% por cada 1% de los giros combinados a derecha e izquierda sea del trafico total pero la reducción máxima no debe pasar del 6%.

- En calles donde el estacionamiento está prohibido en una distancia limitada a ambos lados de la intersección

- 1) Donde el estacionamiento este prohibido antes de llegar a la intersección en una distancia mayor o igual que $1.5 \cdot G$., donde G es igual a fase verde en segundos del ciclo del semáforo. Se reduce en normas del 6% o en su caso se reduce la sección del acceso de 3.65 a 3m., entonces se deberá entrara de nuevo a los ábacos

CALCULO PARA EL 2^{do} CASO:

La reducción por vehículos pesados es similar a la anterior.

- Por movimiento de giro:

Por cada carril de giro a la derecha sumar el número de vehículos que gira a la derecha pero sin exceder ya sea de $((600 \cdot G)/C)$ o si no $((D-6)/7.5) \cdot N$, donde C es igual a la duración del ciclo, D es igual a la longitud del carril suplementario y N es igual al número de ciclos del semáforo por horas. Se produce de igual manera que en el primer caso para determinar los porcentajes de reducción.

- Para los carriles de giro a la izquierda:

Sumar el número de vehículos que gira a la izquierda pero sin exceder la capacidad del carril suplementario y reajustar los porcentajes en forma similar al primer caso.
 $((600 \cdot G)/C)$ = capacidad del carril suplementario

CALCULO DEL 3^{er} CASO:

Es aplicable el segundo caso.

CALCULO DEL 4^{to} CASO:

- Omnibuses y camiones :

Sustraer el 1% por cada 1% de los omnibuses y camiones pase del número total de vehículos o agregar 1% por cada 1% que el numero de omnibuses y camiones este por debajo del 10% de tráfico.

- Movimiento de giro

Sustraer el 01.5% por cada 1% en que el trafico combinado que gire a la derecha e izquierda exceda del 20% del tráfico total agregar 0.5% por cada 1% que esté por debajo del 20% del tráfico total, la reducción máxima por giros no debe exceder del 20%.

Sección de una Se define a la *capacidad vehicular* como el número de vehículos máximo que pasa por una calle o carretera en un periodo de tiempo que puede ser normalmente horario o diario.

La capacidad vehicular se determina con el propósito de comparar con el volumen de tráfico que circula por una calle o carretera y establecer un análisis que permita definir la calidad de la circulación, esa calidad de circulación en Ingeniería de Tráfico se ha realizado a través de los Niveles de Servicio.

Todo el estudio y análisis que se hace sobre los valores de los parámetros de tráfico es para conseguir un equilibrio entre los elementos del tráfico que son: el usuario (conductor y peatón), el vehículo y la calle o carretera.

2.4 INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

2.4.1 DEFINICION Y TIPOS

Se consideran Intersecciones semaforizadas las que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen las prioridades de paso por la intersección.

La semaforización de intersecciones puede ser un instrumento eficaz para la reducción de la congestión, la mejora de la seguridad o para apoyar diversas estrategias de transporte (promoción del transporte público, reforzamiento de la jerarquía viaria, potenciación de peatones y ciclistas, etc.).

Prácticamente, cualquier tipo de intersección es susceptible de semaforización. No obstante, un buen aprovechamiento de los sistemas modernos de semaforización puede requerir modificaciones en la localización de las intersecciones y en el diseño de sus elementos (isletas canalizadoras, etc.).

De acuerdo con la forma de regulación que establecen pueden distinguirse los siguientes tipos de sistemas de semaforización:

Sistemas de ciclo y fases de duración prefijada, que se mantienen constantes con independencia de las variaciones de tráfico en sus ramales. No obstante, sus fases pueden variarse desde el centro de control, y coordinarse con las de otras intersecciones.

Sistemas coordinados en "ondas verdes": conjunto de intersecciones con fases prefijadas, pero sincronizadas entre sí, para permitir el movimiento de vehículos sin paradas, a lo largo

de un itinerario, a una velocidad determinada

Sistemas adaptables automáticamente a la demanda, en las que las fases del ciclo varían en función de los datos de la longitud de colas existentes en cada ramal, que son recibidos y procesados por un ordenador. Una forma particular de estos sistemas son los semáforos que mantienen la fase verde en la vía principal hasta que se presenta un vehículo en la secundaria.

Sistemas que conceden prioridad de paso al transporte público, mediante detectores que activan la fase verde de este al aproximarse a la intersección, tornando a fase roja todos los

Movimientos que puedan resultar incompatibles.

Semáforos dosificadores ("ramp metering"). Se trata de semáforos cuyas fases verdes sólo permiten el paso de un vehículo. El número de fases verdes por ciclo puede dosificar la

Intensidad de tráfico que pasa por ellos y suele regularse

Automáticamente en función de la mayor o menor congestión aguas arriba de los mismos. Pueden instalarse en vías de un solo carril (rampas de acceso a autopistas o autovías) o en batería, en el tronco principal de una autopista, sincronizados para que no coincidan sus fases verdes.

Semáforos accionables manualmente por peatones o ciclistas, en los que se activa la fase verde al presionar un mecanismo.

2.4.2 ESPECIFICACIONES

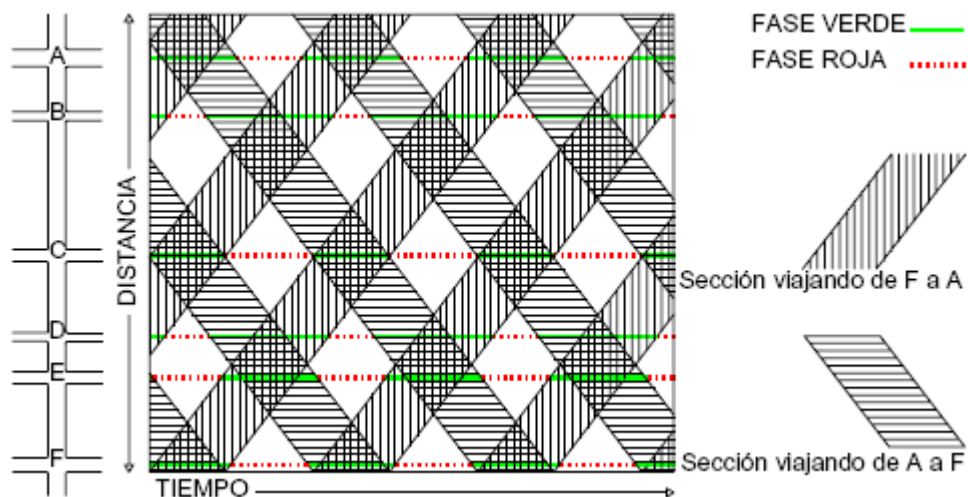
a).- Parámetros geométricos

Se estará a lo dispuesto para las intersecciones convencionales a nivel (Ficha 5.1). No obstante, debe tenerse en cuenta que:

- Deben preverse plataformas de espera dimensionadas en función de las colas previsibles.
- La regulación semafórica con giros a la izquierda requiere carriles de espera y recorridos específicos.
- Los giros a la derecha permitidos en fase roja, deben contar con carriles especiales de espera.

CUADRO 5.2 - 2.3 VELOCIDADES DE ONDA VERDE (km/h), DURACIÓN DEL CICLO (seg) Y DISTANCIAS MÍNIMAS (m) EN INTERSECCIONES (Vías con dos sentidos de circulación)											
<i>D(m)</i> <i>C(s)</i>	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
60 s	24	30	36	42	45	54	60	66	72	78	85
90 s	16	20	24	26	32	36	40	44	48	52	56

D= distancia entre 2 intersecciones consecutivas. C= duración del ciclo
Fuente: CETUR, 1990.



2.4.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Las intersecciones semaforizadas son el tipo de intersección más característico de las áreas urbanas, al proporcionar unas reglas de paso simples y universales. Son aconsejables a partir de ciertos umbrales de intensidad de tráfico, por encima de los cuales las intersecciones convencionales se muestran incapaces de funcionar sin regulación. Como referencia indicativa, la semaforización debe considerarse cuando las intensidades de las vías concluyentes son del orden de los 300 vehículos por hora en cada una, o 500 en la principal y 100 en la secundaria.

La semaforización es especialmente indicada en intersecciones con mala visibilidad. La semaforización es desaconsejable en áreas rurales, sobre carreteras que discurren por campo abierto, debido al cambio que introducen en el régimen de circulación continua. Cuando deban utilizarse en este medio, deben estudiarse con detalle y preñalizarse claramente.

Las ondas verdes son de utilidad, tanto en itinerarios en los que se desea garantizar una buena fluidez del tráfico, como en aquellos en los que se desea contener la velocidad de los automóviles por debajo de un determinado umbral.

Con el primer objetivo, son recomendables en vías urbanas de la red principal, en las que, en general, exigen la supresión de algunas intersecciones o su conversión en convencionales, para conseguir las distancias mínimas que permitan la sincronización de los semáforos en una onda de una determinada velocidad.

Con el segundo objetivo, las ondas verdes son recomendables, también, en vías de la red principal, cuando atraviesan áreas de alta frecuentación peatonal o de intenso tráfico local.

Asimismo, son recomendables en carreteras, a lo largo de travesías de áreas urbanas o suburbanas.

Los sistemas que dotan de prioridad al transporte colectivo son aconsejables en la travesía de intersecciones por carriles bus o sistemas de capacidad intermedia (tranvías, metro ligero, etc.), allí donde se disponga del espacio suficiente para reservarles las bandas de circulación necesarias.

Los semáforos dosificadores son especialmente indicados:

En las rampas de acceso a autopistas y autovías urbanas congestionadas, en las que se quiera evitar las perturbaciones que ocasiona la entrada de grupos de vehículos. Suelen instalarse en puntos, desde los que existen caminos alternativos a la autopista a la que dan acceso, ya que actúan como disuasores de los automovilistas, cuando producen colas (éstas

Deben ser visibles desde el viario próximo). En las rampas dosificadas, es necesario prever las adecuadas plataformas de espera para que las colas no afecten al viario próximo.

En el tronco de autopistas o autovías, son recomendables para regular la intensidad de tráfico antes de la entrada a tramos de menor capacidad (puentes, túneles, etc.) o a áreas urbanas en las que se pretende contener el volumen o la velocidad de los vehículos. En

Ambos casos, el resultado de la dosificación puede ser la formación de colas y, en este sentido, los semáforos dosificadores permiten planificar la localización de estas colas en

Los puntos menos desfavorables y preparar un tramo de vía para acogerlas (con mayor número de carriles, por ejemplo).

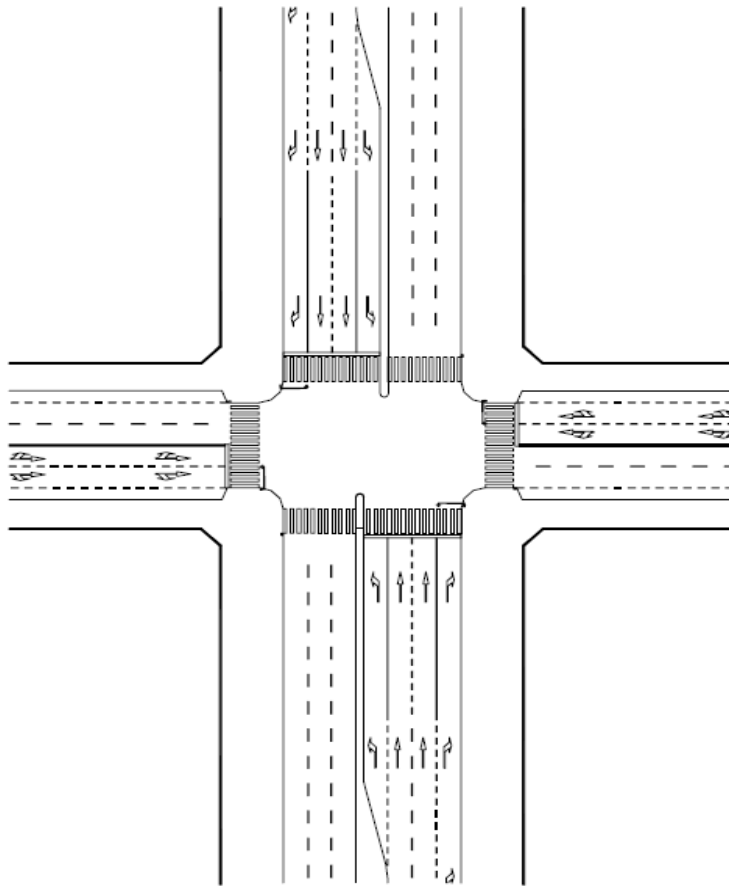


Figura 4 INTERSECCION SEMAFORIZADA TIPO PRINCIPAL

(Fuente: Ayuntamiento de Madrid, 1989 y elaboración propia)

2.5 CAPACIDAD DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS SEGÚN HCM 2000

El método de cálculo de la capacidad más conocido y utilizado es el expuesto en el Highway Capacity Manual preparado en Estados Unidos por el Transportation Research Board. Este método está basado en estudios realizados en este país desde 1935 y ha sido objeto de cinco ediciones, la última en el año 2000. Aunque algunos países han desarrollado métodos de cálculo de la capacidad con técnicas diferentes, en otros muchos (entre ellos España), se ha empleado el manual americano con las

modificaciones que la experiencia ha ido aconsejando para su adaptación a las circunstancias locales.

El Highway Capacity Manual, en su versión del año 2000, define los siguientes

Conceptos:

V: Duración de la fase verde (se permite el paso de vehículos) [seg.]

R: Duración de la fase roja (no se permite el paso de vehículos) [seg.]

T: Ciclo del semáforo = $V + R$ [seg.]

Mientras el semáforo esté en su fase de verde podrá pasar por el acceso un número máximo de vehículos hora, que constituye lo que se denomina **intensidad de saturación**.

Multiplicando esta intensidad de saturación por la relación entre la duración de la fase de verde y la del ciclo se obtiene el máximo número de vehículos que pueden pasar en una hora (**capacidad**).

$C = S \cdot V$ siendo C: Capacidad (vehículos/hora)

S: Intensidad de saturación (vehículos/hora)

V: Duración de la fase de verde (segundos)

T: Duración del ciclo (segundos)

Si en un tramo existen carriles reservados para determinados movimientos, como giros a la izquierda o a la derecha, se estudian separadamente de los demás carriles del acceso. Se forman así dentro de un mismo tramo varios grupos de carriles que se analizan separadamente. El procedimiento para el cálculo de la intensidad de saturación para cada

Grupo es el siguiente:

$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$ siendo S: Intensidad de saturación (vehículos/hora)

N: Número de carriles

$f_a, f_{vp}, f_i, f_e, f_b, f_z, f_{gd}, f_{gi}$: Factores de corrección

cuadro 5 FACTORES DE CORRECCION

Factores de corrección			
f	Corrección por	Fórmula	Variable
f_a	Anchura del carril	$(5,4+A)/9$	A : anchura del carril (m)
f_{vp}	Vehículos pesados	$100/(100+P)$	P : Porcentaje de pesados (%)
f_i	Inclinación de la rasante	$1-I/100$	I : Inclinación de la rasante
f_e	Estacionamiento	$1-(0.1+M/20)/N$	M : Movimientos de estacionamiento en una hora
f_b	Paradas autobús	$1-B/(250N)$	B : Autobuses que paran por hora
f_z	Situación	$(0,9-1)$	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
f_{gd}	Giros a la derecha	$1 - 0.15P$	P : Proporción de vehículos que giran a la derecha
f_{gi}	Giros a la izquierda	$1/(1+0.05P)$	P : Proporción de vehículos que giran a la izquierda

. Factores de corrección para el cálculo de la intensidad de saturación. Fuente: HCM 2000

A pesar que no se disponen de los datos necesarios para la validación del modelo, si que es cierto que se encuentran a faltar parámetros como la presencia o no de carril bus o la consideración de las paradas en doble fila.

2.5.1 SIGNIFICADOS DE FORMAS Y COLORES

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. las formas de las señales son: circulares , rombos y rectangulares, y sus colores son: rojo, azul, amarillo y verde. las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales restrictivas. Las señales de pare y ceda el paso son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

Las señales compuestas básicamente por un rombo amarillo, significan una prevención y pertenecen al grupo de las señales preventivas.

Las señales compuestas básicamente por un rectángulo significan una información y pertenecen al grupo de las señales informativas. Estas señales tienen dos colores básicos, el color azul que significa información general y el color blanco o verde que significa información de identificación y destino de las carreteras.

2.5.2 TIPOS DE SEÑALES Y SU DISTRIBUCIÓN

Señales Verticales

Señales Horizontales

2.5.2.1 Señales Verticales

Son las señales que están construidas sobre placas metálicas y están apoyadas sobre postes y colocadas de tal manera que sean visibles al conductor para que le sirvan a este como apoyo a cumplir normas de tránsito y a informarle sobre algunas condiciones necesarias para un conductor. Dentro de las señales verticales se ha realizado una clasificación teniéndose:

Señales Restrictivas

Señales Preventivas

Señales Informativas

a) Señales Restrictivas

Las señales restrictivas, identificadas con el código SR, tienen como función expresar en la carretera o calle alguna fase del Reglamento de Tránsito, para su cumplimiento por parte del usuario. En general, tienden a restringir algún movimiento del mismo, recordándole la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada. Infringir las indicaciones de una señal restrictiva acarreará las sanciones previstas por las autoridades de tránsito.

Las señales restrictivas de acuerdo a su uso se clasifican en los siguientes grupos:

De derecho de paso o de vía.

De inspección.

De velocidad máxima o mínima.

De movimientos o circulación.

De mandato por restricciones y prohibiciones.

De estacionamiento.

El tablero de las señales restrictivas será de forma *cuadrada* con las esquinas redondeadas, excepto las señales de “PARE”, que tendrá forma *octagonal*, y “CEDA EL PASO”, que tendrá forma de un *triángulo equilátero* con uno de sus vértices hacia abajo. Las señales que requieran una explicación complementaria, además del símbolo llevarán un tablero adicional de forma *rectangular* con las esquinas redondeadas, colocado en su parte inferior formando un conjunto.

El color del fondo de las señales restrictivas será *blanco* en acabado reflejante o mate.

El anillo y la franja diagonal en *rojo*, y el símbolo, letras y filete en *negro*, excepto las

señales de “PARE” y “CEDA EL PASO”. La señal de “PARE” llevará fondo *rojo* con letras y filete en *blanco*. La señal de “CEDA EL PASO” llevará fondo *blanco*, con letras en negro y franja perimetral en *rojo*.

La ubicación *longitudinal* de las señales restrictivas será en el punto mismo donde existe la restricción o prohibición. En sentido *lateral* las señales se fijarán en uno o dos postes colocados a un lado del acotamiento en carreteras y sobre la banqueta en calles, a la distancia y alturas que se especifican en la figura.



Figura 5 SEÑALE RESTRICTIVAS

b) Señales Preventivas

Las *señales preventivas*, son aquellas cuyo objetivo es el de definir las zonas o lugares donde el conductor debe tener precaución ante la presencia de un obstáculo o algún elemento que requiera precaución por parte de los conductores estas señales tienen una codificación SP-N°. Existiendo alrededor de 50 señales preventivas que

pueden utilizarse con diversos objetivos como ser en la prevención de badenes, curvas cerradas, pendientes, zonas escolares, rotondas, velocidad restrictiva, etc.

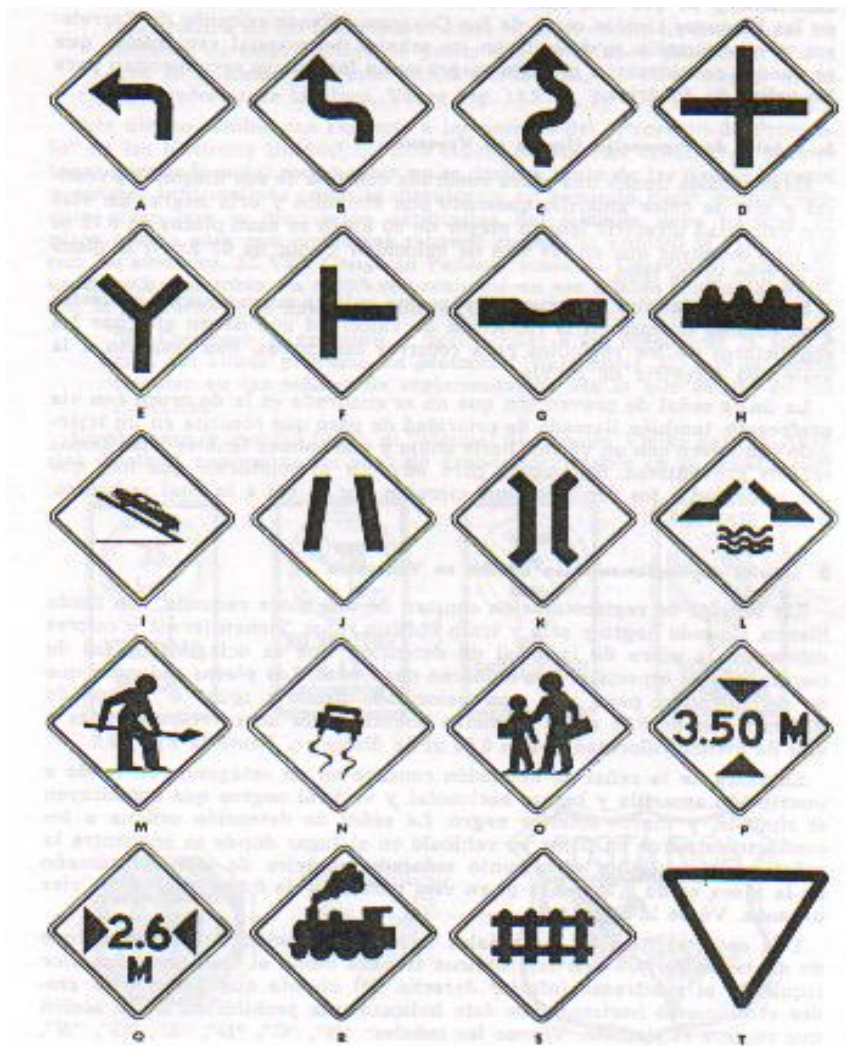


Fig. 13.5 – Señales de prevención del manual venezolano. A - curva fuerte a la izquierda, B - curvas fuertes en reverso, C - curvas consecutivas, D - intersección de vías, E y F - empalmes, G - depresión, H - pavimento irregular, I - descenso peligroso, J - calzada angosta, K - puente angosto, L - puente levadizo, M - vía en reparación, N - calzada resbaladiza, O - zona escolar, P - altura limitada, Q - ancho limitada, R - cruce de ferrocarril sin barreras, S - cruce de ferrocarril con barrera, T - cruce con vía preferente.

Figura 6 SEÑALES PREVENTIVAS

c) Señales informativas

Estas señales tienen como objetivo servir de elementos informativos a los conductores y usuarios en general sobre algunas características a lo largo de una carretera o calles urbanas como ser presencia de gasolineras teléfonos de emergencia aeropuertos, paradas de ómnibuses , direcciones de flujo , kilometraje. Este tipo de señales recibe la codificación de SI-Nº dentro de las normas de señalización vial.

En este tipo de señales existe mayor diversidad debido a objetivos de información por lo tanto cada objetivo puede dar origen a una señal informativa.

La disposición de las señales informativas tienen una mayor diversificación y están ubicadas de acuerdo a las necesidades que se tengan de información en carreteras o calles, influye también el tipo de carretera, cuando la carretera es de mayor ordenes probable que se tengan mayor disposición de señales informativas , por el contrario si la carretera es de menor categoría la cantidad de señales informativas disminuirá considerablemente, la dispersión en las carreteras al igual que el resto de las señales como mínimo será a 60m de la ubicación que esté marcando la señal e inclusive puede repetirse la señal informativa antes del lugar especificado hasta 2 o mas veces colocando una leyenda debajo de la señal que indique el acercamiento al lugar indicado .

Este tipo de señales se dividen en dos grupos las *comunes* y las *especiales*



Figura 7 SEÑALES INFORMATIVAS

2.5.2.2 Señales horizontales

Son aquellas que van dispuestas como marcas sobre el pavimento cuyo objetivo en general es de coadyuvar a la señalización vertical en los aspectos de prevención, restricción y alguna vez en información, estas marcas solo utilizan dos colores el blanco y el amarillo, universalmente se disponen de las señales o marcas pintado de blanco las que pueden cruzados por los vehículos, mientras que las señales o marcas que tienen color amarillo se consideran restrictivas a la circulación o cruce por ellas. Las dimensiones que tienen estas marcas son particulares en cada caso de las cuales veremos algunas de ellas como ser:

Rayas centrales

Rayas limitadoras de la calzada

Rayas separadoras de carriles

Rayas canalizadoras

Rayas de parada

Rayas de cruce para peatones

Rayas de aproximación a obstáculos

Marcas en cruces de ferrocarriles

Marcas reguladoras para uso de carriles

Marcas de estacionamiento permitido

Marcas para estacionamiento prohibido

Marcas indicadoras de peligro

Marcas limitadoras de isletas

Las marcas se clasifican por su forma y color en tres grupos diferentes:

Las rayas de color amarillo pintadas sobre pavimento en forma continua, significan una PROHIBICIÓN, ningún vehículo deberá rebasar o cruzar estas rayas.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en caso del adelantamiento o cambio de carril.

Debiendo abstenerse de cruzar las rayas continuas excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada indicando una precaución.

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma oblicua significan PELIGRO. Los vehículos podrán continuar su marcha pero el conductor deberá tomar precaución para detectar el peligro existente que se aproxima.

a) LÍNEA DE PARADA

La raya de parada es un segmento blanco que cruza toda la calzada de la calle o carretera, tiene como objetivo delimitar la línea donde los vehículos deben efectuar la parada antes de cruzar la intersección este segmento tiene las dimensiones del ancho de 0.40 a 0.50 m. y de longitud del ancho de la calzada, debe estar situada en intersecciones con cruce de peatones a 1 m o 1.2 m. de la marca de peatones, y en intersecciones donde no hay marca de cruce de peatones el eje de la línea de parada deberá interceptar al extremo del ochave, para garantizar la visibilidad de los vehículos que realizan la acción de parada esta señal lo marca debe estar complementada en el extremo derecho del sentido de circulación por una señal vertical de PARE

b) LÍNEA DE CRUCE DE PEATONES

Las rayas de cruce de peatones es una franja de segmentos pintados y no pintados en forma intercalada o en su caso es una franja delimitada por dos líneas blancas las cuales delimitan el área para cruce de peatones.

El objetivo como su nombre o indica es de permitir que en cada intersección existe un área para el cruce de peatones donde no sea expuesta su seguridad.

Esta señal debe ir a partir de 1 a 1.20 m. de la línea de cordón de la calle transversal y puede tener una amplitud de 1 a 4m. Dependiendo del tipo de intersección y la visibilidad de los ochaves los segmentos pintados tienen un ancho entre 0.30 y 0.50 m y deben ir en todo el ancho de la calzada. La ubicación de los cruces de peatones es obligatoria, en intersecciones semaforizadas, en intersecciones colindantes a flujos peatonales importantes, como ser colegios, mercados, edificaciones deportivas, etc. En intersecciones donde el flujo peatonal no es importante se puede restringir de esta señal, como también en aquellas intersecciones donde no se disponga del espacio suficiente.

c) LÍNEAS DE APROXIMACIÓN

La raya de aproximación es una línea amarilla que va en dirección de los ejes inmediatamente antes a la raya de parada su objetivo es de mostrar al conductor la longitud necesaria para una operación de frenado, es decir la longitud de esta raya de aproximación debe ser la distancia de visibilidad para parar cuyo valor está dado por la siguiente relación

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

donde:

V = velocidad de circulación media (km/h)

t = tiempo de reacción y percepción que varía entre 1.5 y 2s

f = factor de fricción neumática calzada normalmente para diseño se toma 0.4 y pendiente longitudinal.

Estas líneas de aproximación pueden ser más de una si existen varios carriles y siempre de la misma longitud.

d) LÍNEA DE DELIMITACIÓN DE CARRILES

La línea divisoria de carriles es una línea segmentada de color blanco cuya separación entre segmento pintado o no pintado debe ser en lo posible 0.6 m.

Uno de los más usuales es 3 m. pintados 5 m. sin pintar y 3 m. pintados.

Cuanto mayor es la velocidad de circulación puede ser mayor la separación entre segmentos pintados, en ciudades normalmente la velocidad de circulación son bajas por lo tanto la relación puede ser igual.

e) LÍNEA DE DELIMITACIÓN DE SENTIDOS

En cales o carretera de dos sentidos la separación se realiza con una franja amarilla de 0.10 a 0.15 m. de ancho, en el eje cuando son un carril por sentido.

Si el número de carriles es mayor a uno por sentido la franja será doble dejando un espacio entre ambas también de 0.1 m. En carreteras para permitir una mayor visualización de franjas de restricción de cruce se mantienen que la línea de separación de sentidos sea también segmentada y de color blanco.

f) LÍNEA DE RESTRICCIÓN DE CRUCE

Las líneas de restricción de cruce generalmente son marcadas en carreteras con el objetivo de restringir el cruce de un carril a otro de los vehículos con el objeto de dar seguridad en las maniobras de sobrepaso estas están dadas en función de la distancia de visibilidad para pasar y en curvas la distancia de visibilidad horizontal.

Son líneas de color amarillo de ancho 0.1 m. que van paralelas a la línea de eje pudiendo ir a la izquierda o derecha, o ambas.

g) MARCAS DELIMITADORAS DE ISLETAS

Las isletas son pequeños espacios que forman parte de la calzada, y sirven para canalizar y separar el tránsito de una intersección. El contorno de estas isletas puede estar definido por un bordillo elevado unos centímetros por encima del pavimento o estar definido mediante rayas pintadas de color blanco sobre la calzada al mismo nivel del pavimento.

Las isletas, ya sea con o sin bordillos deben ser respetadas y ningún vehículo puede ingresar a sus áreas

h) MARCAS DE ESTACIONAMIENTO PERMITIDO

Las marcas de estacionamiento permitido son aquellas que están pintadas de color blanco sobre la calzada, su objetivo es delimitar los espacios para cada vehículo en zonas donde el estacionamiento está permitido. Su forma y orientación indican el tipo de posición para el estacionamiento, ya sea en línea o en batería. Ningún vehículo deberá ocupar o invadir el espacio contiguo destinado al estacionamiento de otro vehículo.

i) MARCAS DE ESTACIONAMIENTO PROHIBIDO

Las marcas amarillas de estacionamiento prohibido son aquellas que están pintadas sobre los bordillos de las calzadas, en el costado y parte superior de estos, formando una raya continua a lo largo de la zona donde el estacionamiento está prohibido todo el tiempo, tales como: entradas de vehículos, paradas de colectivos, zonas colindantes con esquinas y otras zonas donde se aplique esta prohibición.

j) MARCAS EN CRUCE DE FERROCARRILES

Las marcas que se encuentran al acercarse a un cruce de ferrocarriles o paso a nivel, forman un conjunto de rayas, símbolos y letras que anuncian la existencia de dicho peligro. La línea central continua de color amarillo prohíbe el adelantamiento o cambio de carril a los vehículos que se aproximan al cruce en las siguientes dos rayas blancas perpendiculares al carril, entre las que existe una cruz con las letras “F” “C” pintadas de color blanco que indica la proximidad de peligro, y por último la doble raya de color blanco que atraviesa el carril justamente en el lugar del cruce que señala el lugar de parada.

k) RAYAS DE APROXIMACIÓN A OBSTÁCULOS

Las rayas blancas, o amarillas de aproximación son aquellas que están pintadas en la calzada a lo largo del pavimento, en forma continua de acuerdo a la ubicación del obstáculo. Sirven para anunciar la existencia de un peligro y al mismo tiempo canalizar el tráfico, desviándolo del obstáculo que representa un peligro. El conductor al encontrarse con estas rayas debe mantener su vehículo en el centro del carril y fuera de la demarcación que rodea al obstáculo.

l) RAYAS CANALIZADORAS

Las rayas canalizadoras son aquellas que están pintadas en la calzada a lo largo del pavimento en forma continua de color blanco y sirven para canalizar el tránsito cuando existe una irregularidad en la distribución de los carriles, o cuando existen carriles adicionales exclusivamente utilizados para giros en las intersecciones. El conductor de un vehículo seleccionará el carril que le llevara a su destino y mantendrá su vehículo sin salirse de él durante el tramo limitado por estas rayas canalizadas

2.6 SEMAFORIZACIÓN

2.6.1 DEFINICION

La semaforización es una parte de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es dotar de un dispositivo que permita regular el tráfico por medio de señales luminosas y a través de dispositivos especialmente creados con este fin, denominados semáforos.

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tránsito y el paso de peatones que cruzan las calzadas.

La instalación de los semáforos está en función de otros factores de tráfico como son: los volúmenes, la capacidad, la señalización, etc. ..

Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

La colocación, la distribución y el modo de operar de los semáforos necesariamente deben responder a las condiciones de cada una de las intersecciones donde van a ser colocadas.

La finalidad de los semáforos es detener y dar vía libre a vehículos y peatones a diferentes tiempos y en diferentes direcciones.

2.6.2 TIPOS DE SEMAFOROS

Existen diversos tipos de semáforos en función del factor operacional, entre ellos tenemos:

- a) SEMÁFOROS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR.
- b) SEMÁFOROS PARA PEATONES.
- c) SEMÁFOROS ESPECIALES.

a) SEMÁFOROS PARA CIRCULACIÓN VEHICULAR

Los semáforos para circulación vehicular son aquellos que están destinados exclusivamente para regular la circulación vehicular. Un semáforo de este tipo está constituido por un poste o pedestal y por una cabeza que a su vez está constituida por un número determinado de caras y cada cara tiene tres o más unidades ópticas o focos formada cada una de ellas por un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso.

La distribución del número de caras depende exclusivamente del número de sentidos de circulación de las arterias que concurren a la intersección y de la posición del semáforo dentro de la intersección. En calles de dos sentidos normalmente se utilizan los semáforos de una o dos caras, en calles de dos o más sentidos se utilizarán semáforos de dos o más caras.

Significado de los colores del semáforo

En cada cara se constituyen tres o más focos o lentes de los cuales tres son considerados básicos que son: ROJO, ÁMARILLO Y VERDE.

La función del foco de color VERDE que el tránsito vehicular que observe esta luz puede seguir de frente o girar a la derecha o a la izquierda, a menos que una señal prohíba algún giro.

El foco de color AMARILLO advierte que inmediatamente después aparecerá el color rojo, el conductor si aun puede; debe detenerse, es un foco o lente de precaución que de alguna manera de un tiempo de reacción al conductor.

El foco de color ROJO indica que el tránsito frente a ese color debe parar antes de la línea de parada y permanecer detenido hasta que aparezca el color verde.

Aparte de estos tres focos básicos existen algunos adicionales o complementarios como ser: el verde con flecha de frente, verde con flecha de giro, rojo o amarillo intermitente.

El foco de color VERDE CON FLECHA DE FRENTE, indica que el conductor que vea esta señal debe seguir su circulación de frente sin ningún tipo de giro.

El foco de color VERDE CON FLECHA DE GIRO a la izquierda o derecha indica al conductor que su circulación debe realizarla haciendo necesariamente el giro en sentido de la flecha. Normalmente este tipo de señal puede ser utilizada cuando se quiere separar la circulación de frente con la circulación con giro a la izquierda o a la derecha.

En algunos casos especiales existen semáforos con focos intermitentes, si este es rojo significa una indicación de que el conductor debe parar inmediatamente, si es amarillo es una señal de precaución para indicar que inmediatamente seguirá el foco rojo o verde.

Ubicación de los Semáforos

En una intersección el número mínimo de caras de un semáforo que puede existir es dos, si es que existen dos sentidos de circulación, estas caras deben ser adecuadamente ubicadas de tal manera que el conductor en todo momento pueda visualizar la intersección

.

Las cabezas de los semáforos pueden instalarse sobre postes fijos, postes con ménsula, sobre cables colgantes arriba de la vía, etc... La determinación de la ubicación está en función del espacio físico disponible y la visibilidad hacia el conductor.

Cuando el espacio físico disponible es adecuado se recomienda los postes fijos o con ménsula corta, si la intersección tiene una amplitud demasiado grande se recomienda el tipo de semáforos sobre postes con ménsula larga ó los semáforos colgados.

La cabeza del semáforo debe estar a una altura de 2.40 metros como mínimo y 4.50 metros como máximo sobre el nivel de la acera.

Los semáforos colgantes deben estar a una altura de 4.50 metros como mínimo y 5.20 metros como máximo sobre el nivel de la calzada.

Los semáforos sobre postes deben situarse lo más cerca al borde de la acera, aproximadamente a 0.60 metros, donde no hay acera el semáforo sobre el poste debe instalarse inmediatamente después de la berma.

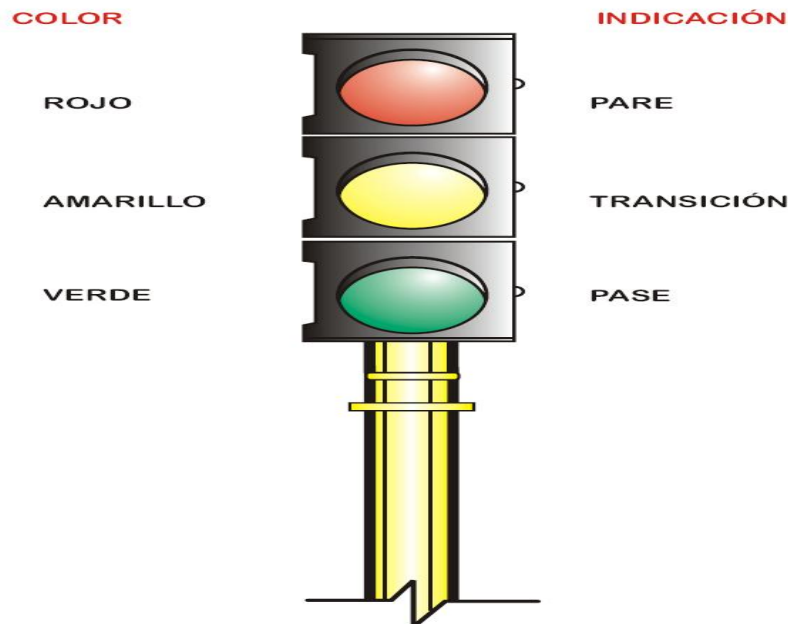


Figura 8 POSICION DE LAS LENTES EN UN SEMAFORO DE TRES LUCES

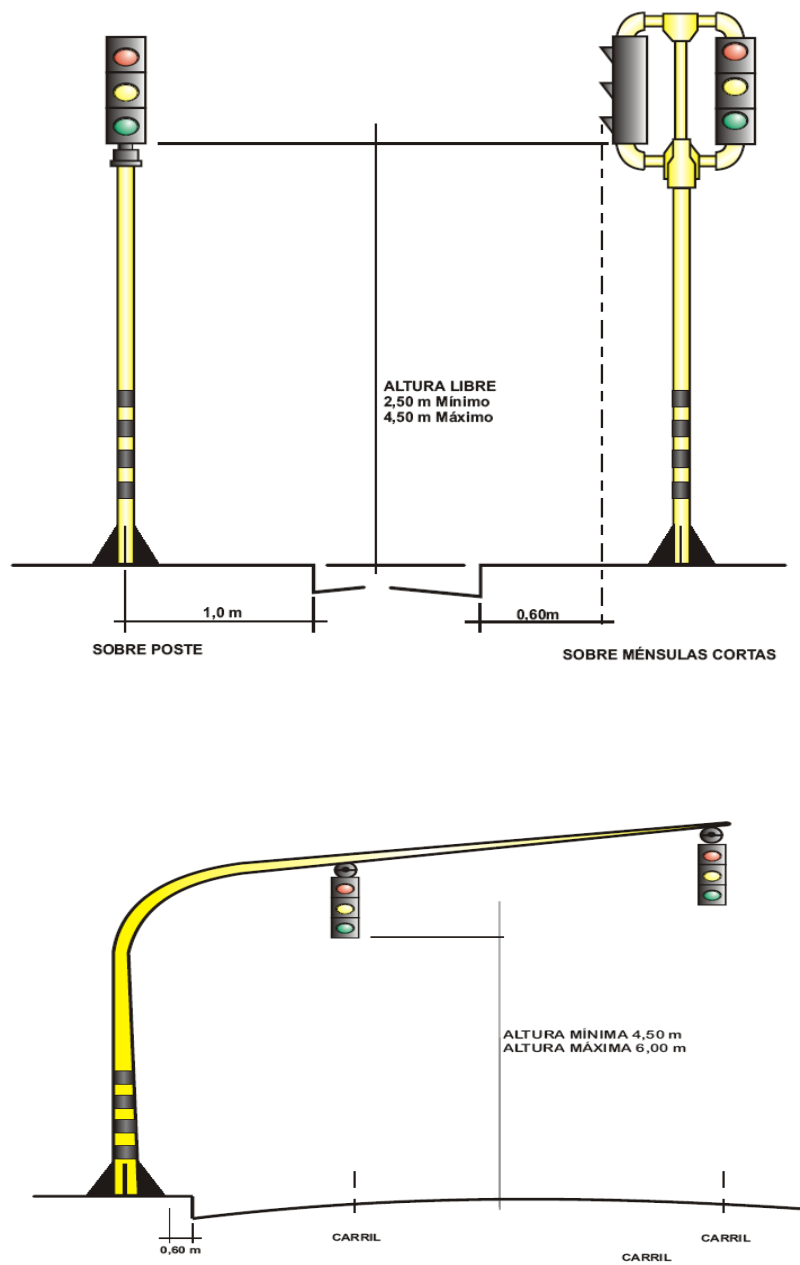


Figura 9 SEMAFOROS MONTADOS EN UNA MENSULA LARGA

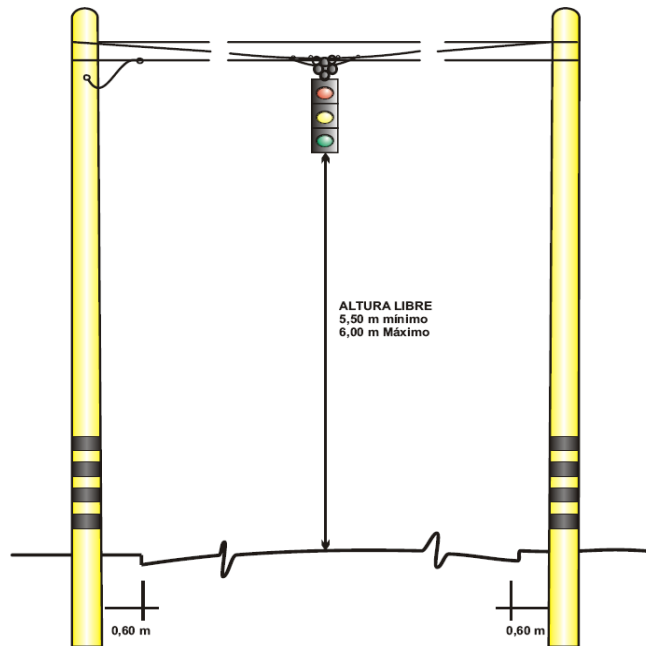


Figura 10 SEMAFORO MONTADO SUSPENDIDO POR CABLE

SEMÁFOROS PARA CIRCULACIÓN VEHICULAR

De acuerdo a la forma de operación del semáforo se clasifican en dos tipos:

- Semáforos de tiempo predeterminado.
- Semáforos accionados por el tránsito.

Semáforos de tiempo predeterminado

Este tipo de semáforos son aquellos que distribuyen o regulan la circulación de tráfico en función de secuencias preestablecidas, donde la relación total del ciclo;

considerado como la duración total de los tiempos de los diferentes focos que componen una cara; cuyo valor mínimo debe ser de 30 segundos y como máximo de 120 segundos.

En la mayoría de los casos se utiliza un valor fijo del tiempo de ámbar o amarillo, normalmente de 5 segundos, y en función de los volúmenes de flujo en ambos sentidos se determina proporcionalmente los tiempos de rojo y de verde.

Este tipo de semáforos; una vez establecido el tiempo de los ciclos de cada foco tiene un accionar automático al que debe regirse la circulación del tráfico.

Las ventajas de los semáforos de tiempo predeterminado son las siguientes:

- Facilitan la coordinación del sistema de semáforos.
- El funcionamiento de los semáforos no se ve afectado por anomalías que pudieran ocurrir en la circulación.
 - Proporcionan una gran eficiencia en áreas con importante movimiento peatonal.
- Su instalación y mantenimiento es más económico comparado con los semáforos activados por el tránsito.
- Se adaptan fácilmente en aquellas intersecciones cuyos volúmenes son estables y cuyas variaciones son pequeñas.

Los parámetros más importantes que definen la funcionalidad de los semáforos de tiempo predeterminado son los siguientes:

El número de vehículos que entran a la intersección por cada vía de acceso durante el día.

Los volúmenes de vehículos para cada movimiento del tráfico; clasificados de acuerdo al tipo (camiones, vehículos livianos, vehículos de transporte público, automóviles, etc.).

El volumen peatonal que se tiene en las intersecciones.

El levantamiento planimétrico de las condiciones físicas de la intersección.

Un diagrama de accidentes de cada intersección para determinar la cantidad y la gravedad de los mismos.

Semáforo accionado por el tránsito

Es aquel en que los intervalos de tiempo varían en función de la demanda del tráfico.

Las ventajas de este tipo de semáforo son las siguientes:

- Son más adecuados cuando las variaciones de flujo en cuestión de volúmenes son importantes.
- Proveen una máxima eficiencia en intersecciones de calles principales con arterias secundarias.
- Son adecuados en aquellos puntos donde el semáforo solo se justifica en algunas horas del día.

b) SEMÁFOROS PEATONALES

En lugares donde la población peatonal que circula por las arterias es en alto número, se recomienda la utilización de semáforos peatonales que tienen como propósito exclusivo ordenar el tránsito de peatones en intersecciones semaforizadas.

Para la proyección de semáforos peatonales se deben cumplir ciertas condiciones como ser:

- a) Establecer y verificar que el volumen de peatones es mayor al mínimo establecido en las condiciones para semaforizar.
- b) Cuando debe prever una fase exclusiva para el tránsito peatonal en una ó en varias direcciones con la detención del tráfico.
- c) Cuando los movimientos de giro a la derecha y giro a la izquierda son tan complicados que exigen una fase semi exclusiva para ordenar el tránsito peatonal.

Normalmente un semáforo peatonal está compuesto de dos luminarias, una roja y otra verde que indiquen pase o alto respectivamente, son en su generalidad de constitución rectangular o cuadrática apoyadas generalmente sobre postes de menor altura con relación a los semáforos vehiculares en dirección longitudinal al flujo peatonal que va a cruzar la intersección.

La iluminación de las señales puede ser mediante lámparas incandescentes o tubos de neón.

Cuando la señal verde está iluminada significa que está permitida la circulación en ese sentido por dicho carril.

Semáforos en puentes levadizos

Se usan en combinación con las barreras de detención. Estas señales van complementadas con campanas que funcionan con la. Indicación roja, dando así un aviso, adicional a los conductores.

Si la velocidad de aproximación es mayor de 40 Km./h las lentes tendrán un diámetro de 0.30 metros.

Las señales deben estar ubicadas a no, más de 30 metros ni a menos de 15 metros adelante de la barrera de detención.

No menos de 15 segundos antes de cerrarse las barreras y levantarse el tramo móvil y el semáforo cambiarán de verde a amarillo y a rojo sucesivamente. Mientras esté cerrada la barrera los semáforos estarán en rojo permanente y recién después de bajar el tramo móvil y de abrir las barreras, la indicación cambiará a verde.

Normas para la instalación de semáforos

Los semáforos de tiempo predeterminado deben ser instalados si cumplen con las siguientes condiciones:

2.6.2.1 CONDICIÓN DE VOLUMEN MÍNIMO

Es recomendable la utilización e instalación de semáforos cuando se exceden los volúmenes durante un periodo de día promedio dado por la siguiente tabla:

Cuadro 5 VOLUMENES MINIMOS

NUMERO DE	CARRILES	VOLUMEN	HORARIO
CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA	CALLE PRINCIPAL	CALLE SECUNDARIA
1	1	500	150
2 ó más	1	600	150
2 ó más	2 ó más	600	200
1	2 ó más	500	200

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

Cuando la intersección se encuentra en poblaciones menores de 100000 habitantes, la condición de vehículos mínimos responde al valor del 70% de la tabla.

2.6.2.2 CONDICIÓN DE VOLUMEN MÍNIMO DE PEATONES

Se recomienda la instalación de semáforos de tiempo predeterminado cuando los volúmenes de peatones excedan a los siguientes valores de la tabla:

Cuadro 6 VOLUMENES MINIMOS DE VEHICULOS Y PEATONES

TIPO DE INTERSECCIÓN	VEHÍCULOS / CALZADA NO DIVIDIDA	HORA CALZADA CON CANTERO	TOTAL PEATONES / h
Fuera de área escolar	600	1000	150
En área escolar	800	800	250

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

2.6.2.3 CONDICIÓN DE DEMORAS EN EL TRÁFICO

Si en tráfico en la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla, pero los volúmenes de la arteria principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra demoras excesivas.

Esta condición recomienda que la instalación si exceden los valores de la siguiente tabla.

Cuadro 7CONDICION N| 3 VOLUMENES MINIMOS

NUMERO DE PRINCIPAL	CARRILES SECUNDARIA	VOLUMEN PRINCIPAL	HORARIO SECUNDARIA
1	1	750	75
2 ó más	1	900	75
2 ó más	2 ó más	900	100
1	2 ó más	750	100

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

2.6.2.4 CONDICIÓN DEL 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; esta condición de movimiento coordinado exige que:

- a).- 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.
- b).- Si en una calle de doble sentido los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado deben proporcionarse semáforos intermedios a fin de lograr un funcionamiento eficiente del sistema.

2.6.2.5 CONDICIÓN DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

En general se estima que los semáforos deben reducir las tasas de accidentes, por lo tanto se considera conveniente la instalación de semáforos si se considera que esto aumentará en seguridad al conductor y peatón y disminuirá el número de accidentes.

Para ello es necesario que se verifiquen los siguientes eventos:

- a.- Que se presenten en el término de un año no menos de cinco accidentes que se puedan evitar mediante la semaforización.
- b.- Que no exista otra medida preventiva.
- c.- Que los valores de demanda de las tres primeras condiciones sean superiores en 80% a los expresados en las tablas.

En la práctica no siempre se puede cumplir con todas las condiciones, la justificación de la semaforización de un sector urbano o de toda la ciudad podrá realizarse por lo menos argumentando con dos de las condiciones, cabe destacar que cuando se instalan los semáforos sin cumplir estas condiciones es posible que como resultado se obtenga una menor eficiencia en la circulación del tráfico y un aumento en la tasa de accidentes.

2.7 CICLOS Y FASES

Un semáforo deberá tener un análisis sobre la duración total del ciclo y la distribución de tiempos entre las fases. La opción del tiempo de ciclo es delicado y muy difícil de determinar en forma óptima, solo la experiencia del proyectista y la experiencia en otros trazos urbanos ya semaforizados podrán dar una pauta para la adopción del tiempo de ciclo.

El empleo de ciclos excesivamente largos y una inadecuada distribución de tiempos de la fase hacen perder la eficiencia en la circulación del tráfico y disminuye a las condiciones de seguridad.

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

- a.- Volumen de demanda vehicular.
- b.- Composición del tráfico.
- c.- Volumen de demanda peatonal.
- d.- Movimientos de giro.

2.7.1 DURACIÓN TOTAL DEL CICLO

Es difícil determinar en forma óptima el tiempo de ciclo, sin embargo para fines de diseño con las experiencias recogidas se establece el rango en el cual puede adoptarse el tiempo de ciclo es de 35 y 120 segundos.

2.7.2 TIEMPO DE FASE AMARILLA

La fase amarilla, cuyo objetivo es de prevención al conductor a que aparezca la fase roja o verde en la cual debe detener y arrancar el vehículo respectivamente, debe tener suficiente tiempo para que el conductor perciba el aviso y reaccione produciendo la acción. El punto crítico al aparecer la luz amarilla es cuando el conductor está a una distancia de la intersección igual a la de frenado, En ese momento el conductor puede optar por frenar o por continuar su marcha, si decide seguir debe tener un tiempo de luz amarilla que le permita recorrer dicha distancia y al ancho de la intersección.

En la práctica se dan los siguientes valores de tiempo recomendables para los tiempos de fases amarillas.

Cuadro 8 VALORES DE TIEMPO DE FASE AMARILLA

VALORES DE TIEMPO DE FASE AMARILLA		
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km./h)	TIEMPO DE FASE AMARRILLA SEG.	
	ANCHO DE LA INTERSECCION	
	15m.	20m.
30	3,4	4
40	3,3	3,8
50	3,5	3,9
60	3,8	4,1

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

Como se puede ver en la tabla los valores para la fase amarilla están entre 3 y 4 segundos, sin embargo esta tabla sólo considera a un vehículo en posición crítico, pero en la práctica puede darse hasta 2 ó 3 vehículos en posición crítica, lo que permite establecer que el rango para la fase amarilla pueda llegar hasta 8 segundos.

2.7.3 DISTRIBUCIÓN DE FASE VERDE Y FASE ROJA

Los tiempos de fase verde y fase roja deben ser determinados en proporción a los volúmenes de circulación en el sentido de la fase roja como en el sentido de la fase verde. El caso mas sencillo se presenta en una intersección aislada donde se tiene definido un tiempo de ciclo adoptando el tiempo de fase amarilla que puede ser igual o diferente, los tiempos de fase verde y roja estarán determinados por la proporcionalidad de sus volúmenes como se indica en las relaciones anteriores y las fórmulas siguientes.

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

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

$$\frac{V_A * t_a}{t_{VA}} = \frac{V_B * t_{a'}}{t_{VB}}$$

Donde:

V_A = Volumen del acceso A

V_B = Volumen del acceso B

t_{VA} = Tiempo fase verde del acceso A t_{VB} = Tiempo fase verde del

acceso B

t_a = Tiempo fase amarillo acceso A

$t_{a'}$ = Tiempo fase amarilla acceso B

2.7.4 COORDINACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

Debido a la variabilidad que se tiene en los volúmenes de circulación de vehículos, en la composición de los volúmenes; en las características físicas de los trazos urbanos, en el sentido que tienen las direcciones de flujo; se debe realizar una coordinación del sistema de semáforos. Esta coordinación estará orientada a ver si el sistema va a ser simultáneo, alterno o progresivo.

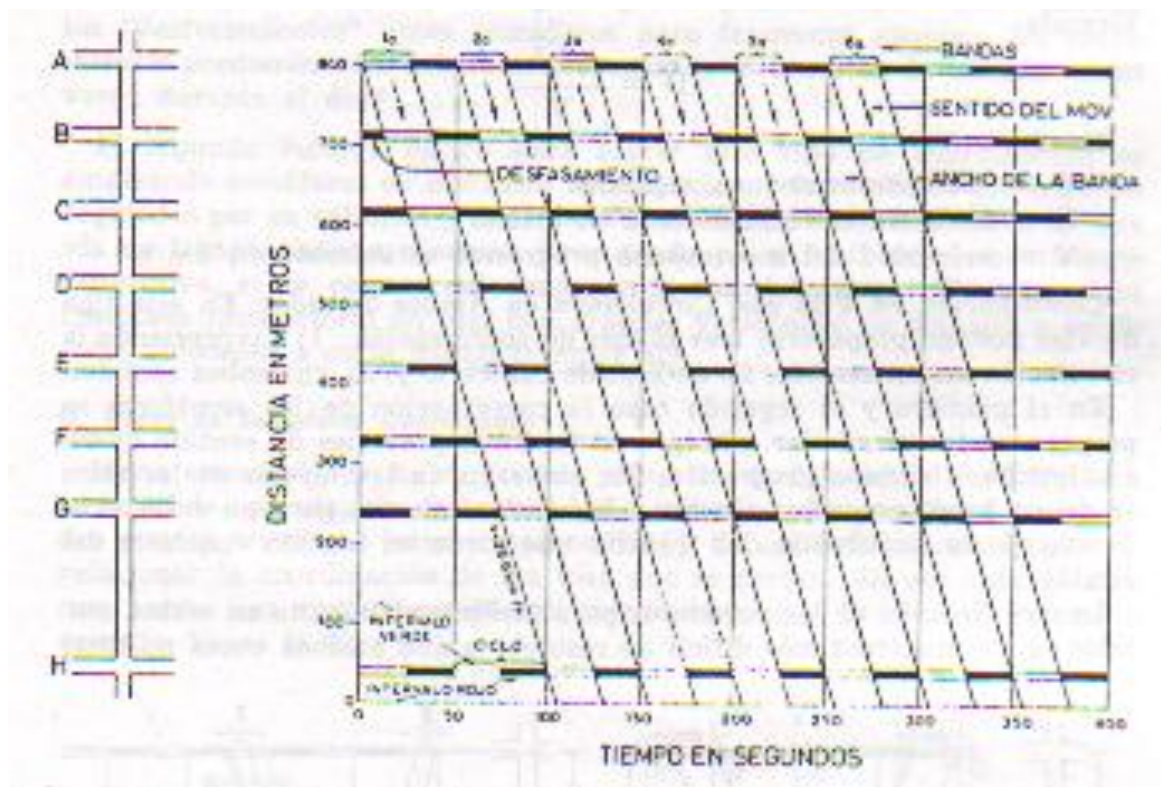


Figura 11 COORDINACION DEL SEMAFORO

2.7.4.1 Sistema Simultáneo

El sistema simultáneo es aquel que generalmente se utiliza donde la separación de las intersecciones es uniforme y los tiempos de verde son iguales. Las velocidades y volúmenes de tráfico son similares para ambos sentidos.

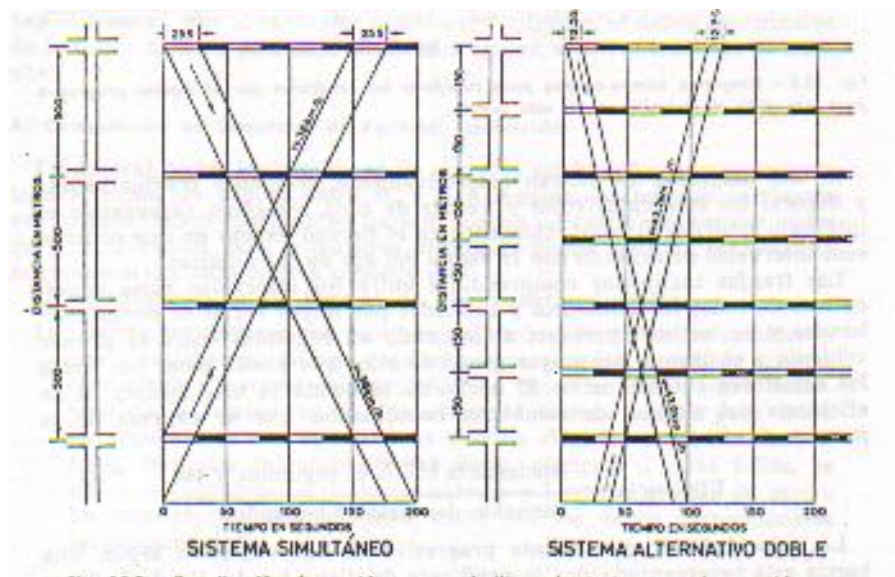


Figura 12 SISTEMA ALTERNO Y SIMULTÁNEO

2.7.4.2 Sistema Progresivo

Este sistema intenta ser correlativo y proporcional a las distancias entre intersecciones, es decir, a mayor distancia entre intersecciones mayor tiempo de fase verde, este sistema es eficiente siempre y cuando el volumen de circulación sea más o menos constante.

2.8 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SEMÁFORO

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se enumeran a continuación:

Cabeza: Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

5.1 CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos en este trabajo, es posible mejorar la planeación en las intersecciones semaforizadas ya que permite identificar el estado actual - Nivel de Servicio - de cada intersección y con base en esto, crear alternativas de solución de los problemas presentados en sectores de estudio
- Mediante los diferentes aforos que se realizaron, se pudo apreciar la falta de educación vial que existe por parte de los conductores como de peatones, que provoca el congestionamiento vehicular y un peligro constante, el presente parámetro juega un papel importante en nuestra vida cotidiana,
- Con los aforos manuales en los diferentes puntos de aforo que se realizaron, se demostraron congestionamiento vehicular. En la zona central más específicamente en la calle Sucre y Bolívar se produce un mayor congestionamiento esto debido a que las calles son muy angostas a la vez existe un número mayor de vehículos y tiene un nivel de servicio E y F
- Del análisis de los resultados obtenidos se demostraron que los semáforos existentes en estudio de las 3 intersecciones no son eficientes por tener ciclos cortos además se debe al acelerado crecimiento de vehículos
- Al no existir una señalización adecuada en las intersecciones estudiadas provoca que los conductores infrinjan los reglamentos de tránsito, estacionando en cualquier parte de la calzada y provocando congestionamiento vehicular

- Los tiempos de ciclos existentes en la avenida La paz y avenida Potosí son cortos y no están acorde del movimiento de los vehículos. Teniendo en cuenta los parámetros no deben estar por debajo de 35 seg. Ni por encima de 120 seg. ya que un ciclo corto o largo acarrea problemas
- Se debe aclarar que los resultados presentados en este trabajo sirven como base para la programación semafórica de las intersecciones estudiadas, pero su aplicación debe ser cuidadosa por las proyecciones que se realizaron, basadas en la información de otros estudios realizados.
- En la ciudad de Tarija es necesario un estudio de volúmenes de tránsito con el fin de tener una información actualizada que permita una revisión de la planeación semafórica, así como la ejecución de sistemas de control del tráfico para implementar monitoreo en tiempo real de los flujos vehiculares presentes en, por lo menos, los principales intersecciones

5.2 RECOMENDACIONES

- Se pudo evidenciar que la semaforización fue diseñada cuando no existían muchos vehículos como en nuestros días, además no tomaron en cuenta alguno de los parámetros de tráfico como ser el índice de crecimiento del motorizado debido a esta problemática en las intersecciones no son eficientes
- Se recomienda que los medios de comunicación, así también como la policía, el municipio y la sub. Gobernación se unan para difundir programas viales, realizar cursos de entrenamiento para los conductores como así también para los peatones, para que se tenga y se brinde un servicio eficaz, y seguro
- También se recomienda realizar campañas de educación vial, ya que este es un tema de mucha importancia, realizar seminario en los diferentes colegios tanto para ciclo medio y ciclo básico como también a los diferentes sindicatos que existan en la ciudad, tanto taxistas como micreros
- Del análisis de los resultados se recomienda tener en cuenta los parámetros de diseño esto con el fin de hacer un nuevo rediseño de las intersecciones que no han sido estudiadas
- Los ajustes según la metodología para intersecciones semaforizadas influyen también en la seguridad del usuario y el peatón
- Se recomienda colocar semáforos peatonales en la calle Bolívar – Sucre y en las en las dos intersecciones en estudio por ser muy transcurrido pero previo a un estudio así se lograría un menor porcentaje de accidentes

3.1 CRITERIO DE AFORO

Los aforos son muestra de volúmenes actuales de un numero de vehículos que pasan por un punto, entran a una intersección o usan una parte del carril tratando de encontrar con intersecciones que se observa donde existe mayor flujo vehicular, así también la posibilidad de que tenga problemas de circulación

Para realizar el estudio de tráfico y poder determinar los volúmenes de circulación en la zona central de la ciudad de Tarija para cada intersección se ubicaron 3 estaciones o puntos de aforo los cuales citaremos detalladamente a continuación:

- Estación de Aforo N°1: Esta estación se encuentra ubicada en la intersección (calle Bolívar entre calle Sucre), la cual nos permite aforar los volúmenes que entran de los dos accesos a esta intersección.
- Estación de Aforo N°2: Esta estación se encuentra ubicada en la intersección (avenida La paz entre calle Bolivar), la cual nos permite aforar los volúmenes que entran de los tres accesos a esta intersección.
- Estación de Aforo N°3: Esta estación se encuentra ubicada en la intersección (avenida La paz entre avenida potosí), la cual nos permite aforar los volúmenes que entran de los cuatro accesos a esta intersección.

3.2 FORMA DE AFORO:

Los aforos en este estudio se hicieron por método manuales

3.2.1 AFORO DE VOLÚMENES.

Determinar la cantidad de vehículos ya sean horarios o diarios, es una necesidad dentro de la ingeniería de tráfico por lo tanto desde el inicio de esta ciencia se han buscado métodos que se adecuen a la realidad de cada estudio y a las posibilidades que se tengan de realizar los mismos. Existen dos tipos marcados de aforamiento que son los métodos manuales y los métodos automáticos.

3.2.1.1 Métodos Manuales:

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

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

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

3.2.1. 2 Métodos Automáticos:

Los métodos automáticos son aquellos que han tratado de aminorar los costos, la cantidad de personal y la precisión de información sobre el número de vehículos registrados en un punto. Se ha tenido una evolución respecto a estos métodos en función a los equipos que se han ido utilizando, una primera de realizar automáticamente el aforo fue mediante las membranas eléctricas que fueron colocadas transversal al eje de la calle o carretera que ante el paso de los vehículos producían un impulso eléctrico el cual estaba conectado a un contador que avanzaba en cada impulso. Esta metodología es utilizada hasta ahora teniendo la ventaja de que puede realizarse conteos diarios u horarios pero con la desventaja de que no muestra la composición del tráfico ni las características del mismo.

Para mejorar este sistema luego han sido creados los bucles magnéticos que estaban colocados como un lazo transversal a la calzada de la calle o carretera y estos también conectados a un contador y en los últimos modelos a un ordenador, la ventaja de este sistema es que los bucles estaban calibrados para un determinado peso, por lo tanto el paso de diferentes tipos de vehículos ya estaba diferenciado y podía formarse su composición aunque en principio tenía el defecto de no diferenciar el número de ejes que posteriormente fue solucionado colocando dos bucles continuos por lo tanto ya intervenía la longitud del vehículo que está en relación directa al número de ejes.

3.2.1.3 PERIODO DE RECuento

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

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

Recuentos permanentes

Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales. Este tipo de recuento solo es factible en aquellas carreteras de mucha importancia por ejemplo en la actualidad debido a la tendencia de tener carreteras en concesión se hace necesario el registro permanente de los volúmenes de tráfico. Esto obviamente obliga a tener un presupuesto destinado al registro de valores de tráfico.

Recuento periódico

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

Recuento de tiempo específico

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

3.3 PLANILLAS DE RESUMEN

VOLUMENES DE VEHICULOS MIXTOS EN LA INTERSECCION III					
AV. LA PAZ Y AV. POTOSI	HORA PICO MAÑANA 7: 00 - 8 :00	GIROS			VOLUMEN TOTAL EN C1
		FRENTE	DERECHA	IZQUIERDA	
ACCESO C1	7:00 -7; 15	49	8	12	69
	7:15 -7: 30	52	16	16	84
	7:30 -7:45	59	24	28	111
	7:45 - 8:00	56	18	19	93
	7:00 - 8: 00	216	66	75	357
	MEDIO DIA 12:00-13:00	GIROS			
ACCESO C1	12:00 -12:15	91	12	17	120
	12: 15 -12:30	101	20	20	141
	12:30 - 12:45	123	33	38	194
	12:45 - 13:00	116	25	33	174
	12:00 - 13:00	431	90	108	629
	TARDE 18:00-19:00	GIROS			
ACCESO C1	18: 00 - 18: 15	87	10	18	115
	18:15 - 18:30	98	14	26	138
	18:30 - 18:45	117	24	37	178
	18:45 - 19:00	109	20	31	160
PROMEDIO	18:00 - 19:00	411	68	112	591
		352,67	74,67	98,33	
VOL. TOTAL	525,67 526 Veh/h				

V = 22 seg
 A = 2 seg
 R = 18 seg
 CICLO 42seg.

VOLUMENES DE VEHICULOS MIXTOS EN LA INTERSECCION I					
AV. LA PAZ Y BOLIVAR	HORA PICO MAÑANA 7:00 - 8:00	GIROS			VOLUMEN TOTAL EN C2
		FRENTE	DERECHA	IZQUIERDA	
ACCESO C2	7:00 -7: 15	107	7	16	130
	7:15 -7: 30	133	12	19	164
	7:30 -7:45	140	17	33	190
	7:45 - 8:00	128	12	27	167
	7:00 - 8: 00	508	48	95	651
	MEDIO DIA 12:00-13:00	GIROS			
ACCESO C2	12:00 -12:15	86	16	11	113
	12: 15 -12:30	92	28	18	138
	12:30 - 12:45	99	36	24	159
	12:45 - 13:00	82	28	24	134
	12:00 - 13:00	359	108	77	544
	TARDE 18:00-19:00	GIROS			
ACCESO C2	18: 00 - 18: 15	85	33	9	127
	18:15 - 18:30	94	39	15	148
	18:30 - 18:45	98	31	22	151
	18:45 - 19:00	91	33	20	144
PROMEDIO	18:00 - 19:00	368	136	66	570
		411,67	97,33	79,33	
VOL. TOTAL	588,33 588 Veh/h				

V = 22 seg
 A = 2 seg
 R = 18 seg
 CICLO 42seg.

VOLUMENES DE VEHICULOS MIXTOS EN LA INTERSECCION I					
AV. LA PAZ Y BOLIVAR	HORA PICO MAÑANA 7: 00 - 8 :00	GIROS			VOLUMEN TOTAL EN C3
		FRENTE	DERECHA	IZQUIERDA	
ACCESO C3	7:00 -7; 15	111	8	13	132
	7:15 -7: 30	124	12	18	154
	7:30 -7:45	148	18	22	188
	7:45 - 8:00	133	13	18	164
	7:00 - 8: 00	516	51	71	638
	MEDIO DIA 12:00-13:00	GIROS			
ACCESO C3	12:00 -12:15	98	14	9	121
	12: 15 -12:30	104	19	14	137
	12:30 - 12:45	113	21	18	152
	12:45 - 13:00	99	16	19	134
	12:00 - 13:00	414	70	60	544
	TARDE 18:00-19:00	GIROS			
ACCESO C3	18: 00 - 18: 15	106	11	14	131
	18:15 - 18:30	118	18	19	155
	18:30 - 18:45	115	22	26	163
	18:45 - 19:00	97	22	20	139
PROMEDIO	18:00 - 19:00	436	73	79	588
		455,33	64,67	70,00	
VOL. TOTAL	590,00 590 Veh/h				

V = 18 seg

A = 2 seg

R = 18 seg

CICLO 42seg.

VOLUMENES DE VEHICULOS MIXTOS EN LA INTERSECCION I					
AV. LA PAZ Y BOLIVAR	HORA PICO MAÑANA 7: 00 - 8 :00	GIROS			VOLUMEN TOTAL EN C4
		FRENTE	DERECHA	IZQUIERDA	
ACCESO C4	7:00 -7; 15	84	10	8	102
	7:15 -7: 30	99	13	10	122
	7:30 -7:45	108	18	14	140
	7:45 - 8:00	96	18	11	125
	7:00 - 8: 00	387	59	43	489
	MEDIO DIA 12:00-13:00	GIROS			
ACCESO C4	12:00 -12:15	120	21	14	155
	12: 15 -12:30	128	22	17	167
	12:30 - 12:45	151	30	17	198
	12:45 - 13:00	144	24	12	180
	12:00 - 13:00	543	97	60	700
	TARDE 18:00-19:00	GIROS			
ACCESO C4	18: 00 - 18: 15	97	15	16	128
	18:15 - 18:30	104	19	19	142
	18:30 - 18:45	109	23	22	154
	18:45 - 19:00	98	20	18	136
PROMEDIO	18:00 - 19:00	408	77	75	560
		446,00	77,67	59,33	
VOL. TOTAL	583,00 583 Veh/h				

V = 22 seg
 A = 2 seg
 R = 18 seg
 CICLO 42seg.

RESULTADOS DE LA INTERSECCION
INTERSECCION I

CAPACDAD REAL A1

Numero de vehiculo actual = 1008 veh./ h.

NIVEL DE SERVICIO = E

CAPACDAD REAL A2

Numero de vehiculo actual = 546 veh./ h.

NIVEL DE SERVICIO = F

LONGITUD DE CICLO =

37

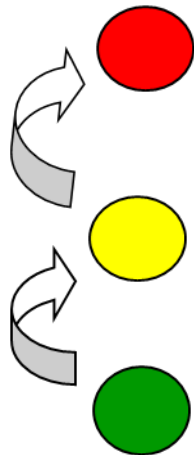
TIEMPOS DE VERDES EFECTIVOS

G1= 13 FASE1 = 16seg.

G2= 18 FASE2 = 21seg.

Ambar = 2

TR= 1



RESULTADOS DE LA INTERSECCION INTERSECCION II

CAPACDAD REAL B1

Numero de vehiculo actual =	792veh./ h.	
NIVEL DE SERVICIO	=	F

CAPACDAD REAL B2

Numero de vehiculo actual =	654 veh./ h.	
NIVEL DE SERVICIO	=	E

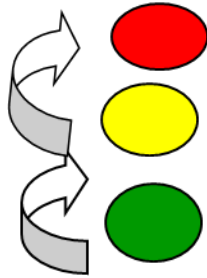
CAPACDAD REAL B3

Numero de vehiculo actual =	1620veh./ h.	
NIVEL DE SERVICIO	=	D

LONGITUD DE CICLO =
TIEMPOS DE VERDES EFECTIVOS

47

G1=	20	FASE1 = 24seg.
G2=	19	FASE2 = 23seg.
Ambar =	3	
TR=	1	



RESULTADOS DE LA INTERSECCION INTERSECCION III

CAPACDAD REAL C1

Numero de vehiculo actual = 680veh./ h.
NIVEL DE SERVICIO = F

CAPACDAD REAL C2

Numero de vehiculo actual = 1154 veh./ h.
NIVEL DE SERVICIO = E

CAPACDAD REAL C3

Numero de vehiculo actual = 1231veh./ h.
NIVEL DE SERVICIO = E

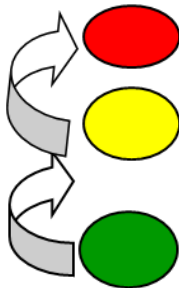
CAPACDAD REAL C4

Numero de vehiculo actual = 1231veh./ h.
NIVEL DE SERVICIO = E

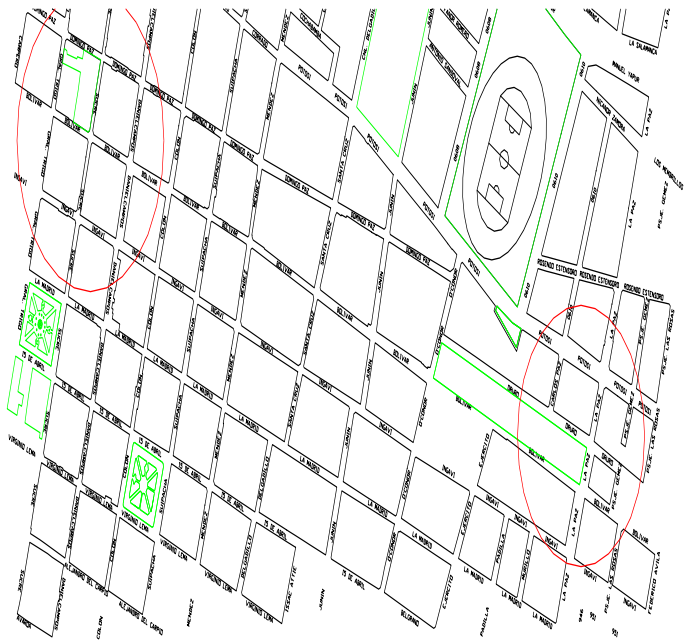
LONGITUD DE CICLO =
TIEMPOS DE VERDES
EFECTIVOS

77

G1=	32	FASE1 = 37seg.
G2=	35	FASE2 = 41seg.
Ambar =	3	
TR=	2	



3.4 DEFINICION DE AREA DE ESTUDIO



3.5 DISEÑO DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

MÉTODOS PARA DETERMINAR EL CICLO

3.5.1 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.

Esta dada por:

$$C_i = S_i (g_i / C) \quad (4.1)$$

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 de 1 ciclo .

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

v_i

$$(v/c)_i = X_i = \frac{v_i}{S_i (g_i/e)}$$

$S_i (g_i/e)$

Donde:

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

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

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

g_i = Tiempo efectivo l.l. ... ~;Z verde para el grupo de carriles i o para el acceso i (seg.).

Sí se evalúa la intersección con respecto de su geometría y tiempo del ciclo total, se usa el concepto de la relación critica-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.

(4.3)

$$X_c = \frac{\sum (V/S) \sum c}{a(C-L)}$$

Donde:

X_c = Relación crítica v/s para la intersección.

$\sum (V/S)c_i$ = Sumatorias de las razones de los flujos reales entre el flujo de saturación para todos los carriles, los grupos o acceso crítico.

e = Duración del ciclo (seg.).

L = Tiempo perdido total por ciclo calculado como la suma de tiempo perdidos (t_l), Para cada fase crítica de la señalización, $L = \sum t_l$.

3.5.2 METODO LA ECUACION 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.

$$C_o = \frac{1.5 * L}{1 - \sum Y_i} \quad (4.1)$$

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 .

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

3.5.3 NACIONAL SAFETY COUNCIL

Este método es de "Estado Unidos", el cual consiste en registrar datos de volúmenes cada 5 minutos, en cada intersección que determina el número máximo de vehículos, si las calles se las 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 tienen semáforo para el cálculo de la misma que consiste en medir con un cronómetro las demoras o tiempo de entrada en las intersecciones, cuando los vehículos que entran en movimiento, ya sea con semáforo o con un policial de tránsito que le da el derecho de paso a los vehículos.

Luego de dar el paso al 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 tiempos de entrada, el cual se mide los volúmenes máximos 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 la 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 ultimo vehículo del borde de la calzada transversal, para parar el cronometro para tener el valor internodio, el cual consiste en dividir el tiempo medido entre el número de vincula de el campo 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) FORMULAS PARA DETERMINAR LOS INTERVALOS Y CICLOS

Entones decimos que, por el acceso de mayor volumen de la calle 1 tenemos esta Ecuación:

$$n_1 = \frac{q_1 * C}{300}$$

Donde:

n_1 = Número de vínculo que llega durante un ciclo (seg.)

q_1 = Vemeulo durante 5 minuto o 300 seg.

e = Es el numero de segundo que hay durante un ciclo completo (Seg.).

Si tomamos en cuenta que si el 10 vehículo necesita t_1 segundo para entrar en la intersección y el intervalo medio entre los vehículos es i_1 , los n_1 vehículos necesitara un intervalo verde i_1 (Seg.) para comenzar la intersección cuyo ecuación está dada por lo siguiente:

$$t_{v1} = (n_1 - 1) * i_1 + t_1 \quad (0)$$

Reemplazando n_1 , entonces la ecuación queda:

$$t_{v1} = \left(\frac{q_1 * C}{300} - 1 \right) * i_1 + t_1$$

(1)

Entonces para el acceso de calle 2 la ecuación será:

$$(2) \quad t_{v2} = \left(\frac{q_2 * C}{300} - 1 \right) * i_2 + t_2$$

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

$$C = t_{v1} + t_{v2} + t_{A1} + t_{A2}$$

(3)

Remplazando los valores t_{v1} y t_{v2} de la ecuación (3.1) y (3.2) se tiene lo siguiente:

$$C = \left(\frac{q_1 * C}{300} - 1 \right) * i_1 + t_1 + \left(\frac{q_2 * C}{300} - 1 \right) * i_2 + t_2 + t_{A1} + t_{A2}$$

Ahora reemplazado C se tiene la siguiente ecuación:

$$t_{v2} = \left(\frac{t_{A1} + t_{A2} + t_1 + t_2 - i_1 - i_2}{1 - 0.0033 * (q_1 * i_1 + q_2 * i_2)} \right) \quad (4)$$

Si tendríamos que igualar la ecuación 3.1 y 3.2 entonces los tiempos verdes se viera de la siguiente manera para cada acceso.

$$G = 0.0033 * q_1 * i_1 * C + t_1 - i_1$$

$$G = 0.0033 * q_2 * i_2 * C + t_2 - i_2$$

3.6 TIEMPO DE FASE AMARILLA

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

Para utilizar 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 interacción dará tiempo a atravesarla antes de que se encienda la luz roja.

Entonces la ecuación general del tiempo amarillo es:

$$t_{v2} = r + 3.6 * \left(\frac{e + s}{V} \right) \quad (5)$$

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

$$t_{v2} = \frac{V^2}{2 * 3.6^2 * 5} = \frac{V^2}{130} \quad (6)$$

El valor del tiempo de las fase amarilla puede ser expresado.

$$t_a = 0.8 + \frac{V}{36} + \frac{3.6 * s}{V} \quad (7)$$

Donde:

a = el ancho de la calzada

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

En la siguiente tabla se expresan los valores de la ecuación (5) para varias velocidades y anchos de intersecciones de 15 a 20 metros

Tabla 3.4 Valores de tiempo de fase amarilla

VALORES DE TIEMPO DE FASE AMARILLA		
VELOCIDAD DE DISEÑO (Km/b)	TIEMPO DE FASE AMARILLA (SEG.)	
	ANCHO DE LA INTERSECCION	
	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 transito de Rafael Cal y Mayor R. (7º 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 mas largos, aunque en estas vías no abundan los semáforos a no ser en puntos donde cambia el carácter de la calle o carreteras, 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.

3.6.1 DISTRIBUCION 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 asilada, 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:

$$\frac{D_a}{t'_a} (A_a\% + E \cdot K_a\%) = \frac{D_b}{t'_b} (A_b\% + E \cdot K_b\%) \text{ ----- (3.8)}$$

$$t'^1_a + t'^1_b + t'^{11}_a + t'^{11}_b = C \text{ ----- (3.9)}$$

Donde:

D_a, D_b = volúmenes de demanda de cada calle en Veh / h.

t'_a, t'_b = duración fase verde en seg.

A_a, A_b = porcentaje de vehículos en %

K_a, K_b = 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 y estará compuesto por:

$$t''_a + t''_a + t'''_a = C \quad (3.10)$$

$$t''_b + t''_b + t'''_b = C \quad (3.11)$$

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.

$$(3.12) \quad \boxed{\frac{Da}{t'a} = \frac{Db}{t'b}}$$

Los cálculos anteriores solo 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 segundos.

3.6.2 FASE VERDE

Se entiende por sincronismo u "onda verde" a aquel sistema de luces verdes semafóricas, instaladas en la 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 remontar otra.

Por otro método tenemos las siguientes

3.7.- CÁLCULO DE LOS TIEMPOS DE SEMAFORO SEGÚN CAL Y MAYOR

Para obtener un mínimo de demoras, cada fase debe incluir el mayor número posible de movimientos simultáneos así se lograra admitir un mayor volumen de vehículos en la intersección. Este debe ser un objetivo permanente que no debe olvidarse

En general, el número de fases diferentes debe reducirse al mínimo, considerando la seguridad y la eficiencia. La selección de los movimientos dentro de cada fase debe tender a reducir a un mínimo frecuencia y gravedad de los puntos de conflicto. Igualmente la secuencia de las fases debe tratar de reducir las demoras.

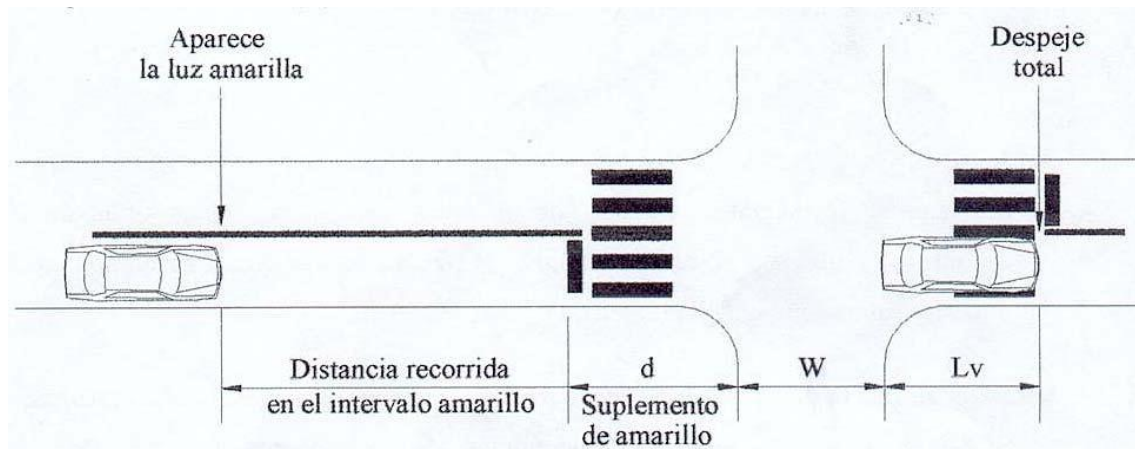
La distribución de los tiempos de cada fase debe estar en relación directa con los volúmenes de tránsito de los movimientos correspondientes. En otras palabras, la duración de cada fase y del ciclo dependerá de la demanda. El análisis deberá efectuarse para todo los movimientos de la intersección.

El cálculo deberá seguir el siguiente procedimiento que, a los fines de ser usado como ejemplo, sólo considera dos

3.7.1.- CÁLCULO DEL INTERVALO DEL CAMBIO DE FASE.

La función principal del intervalo del cambio de fase, es la de alterar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección.

Para calcular el intervalo de cambio de fase, deberá considerarse el tiempo de reacción del conductor, el tiempo de incertidumbre del conductor, el tiempo y el espacio de deceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección, de acuerdo a la siguiente figura:



Pudiéndose utilizar la siguiente expresión:

Intervalo de cambio = Amarillo + Todo Rojo

$$y = (t + v/2a) + (W + Lv)/v$$

Donde:

y : Intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo(s)

t: tiempo de percepción – reacción del conductor (usualmente 1.00 s)

v: velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a: tasa de deceleración (valor usual 3.05 m/s²) (verificar valores para vehículos pesados)

d: distancia entre la línea de tensión y el inicio de la intersección (m)

W: ancho de la intersección (m)

Lv: longitud del vehículo (valor sugerido para automóviles: 6.00 m y para camiones con acoplado: 18.00 m)

3.7.2.-LONGITUD DEL CICLO

F. V. Webster con base en observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en

una intersección con semáforo, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{\omega \left(1 - \sum_{i=1}^{\omega} Y_i\right)}$$

Donde:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

ω = número de fases

El intervalo de valores aceptables para la longitud de un ciclo determinado, está entre el 75% y el 150% del ciclo óptimo, para el cual las demoras nunca serán mayores en más del 10% al 20% de la demora mínima.

3. Vehículos equivalentes

Si todos los vehículos que salen de una intersección con semáforo son automóviles que continúan de frente, se tendrían las tasas máximas de flujo, a intervalos aproximadamente iguales. Sin embargo, en la mayoría de los casos la situación es más compleja por la presencia de vehículos pesados y movimientos hacia la izquierda y hacia la derecha. Para tener en cuenta estos aspectos, es necesario introducir factores de equivalencia.

El factor de ajuste por efecto de vehículos pesados, se calcula con la siguiente expresión:

$$f_{VP} = \frac{100}{100 + P_c (E_c - 1) + P_s (E_b - 1) + P_r (E_r - 1)}$$

Donde:

f_{vp} = , 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

Los vehículos pesados o comerciales (camiones y autobuses), por su mayor longitud y menor poder de aceleración que los automóviles, necesitan más tiempo para despejar la intersección. Los automóviles equivalentes comúnmente utilizados tanto para camiones, E_c , como para autobuses, E_b , varían de 1.4 a 1.6, tomándose un valor medio de 1.5 que supone accesos con pendientes cercanas al 0% y predominio de camiones livianos o medianos. Sin embargo, estos valores pueden ser mayores, como lo informa un estudio de tránsito realizado para la Ciudad de México, en el que se utilizaron 2.0 automóviles equivalentes por un autobús y un camión, respectivamente, y 3.5 automóviles equivalentes por un camión con remolque.

Por otra parte, se requiere tener factores por movimientos de vuelta, puesto que en estas maniobras los vehículos generalmente consumen mayor tiempo que los vehículos que siguen de frente. Estos factores, E_v , que se utilizan para convertir automóviles que dan vuelta a automóviles equivalentes que no la dan, varían de 1.4 a 1.6 para vueltas hacia la izquierda y de 1.0 a 1.4 para vueltas hacia la derecha. Igualmente, los volúmenes horarios de máxima demanda, $VHMD$, deben ser convertidos a tasas de flujo, q , a través del factor de la hora de máxima demanda,

FHMD, para el cual, en casos de proyecto y diseño de planes de tiempos del semáforo, se sugiere un valor de 0.95.

De esta manera, los volúmenes horarios mixtos, VHMD, se convierten a flujos de automóviles directos, que no dan vuelta, equivalentes pro hora, q_{ADE} , mediante la siguiente expresión

$$q_{ADE} = \frac{VHMD}{FHMD} \left(\frac{1}{f_{VP}} \right) (E_v)$$

3.8.- FLUJO DE SATURACION Y TIEMPO PERDIDO

Cuando el semáforo cambia a verde, el paso de los vehículos que cruzan la línea de alto se incrementa rápidamente a una tasa llamada **flujo de saturación** la cual permanece constante hasta que la fila de vehículos se disipa o hasta que termine el verde

$$g_i = G_i + ff'' - ee'$$

La *demora inicial* a , se define como la suma del tiempo entre verde o intervalo de cambio de fase y_i y la pérdida inicial ee' :

$$a = y_i + ee'$$

La *demora final* b , se define simplemente como la ganancia final ff' :

$$b = ff'$$

Entonces, el *tiempo perdido por fase*, li , es la diferencia entre la demora inicial y la ganancia final:

$$li = a - b$$

$$li = y_i + ee' - ff'$$

De la ecuación:

$$ee' - ff' = G_i - g_i$$

Reemplazando en la ecuación:

$$l_i = y_i + G_i - g_i$$

Por lo general, el intervalo de cambio de fase Y_i de una fase i es igual al intervalo ámbar A_i :

$$Y_i = A_i$$

Por lo tanto, la ecuación se transforma en:

$$l_i = G_i + A_i - g_i$$

Si se supone que la pérdida inicial ee' es igual a la ganancia final ff' , entonces:

$$g_i = G_i$$

$$l_i = y_i = A_i$$

El tiempo total L perdido por ciclo es:

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

Donde TR representa el tiempo total de todo rojo durante el ciclo, en caso de existir.

5. Asignación de tiempos verdes

El tiempo verde efectivo total g_T , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección, está dado por:

o

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

g_T = tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

C = longitud actual del ciclo (redondeando C_0 a los 5 segundos más cercanos)

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de Y_i , así:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\phi} Y_i} (g_T) = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\phi}} (g_T)$$

Recuérdese que Y_i es el valor máximo de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación, para el acceso o movimiento o carril crítico de cada fase i . De la ecuación (13.8), el tiempo verde real G_i para cada fase i se obtiene como:

$$G_i = g_i + l_i - A_i$$

o lo que es lo mismo para ω fases:

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1$$

$$G_2 = g_2 + l_2 - A_2$$

$$G_{\omega} = g_{\omega} + l_{\omega} - A_{\omega}$$

3.9 SEGURIDAD - ESTUDIO DE ACCIDENTES

Accidente es un suceso eventual o acción del cual involuntariamente resulta con daños de personas o cosas.

Cuando uno de los factores que contribuyen a producir un accidente es la circulación de al menos un vehículo por una vía, entonces se dice que el accidente es de tránsito.

Los accidentes son resultado de una falta en uno o varios elementos fundamentales de tránsito: el conductor, vehículo y vía.

3.9.1 CLASIFICACIÓN DE LOS ACCIDENTES

Los accidentes de tránsito se pueden clasificar de acuerdo con los daños que causan en:

- a) **Accidentes Mortales**, cuando ocasionan el fallecimiento de alguna persona
- b) **Accidentes con Heridos**, cuando se atropella a alguien sin causar muertes.
- c) **Accidentes con daños Materiales**, si solo se producen perjuicios a la propiedad.

Los accidentes que no causen alguno de los daños mencionados no se consideran como tales.

Los factores que causan los accidentes se deben a fallas humanas cuyo remedio se encuentra muchas veces fuera del alcance del ingenio de tránsito; pero los perjuicios que causan los accidentes son grandes que cualquiera acción que tienda a mitigarlos tiene una gran importancia.

La ingeniería de tránsito considera los accidentes como un estudio muy importante dando soluciones diversas a través del análisis profundo del problema, el cual nos proporciona resultados valiosos que al ser aplicados eviten accidentes que puedan acarrear un sin número de lesiones tanto en personas como en la economía.

3.9.2 DATOS NECESARIOS EN UN ESTUDIO DE ACCIDENTES

En un accidente de tránsito es conveniente determinar tres datos:

- a) Causa Aparente de los Accidentes

La persona con la responsabilidad oficial de rendir el informe de cada accidente de tránsito es el agente de tránsito. En su informe esta la base de la estadística vital del tránsito. De acuerdo con el criterio de esa persona perfilan la “causa” del accidente, que solo podrá ser “causa aparente” hasta que el análisis correspondiente dictamine la “causa real”.

b) Falla Operacional

Cuando se realice el análisis de las causas aparentes, muy frecuentemente podemos determinar las causas reales, el análisis nos permitirá saber si la falla fue de operación de tránsito dependió del camino, del vehículo o del usuario.

Al determinar la causa real, fácil será fijar las medidas necesarias para contrarrestarla, eliminando o disminuyendo el resultado negativo.

c) Magnitud del Problema

Si se relaciona el saldo de muertos y heridos proporcionalmente con la población, con los vehículos, o con el kilometraje “generado”, dispondremos de cifras o índices que nos permitan hacer comparaciones. Estas nos darán las escalas para juzgar la magnitud del problema.

