

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN AL DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

1.1. Introducción

La ciudad de Tarija y el tráfico vehicular se han desarrollado de una manera proporcional, lo que requiere la necesidad de tomar medidas para evaluar el desempeño operacional de las calles.

Debido a este crecimiento, la deficiencia del transporte público y la gran cantidad de vehículos de uso particular en circulación muchas ciudades del planeta presentan graves problemas de condiciones de tránsito en diversos corredores viales, requiriendo en estos casos soluciones de transporte que sean en un plazo relativamente corto y con inversiones moderadas, que contribuyan a mejorar la movilidad.

El estudio de capacidad vehicular y del nivel de servicio nos da a conocer el comportamiento de una carretera o calle, con condiciones de circulación prefijadas y reales para determinar los diferentes regímenes de explotación con el propósito que base a este tipo de estudio puedan servir como base para una planificación de circulación de personas de forma segura, eficiente y rápida.

En la ingeniería de tráfico existen diversos métodos empíricos de análisis que en función de características de las vías permite conocer la capacidad de la misma.

De ella el principal método es el manual de capacidad de carreteras HCM Highway Capacity Manual, el cual es la herramienta básica para realizar el cálculo de la capacidad vehicular en las calles de la ciudad de Tarija.

En las últimas dos décadas, en algunas ciudades del mundo se han puesto en operación sistemas de transporte masivo, este sistema involucra una serie de elementos tales como: autobuses expresos de alta capacidad, vías y canales exclusivos provistos principalmente de una infraestructura que garantiza rapidez, calidad y eficiencia superior a otros sistemas de autobuses usados. Proporcionando así una estructura vial que permita alcanzar una gran capacidad de movilización de pasajeros de manera segura, rápida y conveniente.

Lo que se pretende hacer con este trabajo es conocer la geometría y capacidad vehicular de las calles de la ciudad de Tarija para la adaptación al transporte masivo obteniendo una red por donde podrán circular los vehículos de transporte masivo.

El sistema en cuestión ofrece flexibilidad respecto a las demandas de tráfico ya que no interfiere de manera directa con el tráfico urbano de la ciudad.

Su buen desarrollo logra cubrir necesidades de la comunidad, usando una tecnología accesible, de alta calidad, para la movilización de un gran número de pasajeros.

1.2. Justificación

Actualmente, la congestión vehicular se ha incrementado a tal punto que afecta grandes extensiones de la red vial. Esta situación genera la pérdida de miles de horas productivas en movilización, además de afectar el ritmo de vida de los habitantes de la ciudad, irregularidades en la prestación de servicios comerciales y la contaminación causada por vehículos detenidos o que circulan a bajas velocidades.

Debido a que la ciudad de Tarija se encuentra en situación crítica en cuanto se refiere a las condiciones de tránsito vehicular se ha decidido realizar un análisis de la geometría y capacidad vehicular de las calles para la posible adaptación al transporte masivo.

Es indispensable en la ingeniería de tráfico realizar investigaciones y analizar métodos para reducir el congestionamiento vehicular debido a la existencia excesiva de líneas de transporte público.

El principal objetivo del análisis de capacidad es la estimación del máximo número de vehículos a los que una instalación puede dar servicio con seguridad razonable dentro de un periodo de tiempo.

Estudios modernos relacionados con la ingeniería de tráfico se ha considerado el transporte masivo una solución a corto y largo plazo para la congestión vehicular en ciudades donde el crecimiento de parque automotor y población crezca exponencialmente. La generación de un sistema de transporte masivo colectivo en calidad y eficiencia se

convierte en un fundamento vital para alcanzar la movilidad sostenible ofreciendo un modo seguro de transporte que le brinde oportunidades de empleos y servicios.

La ventaja económica del transporte masivo sugiere que el desarrollo de este sistema, una comunidad puede, eficiente y económicamente obtener mejoría en las condiciones de tránsito. Este trabajo pretende analizar la geometría y la capacidad vehicular para la implementación de este nuevo transporte público masivo que sirva a los gobernantes de la ciudad de Tarija para poder realizarla y así reducir el congestionamiento vehicular.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Situación problémica

Desde hace mucho tiempo atrás la ciudad de Tarija aumento el índice de crecimiento vehicular y está en constante acenso progresivo, por lo que algunas vías de la ciudad de un tiempo a esta parte el flujo vehicular se torna caótico. La ciudad se ha visto afectado por el congestionamiento vehicular en distintas intersecciones de la zona urbana debido al gran crecimiento de parque automotor.

El congestionamiento vehicular es una constante de todo el día con mayor intensidad en las horas pico donde se producen colas de vehículos ya que existe mayor demanda de personas asistir a sus fuentes de trabajo y para retornar a sus casas. La cantidad enorme de líneas de transporte público como ser micros, taxi trufis y taxis hacen que las condiciones empeoren ya que el criterio que se debe adoptar en ciudades en crecimiento es de transportar personas, no mover vehículos, con un máximo de pasajeros en un determinado tiempo. Si bien es cierto que Tarija es un departamento que está en pleno crecimiento en consecuencia algunas vías de la ciudad se encuentran en estado de conflicto para ello se debe generar políticas de desarrollo y alternativas de crecimiento planificado

1.3.2. Problema

¿De qué manera el análisis de la geometría y capacidad vehicular, determina si es posible una adaptación al transporte masivo en las calles de la ciudad de Tarija tomando en cuenta estos dos parámetros?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la geometría y capacidad vehicular en las calles de la ciudad de Tarija a través del Manual de Capacidad de carreteras (HCM) y lograr la adaptación al transporte masivo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Elaborar un marco teórico de diferentes condiciones y factores que afecten a la capacidad.
- Obtener las características tanto físicas como geométricas de las calles de la ciudad de Tarija.
- Realizar aforo de vehículos en las calles de la ciudad de Tarija para llevar a cabo el estudio de capacidad vehicular.
- Analizar la capacidad vehicular de acuerdo con los conceptos de capacidad y realizar el cálculo de la misma en los diferentes puntos a lo largo de las rutas del transporte masivo.
- Determinación de la influencia de la geometría de la calzada sobre el cálculo de capacidad vehicular.
- Establecer conclusiones y recomendaciones basadas en el análisis de los resultados obtenidos.

1.5. Diseño metodológico

Componentes

1.5.1. Unidades De Estudio

Geometría y capacidad vehicular.

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

Número y ancho de carriles.

Movimientos por carril.

Ubicación de estacionamientos.

Pendientes de los accesos.

La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que puede pasar por un punto o una sección uniformemente de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

1.5.2. Población

La población que será estudiada serán la geometría y capacidad vehicular para transporte masivo.

1.5.3. Muestra

La muestra serán las calles de la ciudad de Tarija en geometría y capacidad para el transporte masivo.

1.5.4. Muestreo

Se empleará la obtención de información de los distritos 1, 2, 3,4 y 5 de la ciudad de Tarija de estas calles y avenidas se procederán a realizar las siguientes mediciones:

Medir el ancho de las calles

Medir las pendientes de las calles

Se realizará el aforo de vehículos clasificando los vehículos en livianos y pesados

Se anotará si los vehículos giran a la izquierda o a la derecha

1.6. Método y técnicas empleadas

Definición, selección y/o elaboración de los métodos y técnicas

Método teórico-empírico. Es teórico por que se realizara un análisis y una síntesis de la investigación basada en toda la bibliografía encontrada y en los datos de campo que serán analizados para luego ser depurados y así llegar a un resultado. Es empírico,

porque se realizarán observaciones y mediciones dentro del trabajo de campo, mediante el cual se encontrarán los datos necesarios para la realización de este proyecto.

En la parte práctica o de aplicación se realizará aforos manuales para obtener el volumen total horario, giro a la derecha e izquierda, vehículos pesados y vehículos que estacionan y paran en los accesos de la intersección, para los puntos seleccionados y posteriormente realizar el trabajo de gabinete con el manual de capacidad HCM con los datos obtenidos en campo para realizar todos los cálculos necesarios y poder llegar a una parte conclusiva y de recomendaciones.

1.6.1. Técnicas de muestreo

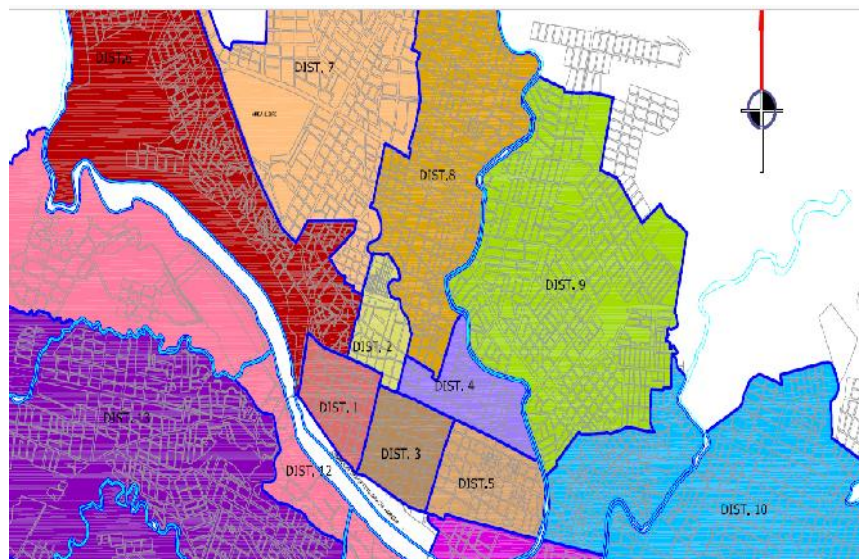
La técnica de muestreo no probabilístico por juicio en el cual consiste en seleccionar los tipos de calles con más incidencia en el tránsito en el cual se elige el número de calles en forma informal.

Descripción de los instrumentos para la obtención de dato

Los medios para utilizar en nuestro trabajo tenemos:

Planos: Para la ubicación de los puntos de aforo, nos permitirá tener una ubicación exacta de donde partir para realizar la toma de datos correspondientes.

Figura 1.1 Distritos de la ciudad de Tarija



Fuente: <https://www.bibliocad.com>

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

Figura 1.2 Cámara fotográfica



Fuente: <http://andivision.co>

Planilla de aforos: Es donde se suministra toda la información general que se solicita y que se obtiene de la toma de datos de los aforos

Figura 1.3 Tabla de venesta



Fuente: <http://www.papeleriamodelo.com/>

Reloj o cronómetro: Es para controlar los intervalos de tiempo en que se realizarán nuestros aforos de vehículos

Figura 1.4 Cronometro



Fuente: <https://www.deportescbm.com>

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

Figura 1.5 Cinta métrica



Fuente: <https://topotienda.com>

Calculadora: Material que nos ayuda a realizar cálculos en cualquier momento y lugar dependiendo lo requerido.

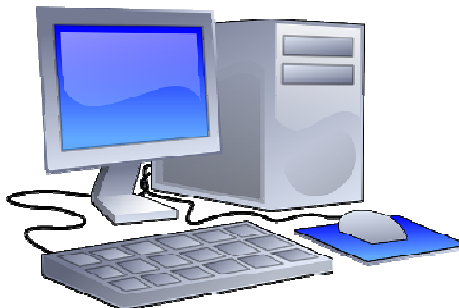
Figura 1.6 - Calculadora



Fuente: <https://www.pardo.com.ar>

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

Figura 1.7 Computadora



Fuente: <https://es.wikipedia.org>

1.6.2. Procedimiento de aplicación



1.6.3. Ubicación del área de estudio

Se realizará una inspección de la zona del casco central de la ciudad de Tarija para determinar los puntos en los cuales se realizará el estudio.

Recolección de información y datos del estado actual de la geometría de las calles El trabajo de campo se ejecutará, en 5 distritos de la ciudad de Tarija, se levantará información básica, para evaluar de las condiciones de la vía.

Se procederá a realizar aforos en los puntos designados tomando en cuenta la clasificación de vehículos y tomando en cuenta las condiciones prevalecientes de los semáforos y las condiciones prevalecientes de tránsito.

Se evaluará los datos obtenidos de los aforos por medios estadísticos

Luego se utilizará el manual de capacidad HCM de los Estados Unidos para el cálculo de la capacidad vehicular y el nivel de servicio de los puntos estudiados.

Clasificación de estado actual de las vías Se realizará una clasificación según el estado de nivel de servicio que se obtenga.

Luego se propondrá tres rutas una de norte a sur otra de esta a oeste y la última que tendrá como objetivo unir los alimentadores en una red principal para hacer más eficiente el sistema. Se escogerá un bus de transporte masivo que cumpla con los requerimientos de demanda de pasajeros y a las características geométricas que se presenten en el transcurso de su ruta.

1.6.4. Preparación previa para la aplicación de instrumento, requisitos y condiciones para la aplicación

La preparación previa a la aplicación de método de obtención de datos será:

Visita a la zona de estudio para ver la situación en que se encuentran los accesos a las intersecciones si es que tienen lugares de estacionamiento, semáforos y desvíos.

Vista geométrica del tramo a ser estudiado

Clasificación del tipo de vehículos pesados

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

1. Ubicación del área de estudio: Se realizará una inspección de la zona del casco central de Tarija para determinar los puntos en los cuales se realizará el estudio.

2. Toma de dato: Se determinará las horas pico realizando el aforo vehicular de un día desde las 7:00 a.m. hasta las 22 p.m. en las intersecciones del casco central de Tarija, las tres horas con mayor presencia vehicular serán las horas pico del día los mismos que nos servirán para las aforaciones posteriores de nuestra zona de estudio. La aforación será manual y se la realizará 15 minutos en cada intersección para luego multiplicarlo por 4 para obtener el volumen de una hora, la aforación se realizará en las tres horas picos del día para tres días a la semana (dos días hábiles y un día inhábil) durante 4 semanas, haciendo el conteo de los vehículos livianos (taxis, jeeps, vagonetas, camionetas pequeñas, trufis), los vehículos medianos (micros de diferentes líneas, camiones) y de los vehículos pesados (volquetas, camiones grandes, flotas, camiones con remolque) tanto públicos como privados. En la aforación se tomará en cuenta el movimiento de los vehículos de giro a la izquierda, de frente y giro derecho.

Se realizará también la aforación de vehículos que paran en los accesos de la intersección durante una semana completa en las horas pico.

Se tomará registro de las características geométricas de las intersecciones, ancho de carril, utilización del carril y en intersecciones semaforizadas se registrará la duración del ciclo total del semáforo y del ciclo verde.

3. Procesamiento de aforos realizados: una vez obtenidos los datos de aforación vehicular se procederá a procesar los mismos realizando depuraciones y así llegar a un resultado del volumen total horario. Para obtener los porcentajes de vehículos pesados, giro derecha e izquierda y el volumen de vehículos que paran en los accesos de cada intersección se trabajará con medias aritméticas.

4. Aplicación del procedimiento del manual de capacidad HCM, con el resultado del proceso de datos obtenidos se procederá a realizar cálculos de capacidad vehicular y nivel de servicio.

5. Planteamiento del bus más adecuado para la línea de transporte masivo tomando en cuenta la demanda de pasajeros y la evaluación geométrica de calles de la ciudad de Tarija.

1.7. Alcance del proyecto

En las últimas dos décadas, en algunas ciudades del mundo se han puesto en operación sistemas de transporte masivo este sistema involucra una serie de elementos tales como: autobuses expresos de alta capacidad, vías y canales exclusivos en algunos casos.

Proporcionando así una estructura vial que permita alcanzar una gran capacidad de movilización de pasajeros de manera segura, rápida y conveniente.

Este trabajo pretende que los micros de transporte público no entren al casco viejo de la ciudad de Tarija si no que ellos sirvan de alimentadores a los buses de transporte masivo mediante la creación de una ruta para el transporte masivo. Nuestro estudio evaluara la capacidad vehicular, su nivel de servicio y la geometría de estas calles de la ciudad para la circulación de los buses de transporte masivo.

Entrando a los aspectos generales se conocerán las características geométricas de las calles y se logrará conocer que es la capacidad vehicular en que se mide para que sirve y que factores que afecta la como ser las condiciones de infraestructura vial, las condiciones de tránsito y las condiciones de control.

Pasaremos a conocer la clasificación de vehículos, como se calculan los volúmenes de tránsito y que son los tiempos de ciclo de un semáforo.

Luego procederemos a conocer las fórmulas y como se calcula la capacidad vehicular con la ayuda del HIGHWAY CAPACITY MANUAL (manual de capacidad vehicular)

Una vez concluido los anteriores pasos se proceder a la recolección de datos de campo primero iremos a conocer las intersecciones donde realizaremos nuestro trabajo pasaremos a hacer mediciones de la geometría de las calles como ser ancho de carril y la pendiente.

Se procederá a hacer aforos para encontrar las horas pico luego pasaremos a medir los volúmenes de vehículos tomando en énfasis los vehículos pesados principalmente y también tomaremos en cuenta la dirección a la que se dirigen si es que siguen recto o doblan a la izquierda o derecha y también mediremos los tiempos de ciclo de los semáforos.

Obteniendo los datos de campo procederemos a calcular la capacidad vehicular por el método HIGHWAY CAPACITY MANUAL.

Ya obtenido los resultados requeridos se analizarán cuidadosamente para dar respuesta al estudio realizado el cual culminara dando las conclusiones respectivas y las recomendaciones correspondientes.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE CAPACIDAD VEHICULAR Y TRANSPORTE PÚBLICO

2.1. Elementos fundamentales del tráfico

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

Figura 2.1 El usuario, el vehículo y la vía



Fuente: www.lapatria.com

2.1.1. Características de los vehículos

En ciertos países, la incorporación de mayor cantidad de vehículos no solo ha mejorado el transporte, ya que también ha elevado el nivel económico general del país, por lo que se puede afirmar que la relación de habitantes por vehículo es un indicador para apreciar el progreso de un determinado territorio.

Clasificación y características del vehículo de proyecto

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

Vehículos ligeros o livianos.

Vehículos medianos

Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.

Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.

Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sean ocasionales.

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

Terminales de pasajeros y de cargas.

Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.1.2. Características de los usuarios

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor. El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

Usuario conductor: El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.

Usuario peatón: Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años. En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en las autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto, se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

Flujo de pasajeros

El flujo de pasajeros está en función directa a las necesidades de origen y destino de las personas y por consecuencia del trazado de las líneas de transporte público existentes. Los parámetros básicos por la cual nos debemos basar para realizar la planificación y trazado de rutas de transporte público más importantes son las que mencionamos a continuación.

Traslado hacia centros de trabajo. - Oficinas públicas y privadas en el área central y zonas concurrentes de la ciudad

Traslado hacia centros de abasto. - Mercados y centros de abasto en general.

Traslado hacia centros comerciales. - En la zona central y otras zonas concurrentes de la ciudad.

Traslado hacia otros destinos de la ciudad. - Donde se engloban las diversas necesidades de la población.

2.1.3. La vía

Entendemos por vía, la faja de terreno adicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de vía incluye las calles de la ciudad.

En la práctica boliviana podemos distinguir varias clasificaciones del tipo de vías, algunas de las cuales coinciden con la práctica en otros países.

2.2. Tipos de calles urbanas

Primeramente, se puede hacer una distinción o clasificación general de las vías, que pueden ser; vías urbanas y vías interurbanas o llamadas también carreteras.

2.2.1. Vías urbanas

Las vías urbanas son vías diseñadas para poder brindar todas las comodidades de locomoción tanto peatonal como vehicular en las ciudades.

A su vez las vías urbanas podemos clasificar también, tomando en cuenta para ello aspectos funcionales de las mismas como sigue:

Entendiéndose como red viaria al conjunto de vías que se entrecruzan y se comunican organizadamente y de esta manera establecen la unión de zonas, ciudades, etc.

La red viaria urbana se divide en lo que es red municipal y la red arterial, la primera considerada como el conjunto de vías que canalizan básicamente el tráfico urbano, que es aquel que se mueve en el interior de las ciudades o que sus recorridos y destinos se encuentran dentro las ciudades.

La red municipal esta a su vez formada por los sistemas generales y por los sistemas locales, según su importancia funcional en lo que son ciudades.

Los sistemas generales constituyen el viario estructurante de la ciudad y forman, básicamente las vías barriales de la misma. A su vez los sistemas locales están integrados por la red secundaria o de relleno de la ciudad, formada por la red secundaria municipal.

La red arterial vendría a ser el viario conformado por el tráfico de origen exterior a las ciudades que puede ser; tráfico que se encuentra de paso por la misma, o el tráfico que llegue a la ciudad o tráfico de acceso, mayormente dicho tráfico se encuentra un poco alejado del centro de las ciudades aunque en el caso de nuestro país, en algunas ciudades estos vehículos atraviesan el centro de las mismas, nos referimos a los buces o flotas de transporte de pasajeros.

Es así como estas vías deberían estar siempre alejadas del centro de la ciudad empiezan a parecerse a carreteras desde el punto de vista funcional y por esto se las denomina carreteras urbanas, el conjunto de estas vendría a ser la red arterial.

Esta clasificación funcional de las calles es la que se tomara en cuenta en este trabajo, pero existe también otros criterios de clasificación y agrupación de calles desde varios puntos de vista; algunos de los criterios más usuales son los siguientes:

1. Según el grado de integración de sus tráficos: desde el punto de vista exclusivo de los tráficos que soportan, las calles pueden ser monomodales y plurimodales.

Calles monomodales: aquellas que admiten un único modo de transporte ejemplo:

Calles peatonales

Calles exclusivas de vehículos motorizados

Calles exclusivas de transporte colectivo, etc.

Calles plurimodales: en las que recorre más de un modo de transporte pueden ser:

Calles con segregación total de tráficos en que cada modo circula por su propia banda en exclusiva (calzada, acera, carriles- bici, etc.)

Calles con segregación parcial de tráficos, con los modos motorizado de las calzadas y el no motorizado en la acera.

Calles de coexistencia de tráfico, en las que hay una asignación genérica de espacios por funciones, con posibilidad de mezcla de tráfico

2. Según la anchura de calle: la anchura de la calle, si bien está relacionada con su capacidad de tráfico e, indirectamente, con su importancia no es aislante. Consideradas pueden ser:

Calles estrechas, de anchura igual o inferior a 5-8 m.

Calles medias, entre 8 y 20 m.

Calles anchas, superiores a 20 m.

2.2.2. Vías interurbanas

Las vías interurbanas también llamadas carreteras se pueden definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales fue acondicionada. Existen varias maneras de clasificar a las carreteras o vías interurbanas de acuerdo a distintos puntos de vista entre las más importantes tenemos:

Clasificación administrativa. - En nuestro país la clasificación administrativa es la siguiente:

Carreteras fundamentales. - Son las que se hallan dentro de la red fundamental de carreteras. La red fundamental es aquella que une capitales de departamento, capitales de provincia y puntos importantes de frontera.

Carreteras Complementarias. - Son aquellas que nacen de la red fundamental.

Carreteras Vecinales. - Son aquellas que por lo general nacen de las carreteras complementarias.

Clasificación Funcional. - Generalmente se las agrupa en:

Arteriales. - Son las que proporcionan un alto nivel de movilidad.

Colectoras. - Que proporcionan movilidad y acceso a la propiedad.

Locales. - Que proporcionan un alto grado de acceso a la propiedad.

2.3. Características de las vías urbanas

Como ya se mencionó anteriormente, el aspecto más importante que marca la diferencia entre una vía urbana y una vía interurbana es que en las vías urbanas existe la presencia del hombre, aspecto muy importante que impone el diseño de estas, tomando en cuenta todos los implementos que serán necesarios para brindarle al mismo los servicios precisos para las actividades que desarrolla cotidianamente.

A excepción de las vías arteriales en las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero si implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se le llama alumbrado público y es así como las carreteras se convierten en calles. Las redes de servicios telefónicos, eléctricos, etc., que en vías interurbanas son aéreas ya en las vías urbanas deben ser enterradas, debido mayormente a las incomodidades y peligros que representan.

Asimismo, los servicios de drenaje que en vías interurbanas son superficiales, en vías urbanas deben ser subterráneos. Otras características de las vías urbanas a diferencias de las vías interurbanas vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbana, de igual manera la velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, el peso de los vehículos son también características que presentan las vías urbanas. Pasaremos a explicar brevemente cada una de las características de las vías urbanas que marcan la diferencia con respecto a las carreteras, ya que un estudio más detallado lo veremos en el siguiente capítulo.

2.3.1. La Calle

Las distintas definiciones de los principales diccionarios y enciclopedistas ponen en relieve algunos de los rasgos que caracterizan a la calle: Espacio público urbano, soporte e actividades ciudadanas en un ámbito no privado.

Dimensión longitudinal, con predominio de la organización lineal de las actividades e infraestructuras.

Espacio entre edificaciones, con importante componente arquitectónica.

Pero estas definiciones contrastan con una realidad no tan sencilla, debido a la gran variedad de tipos de calle y la gran riqueza de actividades que encierran. Permaneciendo y transformándose a lo largo de la historia, la calle se ha convertido en receptáculo de buena parte de las relaciones humanas que se desarrollan en el ámbito urbano. Se puede decir que la función de la calle es doble ya que, por un lado, es un camino, un canal de

transporte, es decir un soporte de viajes. Por otro es un espacio de estancia de juego, de trabajo, de reunión de espectáculo de manifestación y lucha, espacio simbólico, en suma, un espacio de relación e interacción social. La calle por lo tanto es mucha más que una vía de tráfico.

2.3.2. Aceras

Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la calzada. En las calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar la velocidad por no existir demasiado volumen de tráfico; el césped también es colocado por razones estéticas, existiendo para todo esto normas de los anchos mínimos y máximos adecuados que se deben emplear en el diseño. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Para poder proyectar un ancho adecuado de las aceras es necesario tener una idea del volumen peatonal que va a circular por la misma a fin de proporcionar la capacidad apropiada. La construcción de aceras es un imperativo en toda zona edificada. Sin embargo, muchas veces se ha discutido su justificación en ciertas zonas rurales, semirurales o en proceso de urbanización.

Actualmente en Bolivia y particularmente en Tarija existen zonas edificadas (urbanas) en las cuales prácticamente no existen aceras o las mismas son demasiado estrechas, significando esto un peligro enorme para los peatones y mucha inseguridad para los conductores que por esta razón deben reducir la velocidad lo cual disminuye la capacidad de la calzada. Por todo esto la inexistencia de las aceras en las ciudades no se debería dar nunca, por lo que es necesario solucionar este problema. Las aceras en ocasiones se convierten en elementos muy difíciles de diseñar, debido a que en algunos lugares la necesidad de varios servicios obliga a disponer de muchos elementos

superficiales tales como semáforos, postes, elementos de señalización, columnas o obstáculos de alumbrado, armarios para servicios eléctricos, elementos de mobiliario urbano, etc., y debido a esto a veces resulta difícil el poder ordenar adecuadamente cada uno de estos para la comodidad de los usuarios.

2.3.3. Bordillos

Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados, que se suelen colocar a ambos lados de la calzada de las vías de acuerdo a su función se pueden clasificar a los bordillos en tres tipos:

Bordillos Traspasables. - Son los que tiene como fin dificultar algo la salida de los vehículos de la calzada, pero pueden ser traspasados fácilmente por los mismos en casos de urgencia o necesidad.

Bordillos Barrera normales. - Son los más usados en nuestras ciudades, se proyectan para evitar que los vehículos que vayan a bajas velocidades puedan subir fácilmente a las aceras y atropellar a los peatones o invadir zonas dedicadas a césped. Tiene de 15 cm de altura en adelante pero no deben pasar de 20 cm a fin de que no dañen a los automóviles que se estacionen contra ellos. Por lo tanto, los vehículos pueden traspasarlo en caso de necesidad muy urgente, aunque dando fuertes golpes si no reducen su velocidad considerablemente. Restringen el ancho de las calzadas de 0,3 a 0,9 m.

Bordillos Barrera altos. - Tiene más de 20 cm de altura y su misión es impedir a toda costa que los vehículos se salgan de la calzada son usados en sitios peligrosos tales como puentes, viaductos o junto a precipicios. Pueden ser de tipo escalonados, los carriles adyacentes a estos bordillos deben ser de 0,75 a 1,8 más anchos que lo normal.

2.4. Parámetros fundamentales

2.4.1. Volumen e intensidad

El volumen de tráfico de una carretera está determinado por el número y tipo vehículos que pasan por un punto dado durante un periodo de tiempo específico.

Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el volumen de Tráfico Diario (T. D.). Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el volumen de Tráfico Anual (TA.).

El Tráfico Anual (TA.) y el Tráfico Diario (TD.) están relacionados a la factibilidad y la estadística técnico-económica.

Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el volumen de Tráfico Horario (TH.).

El tráfico horario está estrechamente ligado a la determinación de número de carriles, el ancho de plataforma y algunas características geométricas en el alineamiento horizontal y vertical de carreteras.

El Tráfico Promedio Diario (TPD), sirve para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

El TPD, en general, es representativo de los volúmenes vehiculares en determinada época del año. El período de conteo debe ser menor a treinta días.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 hrs. al día durante y los 365 días del año. Los volúmenes de tráfico (TPDA) y (TPD), sirven para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

2.4.2. Intensidad

Es el dato básico para la realización de cualquier estudio de planeamiento y explotación de redes varias, la intensidad de circulación. Para conocerla es necesaria contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación puede realizarse manualmente o por medio de aparatos especiales y puede hacerse clasificando más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan. Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos / Hora

y vehículos / día. Cuando se emplea como unidad los vehículos / hora se habla de intensidad horaria, y cuando se utilizan los vehículos/día se habla de la intensidad diaria.

La intensidad es la característica más importante de la circulación vial ya que las demás pueden relacionarse con ella más o menos fácilmente.

Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o automáticamente utilizando aparatos contadores. Estos aforos se realizan durante periodos más o menos largos, y se obtiene así un registro de los valores de la intensidad durante dichos periodos. La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Como valor representativo de la misma durante el periodo de medida, se suele adoptar la intensidad diaria (u horaria si el periodo de medida es menor a un día) media de todas las registradas. Generalmente el periodo de aforo se extiende durante un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras, y se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido entre 365.

2.4.3. Velocidad

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 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 uniforme 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 la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para lo que, 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.

2.4.4. Densidad

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que existen por unidad de longitud sobre una carretera. Se puede medir, por ejemplo, obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él. Pero realmente esta magnitud rara vez se mide, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad o intensidad.

Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están 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 los vehículos están parados, ya que le resultaría imposible moverse, incluso a pequeña velocidad, sin golpearse unos a otros.

Se ha comprobado que la libertad de maniobra y separación de estos vehículos son altamente valores por los conductores en relación con la calidad de servicio de circulación.

La distancia entre dos vehículos (d) sumada a la longitud del vehículo (L) es el intervalo espacial o espaciamiento (s)

$$S = d(\text{intervalo hueco}) + L(\text{vehículo})$$

Esta variable tiene un valor medio o espaciamiento medio S_0 cuya inversa es por definición la densidad:

$$D = \frac{1}{S_0}$$

Consecuentemente la densidad es una variable que explica directamente la valoración que hacen las condiciones de la calidad de la circulación, de ahí el interés en utilizar esta

variable.

2.5. Analizar la infraestructura del proyecto

La infraestructura dedicada a la operación del transporte público influye en la selección del tipo y número de vehículos que se requiere para atender a la demanda. Para que un sistema de transporte opere óptimamente, es necesario que cuente con infraestructura básica como: paradas, estaciones, carriles (que consideren radios de giro adecuados) y sistema de cobro.

Los elementos que deben considerarse son:

Carriles

Radios de giro

2.5.1. Carriles

El carril es el espacio por el cual el vehículo de transporte circula. Actualmente existen diferentes tipos de carril, entre los que se encuentran:

Tránsito mixto: Es donde los vehículos de transporte público conviven con el tránsito particular. En este tipo de carriles la circulación es lenta, por lo que una detención general afecta a la circulación del transporte público y viceversa. Se alcanza una velocidad promedio de operación de 15 km/h.

Figura 2.2 Carril de tránsito mixto



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

Carril prioritario: Carril que da prioridad de paso a los vehículos de transporte público. En este tipo de carriles no existe una segregación física y su efectividad depende de la cultura vial. En este tipo de carriles, se puede alcanzar una velocidad de 17 km/h.

Figura 2.3 Carril de tránsito prioritario



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

Carril exclusivo/confinado: Exclusivo para unidades de transporte público; es decir, se encuentran divididos los flujos del tránsito general y de los vehículos de transporte. Se pueden alcanzar velocidades de 20 km/h o más, dependiendo del número de intersecciones y de paradas con las que se cuenta a lo largo de la vía.

Figura 2.4 Carril exclusivo o confinado



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

Carril de rebase: Permiten el sobrepaso de los vehículos y pueden ser de dos tipos. Como se mencionó en el paso 1, una forma de atender mayor demanda es teniendo carriles de sobrepaso.

Un carril sin confinamiento al alcanzar frecuencias de 60 vehículos hora, se encuentra en el límite de capacidad; sin embargo, si se tiene un carril de rebase, se puede incrementar el número de frecuencias que pasan por el punto de máxima carga, incrementando con esto la capacidad del corredor.

Para obtener este incremento de capacidad, se implementan rutas exprés que solo atienden determinadas paradas del corredor, utilizando el carril de rebase para circular a una mayor velocidad y tener una mejor cobertura. Para poder implantar este tipo de rutas es necesario tener muy bien estudiados los orígenes y destinos de los usuarios, así como estudiar los horarios en los que son requeridos estos tipos de rutas.

Carril de rebase en estaciones: En este tipo de carriles, el sobrepaso de los vehículos se realiza en la estación, permitiendo que los vehículos rebasen mientras se encuentran en la estación haciendo el ascenso y descenso de los usuarios. En este tipo de carriles, la ruta exprés puede alcanzar velocidades alrededor de los 25 km/h, permitiendo hasta un total de 90 frecuencias máximas.

Figura 2.5 Carril confinado con rebase en estaciones en Guadalajara, México



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

Figura 2.6 Carril confinado con rebase en estaciones en Medellín, Colombia



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

Carril de rebase a lo largo del corredor: Se tienen dos cuerpos por sentido, confinados a lo largo de todo el recorrido de la ruta. La ventaja de este tipo de corredores es que el rebase de los vehículos se puede dar en cualquier momento a lo largo del corredor. En este tipo de carriles, la ruta exprés puede alcanzar velocidades de 30 km/h, atendiendo una frecuencia máxima de 120 frecuencias por hora.

Figura 2.7 Carril confinado con rebase en estaciones



Fuente: Guía técnica de selección de vehículos de transporte público

2.5.2. Radios de giro

Este indicador nos muestra el espacio necesario para que un vehículo pueda realizar un giro de 180° libremente sin tener que realizar maniobras de reversa, dice que entre más corto es el radio de giro de un vehículo, más maniobrabilidad ofrece.

Existen dos tipos de radios de giro que se deben considerar: el primero que se forma con la trayectoria de las ruedas y el segundo que se forma con la trayectoria de la carrocería. La distinción entre estas dos mediciones se hace necesaria al diferenciar el giro del vehículo en la vialidad, donde posiblemente el radio de giro de las ruedas es suficiente para determinar la maniobrabilidad del vehículo con respecto a las guarniciones de las banquetas; mientras que, en interiores como terminales o encierros, se debe considerar el ancho total del vehículo para evitar colisiones con paredes u otros vehículos.

Nota: Según datos de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) de 1994, los radios de giro de diseño de un vehículo utilitario se establecen en 7,3 m, mientras que los autobuses más grandes deben cumplir con un radio de giro de 13,7 m de acuerdo con la longitud de cada vehículo. En la siguiente tabla, se muestran los radios de giro dependiendo de la longitud del vehículo.

Tabla 2.1 Radios de giro según tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Radio interior	Radio de diseño
<8	4.70	7.30
A	7.40	12.80
B	7.40	12.80
C	8.70	12.80
D	6.00	13.70
E	2.80	13.70
F	2.80	13.70

Fuente: AASHTO, con análisis de CTS EMBARQ México

2.6. Capacidad vial

La capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que puede pasar por un punto o una sección uniformemente de un carril o calzada durante un

intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

La infraestructura vial, sea este una carretera o calle, puede ser de circulación continua o discontinua. Los sistemas viales de circulación continua no tienen elementos fijos externos al flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación. Los sistemas viales de circulación discontinua tienen elementos fijos que producen interrupciones periódicas del flujo de tránsito, tales como los semáforos, las señales de alto y otros tipos de regulación.

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

Capacidad para vías ininterrumpidas

Capacidad para vías interrumpidas

Capacidad para vías ininterrumpidas

En este grupo están todas las carreteras y autopistas rurales o urbanas.

Capacidad en vías interrumpidas

A diferencia de lo que ocurre en las carreteras o vías interrumpidas en calles urbanas se considera a las vías de carácter interrumpido debido a que en la circulación existen una serie de factores que producen paralización y demoras en la circulación haciéndose el tráfico interrumpido.

Entre esos factores los más importantes son:

Semáforos en intersecciones a nivel

Agentes de tránsito que guían la circulación en intersecciones

Cruce de peatones

Detención de vehículos por diferentes causas

Las relaciones entre volumen y la capacidad nos permiten realizar un análisis del comportamiento del tráfico. Las condiciones que se pueden ser las siguientes:

Si el volumen de tráfico es menor ($<$) a la capacidad, las condiciones de circulación pueden ser aceptables.

Si el volumen de tráfico es igual ($=$) a la capacidad, las condiciones de circulación son críticas pero aceptables.

Si el volumen de tráfico es mayor ($>$) a la capacidad, la condición de circulación ya no es aceptada.

2.6.1. Importancia de la capacidad

Cuando la demanda supera a la capacidad se produce la sobresaturación y el gran aumento de la demora, en estos casos el cálculo de la capacidad adquiere entonces la máxima importancia.

Es necesario saber cuál es la capacidad de trabajo de una carretera tanto para las nuevas carreteras como para evaluar las ya existentes las cuales pueden llegar a saturarse y las estimaciones de capacidad y nivel de servicio son necesarias para la toma de decisiones y acciones de ingeniería de tráfico.

2.6.2. Factores que condicionan la capacidad

La capacidad depende de las condiciones existentes, estas condiciones se refieren fundamentalmente a las características de la sección (trazado, estado del pavimento, etc.) y las del tráfico (específicamente su composición). Además, hay que tener en cuenta las regulaciones de la circulación (limitaciones de velocidad, prohibiciones de adelantamiento, etc.) que incluyen sobre el tráfico. Por último, hay que considerar las condiciones ambientales y meteorológicas, aunque la influencia de estos factores generalmente es pequeña y solo en condiciones excepcionales puede llegar a ser importantes.

2.6.3. Factores que dependen del tráfico

Se refiere la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio, a su composición en tipos de vehículos livianos (públicos y privados), medianos (públicos y privados), y pesados (públicos y privados)

2.6.4. Composición de tránsito

Vehículos pesados

Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones que los coches, generalmente se mueven a menor velocidad. Por ello, y entre los vehículos que circular por una carretera hay vehículos pesados.

El número total de vehículos que pueden atravesar una sección será menor que si todos los vehículos fueran coches. Por consiguiente, la capacidad de la carretera será menor si circulan vehículos pesados a sí mismo, se producirá una reducción en el nivel de servicio, ya que los vehículos pesados, que son más lentos, obligaran a alguno, a reducir su velocidad y a efectuar maniobras de adelantamiento.

Para tener en cuenta el efecto producido por los vehículos pesados se utiliza el concepto de número de coches equivalente a un vehículo pesado.

2.6.5. Variaciones del tránsito

La intensidad del tráfico en cualquier tipo de vía experimenta variaciones a lo largo del tiempo. Aunque dentro de una determinada tendencia general (ascendente o descendente) se observa oscilaciones cíclicas según la escala del tiempo considerado anual, semanal o diario y otras totalmente aleatorias.

Es preciso considerar las fluctuaciones que sufre el tráfico a lo largo del día, existiendo periodos de mucha mayor intensidad (hora punta durante un periodo de 15 minutos) que otros más tranquilos. Para tener en cuenta estos efectos el HCM 1985.

2.6.6. Distribución de tránsito entre calles

En las carreteras con varios carriles por sentido (autopistas, etc) los vehículos más rápidos tienden a utilizar preferentemente los carriles de la izquierda para evitar a los otros más lentos. Por ello, salvo son intensidades de tráfico muy bajas, los carriles de la izquierda pueden soportar una intensidad de tráfico superior a la del carril de la derecha. Al ser utilizados por vehículos más rápidos, se mantienen un buen nivel de servicio, con mayor flujo que el que tiene carril derecho. Sin embargo, no es necesario liderar con detalle estas variaciones entre carriles ya que los métodos de cálculo desarrollados más adelante estiman conjuntamente la intensidad de servicio total de todos los carriles.

2.6.7. Control de tránsito

Hace referencia a los dispositivos para el control de tránsito, tales como semáforo, señales restrictivas (alto, ceda el paso, no estacionarse, no girar, etc.) Es decir, se deben tomar en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento, así como las condiciones ambientales como meteorológicas. Estos dos últimos factores no influyen decisivamente.

2.7. Nivel de servicio

El nivel de servicio es un intento en describir las condiciones operacionales del volumen del tránsito tal y como las percibe el usuario. El nivel de servicio mide la calidad flujo vehicular, es decir el nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular.

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía:

Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas

Demoras

Libertad de maniobras

Interrupciones del tránsito

La manera de combinar estos factores depende del tipo o elemento de carretera que se esté considerando, por lo que la definición de cada nivel de servicio particular es distinta en intersecciones, en tramos de carretera de dos carriles, en autopistas, etc. Se emplean seis niveles de servicio que se designa, de mejor a peor, por las letras mayúsculas de la A a la F.

2.7.1. Definición de niveles de servicios

El manual de la capacidad de carreteras HCM, ha establecido seis niveles de servicio denominados con las primeras letras del alfabeto (A, B, C, D, E, F) que van del mejor al peor, los cuales se definen según las condiciones de operación ya sean de circulación continua o discontinua.

Nivel de servicio A

Es aquel que por sus condiciones de circulación son de flujo libre, bajos volúmenes y altas velocidades hay poco o nada de limitación de maniobras por la presencia de otro vehículo, existiendo pocos o nulos retardos.

Representa circulación a flujo libre. Los usuarios, considerados en forma individual, están virtualmente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación es excelente.

Figura 2.8 Nivel de servicio A



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

Nivel de servicio B

Es aquel cuyas condiciones de circulación tiene un flujo estable en las que las velocidades empiezan a ser restringidas, pero con cierta libertad para definir su velocidad y su carril. Al existir un mayor volumen se hace algo más restringidas las maniobras de los vehículos.

Está aún dentro del rango de flujo libre, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación.

La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra.

El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior, porque la presencia de otros vehículos comienza a influir en el comportamiento individual de cada uno.

Figura 2.9 Nivel de servicio B



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

Nivel de servicio C

Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable, pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebase. Sin embargo, se considera todavía en condiciones apropiadas de circulación y por ello se ha establecido que este nivel de servicio es el más adecuado y equilibrado para fines de diseño. Pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios.

La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

Figura 2.10 Nivel de servicio C



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

Nivel de servicio D

Las condiciones de circulación se acercan a un flujo inestable, con velocidades de circulación bajas, las fluctuaciones de volúmenes son mayores y por tanto las restricciones de maniobras muy frecuentes.

Representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el usuario experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Pequeños incrementos en el flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento, incluso con formación de pequeñas colas.

Figura 2.11 Nivel de servicio D



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

Nivel de servicio E

Las condiciones de tráfico prácticamente son inestables las velocidades de operación son bajas, los volúmenes ya están cerca de la capacidad de la carretera y calle y pueden existir demoras o paradas de duración pequeña

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de su capacidad. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme.

La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a los vehículos a “ceder el paso”. Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores. La

circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

Figura 2.12 Nivel de servicio E



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

Nivel de servicio F

En este nivel las condiciones de circulación son de flujo forzado, velocidades bajas, detenciones frecuentes y mayores lapsos de tiempo considerándose a este nivel prácticamente de tráfico congestionado.

Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad de tránsito que se acerca a un punto excede la cantidad que puede pasar por él.

En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables, típicas de los “cuellos de botella”.

Figura 2.13 Nivel de servicio F



Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras de los Estados Unidos (HCM-1998)

2.7.2. Importancia del nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y las categoriza, según su calidad, conocer el nivel de servicio de una carretera nos ayuda a tomar decisiones sobre las acciones que se deben considerar sobre ellas.

2.7.3. Factores que afectan el nivel de servicio

Existen diversos factores directamente relacionados con el nivel de servicio de una determinada vía, y que condiciona el nivel de servicio de la misma.

Factores internos

Los factores internos son aquellos que corresponden a variaciones de la velocidad, volumen, composición de tránsito, porcentaje de movimiento direccionales, etc.

Factores externos

Entre los factores externos están las características físicas, tales como ancho de carril, la distancia libre lateral, las pendientes, etc.

2.7.4. Condiciones prevalecientes

Es necesario tener en cuenta el carácter probabilístico de la capacidad, por lo que puede ser mayor o menor en un instante dado. A su vez, como la definición misma lo expresa, la capacidad se define para condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican; éstos se agrupan en tres tipos generales:

2.7.5. Condiciones prevalecientes del tránsito

Se refieren a:

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

Composición vehicular: Automóviles, autobuses o camiones.

Maniobras de estacionamiento.

Paradas de autobuses

2.7.6. Condiciones prevalecientes de la calle

Se refieren a las características geométricas de los accesos:

Número y ancho de carriles.

Pendientes.

Uso de carriles.

2.7.7. Condiciones prevalecientes del semáforo

Secuencia de fases.

Asignación de tiempos.

Tipo de operación o control

2.8. Introducción al ámbito de la aplicación HCM 1985

El Manual de Capacidad de Carreteras es una publicación de Transportation Research Board (TRB) en los Estados Unidos. Contiene conceptos, directrices y procedimientos de cálculo para la capacidad y nivel de servicio en las carreteras.

El manual tiene como intención proveer una base sistemática y congruente para el establecimiento de los valores estimados de la capacidad y los niveles de servicio del sistema de transporte terrestre. Dichos parámetros y métodos han sido establecidos a partir de una amplia gama de estudios e investigaciones llevados a cabo durante los últimos cincuenta años en los que se reflejan condiciones promedio de circulación en los EE. UU.

De manera que al hacer uso del HCM 1985 debe tenerse en cuenta que la mayoría de los datos de investigación provienen particularmente de valores por defecto y aplicaciones para los EE.UU. El análisis debe tener en cuenta una amplia variedad de condiciones que prevalecen, incluida la cantidad y distribución de los movimientos de tráfico, características geométricas y los detalles de la semaforización en la intersección.

La metodología se centra en la determinación de para las condiciones conocidas o proyectadas.

La metodología se refiere a la capacidad y otras medidas de rendimiento para los accesos. La capacidad se evalúa en términos de la relación de caudal de la demanda a la capacidad (relación V/C), mientras que los niveles de servicio se evalúan sobre la base de control de retardo por vehículo (en segundos por vehículo).

De control de retardo es la porción de la demora total atribuido a la señal de tráfico de operación de las calles.

2.9. Criterios de análisis de capacidad y niveles de servicio

Los factores externos que afectan el nivel de servicio, como son físicos, pueden ser, medidos a una hora conveniente. En cambio, los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el periodo de mayor flujo. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso. Para tomar esto en cuenta, es conveniente determinar la proporción del flujo para un periodo máximo dentro de la hora de máxima demanda. Usualmente se acostumbra un periodo de 15 minutos, sobre el volumen, en la hora de máxima demanda.

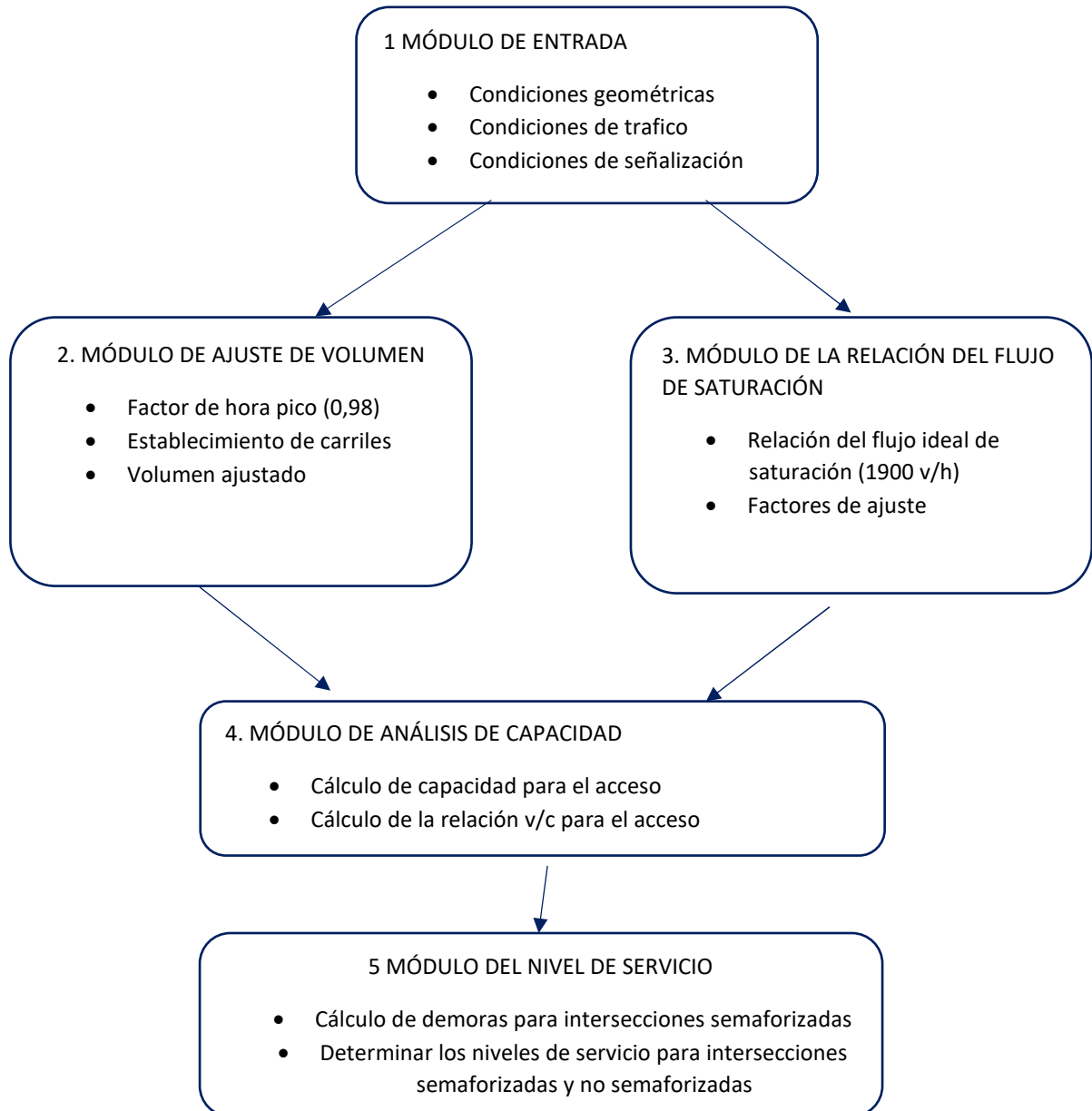
Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio. En determinadas circunstancias se hace el análisis para predecir con qué flujos, o volúmenes, y a qué plazo se llegará a la capacidad de esa parte del sistema vial.

2.10. Metodología para la determinación de la capacidad y nivel de servicio

Este capítulo presenta el desarrollo de la metodología de análisis operacional HCM 1985, para intersecciones semaforizadas. El análisis operacional resulta en la determinación de la capacidad y nivel de servicio para cada grupo de vías, así como el nivel de servicio para toda la intersección. La capacidad se evalúa en términos de la relación entre la intensidad de la demanda y la capacidad (relación v/c), mientras que el nivel de servicio se evalúa en base a la demora media por vehículo.

La finalidad de este capítulo es dar a conocer el procedimiento de cálculo de la capacidad y nivel de servicio, se requiere información detallada de las condiciones de la geometría, las condiciones del tránsito y las condiciones de semaforización. El desarrollo y el orden de la computación básica para el método se dividen en cinco módulos cuyos parámetros principales son:

Figura 2.14 Procedimiento del análisis operacional manual HCM-1985



Fuente: HCM-1985

Esta información constituye la base para la selección de valores y procedimientos de cálculo en los módulos que siguen.

Figura 2.15 Datos necesarios de entrada para el análisis del HCM 1985

Tipo de condición	Parámetro	Símbolo
Condiciones geométricas	Tipo de área	CBD urbano 0.9 Otras 1
	Número de carriles	N
	Número de carriles de operación	N
	Ancho de carril (m o pies)	W
	Pendiente (%)	A nivel + (ascendente) - (descendente)
Condiciones de estacionamiento	Condiciones de estacionamiento	
	Volúmenes por movimiento total, giro izquierdo y derecho	VTH-ERT-ELT
	Factor de hora pico	PHF 0.98
	Porcentaje de vehículos pesados	% HV
	Número de paradas de autobuses en el acceso	Nm
Condiciones de señalización	Actividad de estacionamiento. (maniobras de estacionamiento hora)	Nb
	Tiempo del ciclo (seg.)	C
	Tiempo de luz verde (seg.)	G

Fuente: HCM-1985

2.11. Características de la operación del nivel de servicio HCM 1985 en intersecciones

Nivel de servicio A: Representa al flujo libre. La circulación de los vehículos queda virtualmente libre de los efectos de la presencia de otros vehículos y las operaciones únicamente quedan restringidas por la geométrica de la carretera y por las preferencias del conductor.

Nivel de servicio B: Esta en el intervalo de un flujo estable, pero la presencia de otros usuarios en la corriente del tránsito empieza a ser notoria.

Nivel de servicio C: Esta en el intervalo de flujo estable, pero marca el inicio del intervalo de flujo en el cual la operación de los usuarios en forma individual empieza a ser efecto significativamente por la interacción con otros en la corriente de tránsito.

Nivel de servicio D: Representa alta densidad, pero un flujo estable en el cual la capacidad de maniobra se ve seriamente restringida debido a la congestión de la circulación.

Al incrementarse los volúmenes la velocidad de recorrido comienza a reducir.

Nivel de servicio E: Representa las condiciones de operación o cerca del nivel de la capacidad.

Nivel de servicio F: Se usa para definir un flujo forzado y a los embotellamientos.

El nivel de servicio para intersecciones semaforizadas: está basada en la demora promedio de parada por vehículo para varios movimientos dentro de la intersección.

Mientras la relación v/c afecta la demora, existen otros parámetros que la afectan más fuertemente, tales como la calidad de la sincronía, la duración de las fases de la luz verde, la duración del ciclo y otros.

La clasificación del nivel de servicio para intersecciones con semaforización el manual HCM define niveles de servicio en términos de la demora promedio de parada por vehículo, siendo esta una medida que refleja la molestia y frustración del conductor, el consumo de combustible y la pérdida viaje de tiempo.

Tabla 2.2 Nivel de servicio HCM 1985 intersecciones con semaforización

N.S.	Características de la operación	Demora (Segundos)
A	Baja la demora, sincronía extremadamente favorable y ciclos cortos. Los vehículos no hacen alto	< 5.00
B	Ocurre una buena sincronía y ciclos cortos. Los vehículos empiezan a detenerse.	5.1 a 15.0
C	Ocurre con una sincronía regular y/o ciclos largos Los ciclos en forma individual empiezan a fallar.	15.1 a 25.0
D	Empieza a notarse la influencia de congestionamientos ocasionados por un ciclo largo y/o una sincronía desfavorable o relaciones v/c altas. Muchos vehículos se detienen.	25.1 a 40.0
E	Es el límite aceptable de la demora; indica una sincronía muy pobre, grandes ciclos y relaciones v/c mayores. Las fallas en los ciclos son frecuentes.	40.1 a 60.0
F	El tiempo de demora es inaceptable para la mayoría de los conductores. Ocurre cuando los valores del flujo exceden a la capacidad o cuando las relaciones v/c sean menores que 1 con una sincronía muy pobre y/o ciclos demasiado largos.	> 60.0

FUENTE: HCM 1985

TABLA 2.3 Nivel de servicio HCM 1985 intersección sin semaforización

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga V/C
A	Flujo libre	0.0
B	Flujo estable	≤ 0.10
C	Flujo estable	≤ 0.30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0.7
E	Flujo inestable	≤ 1
F	Flujo forzado	∞

FUENTE: HCM 1985

2.12. Procesamiento de la HCM 1985

Para comenzar con el procesamiento del HCM 1985 se debe seguir la secuencia de los siguientes pasos tal como lo indica el manual:

2.12.1. Módulo de entrada

1. Una vez localizadas las calles en conflicto de la zona de estudio, se debe realizar aforos para registrar el número de vehículos que pasan por el acceso de la intersección en quince minutos o una hora, tomando en cuenta los movimientos de frente, giro derecho, giro izquierdo y el tipo de vehículo. Realizados los aforos se debe procesar el volumen total horario, los porcentajes de giros derechos e izquierdos y porcentajes de vehículos pesados de cada acceso. También se debe realizar aforos del número de vehículos que estacionan en una hora en los carriles de acceso y el número de maniobras de parada de los autobuses por hora en el acceso cuando suben y bajan los pasajeros.
2. Se debe conocer las características geométricas de los accesos de la calle tales como el número de carril, número de carril de operación, ancho de carril, si existe pendientes mayores al +10% o menores al -6% y si hay presencia de estacionamientos en los accesos.
3. En intersecciones semaforizadas se debe registrar la duración de cada una de las fases del ciclo del semáforo y la duración total del ciclo del semáforo.

Una vez obtenido todos los datos mencionados se procede al cálculo de demás módulos.

Módulo de ajuste de volumen

Valor de flujo de máxima demanda

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

Donde:

V_p = Valor del flujo en v/h.

V = Volumen total horario en v/h.

PHF =Factor horario de máxima demanda, según manual HCM 1985 el factor horario es de 0.98

Ajuste del valor de flujo por carril de utilización

$$V = V_p * U$$

Donde:

V= Valor de flujo de demanda ajustado

V_p= Valor de flujo de demanda en v/h

U= Factor de utilización de carriles.

El factor de utilización de carriles, si se desea la condición promedio el factor será 1.00 si se quiere tener mayor precisión en el cálculo este dado por los siguientes valores

Tabla 2.4 Factor por carril de utilización manual HCM 1985

Grupo de carriles	N de carriles en el grupo	Porcentaje del tránsito que utiliza el carril	Factor de utilización de carril
Directos y compartido	1	100.00	1.00
	2	52.50	1.05
	3	36.70	1.10
Exclusiva vuelta izquierda	1	100.00	1.00
	2	51.50	1.03
Exclusiva vuelta derecha	1	100.00	1.00
	2	56.50	1.13

Fuente: HCM 1985

Registro de proporción de vueltas derechas e izquierdas en el acceso

$$PLT = \frac{VLT}{V}$$

$$PRT = \frac{VRT}{V}$$

Donde:

PLT Y PRT = Proporción de vueltas izquierda y derecha de los vehículos en el acceso, expresado en decimales

VLT Y VRT = Valores de flujo de vuelta izquierda y derecha en v/h

V = Volumen total horario en v/h

2.12.2. Módulo de flujo de saturación

En este módulo se calcula el valor de flujo de saturación para cada acceso que consiste en ajustar el valor de flujo de saturación “ideal” para reflejar la variedad de condiciones prevalecientes.

El cálculo inicia con la selección de un valor de flujo “ideal” que es 1900 v/h el cual se ajusta a una variedad de condiciones prevalecientes que no son ideales.

$$S = S_o * N * F_w * F_{hv} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{rt} * f_{lt}$$

Donde:

S = Valor de flujo de saturación para el acceso, en las condiciones prevalecientes v/h

S_o= Valor del flujo de saturación ideal, generalmente 1900 v/h. valor asignado por el manual HCM 1985

N= Número de carriles de operación en el acceso

F_w= factor de ajuste por ancho de carril

F_{hv}= factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente de tránsito

F_g= factor de ajuste por la pendiente del acceso

F_p= factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento adyacente y la actividad de estacionamiento en ese carril

F_{bb}= factor de ajuste por el efecto de bloqueo para parada de los autobuses

F_a= factor por el tipo de área

F_{rt}= factor de ajuste por vueltas derechas en el acceso

F_{lt}= factor de ajuste por vueltas izquierdas en el acceso

Si no se tienen los factores descritos anteriormente, el valor de s será 1600 v/h, reconociendo que el análisis será aproximado, a grandes rasgos. Para resultados precisos es aconsejable realizar el cálculo de cada uno de los factores que interfieren en el valor de flujo de saturación ideal y el proceso del cálculo es el siguiente:

1. Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)

$$Fw = 1 + \frac{(w - 3,6)}{9}$$

Donde:

Fw = Factor de ajuste de ancho de carril

W = Ancho de carril (m)

Condición:

El ancho de carril jamás deberá ser menor a 2.4 m o mayor a 4.8 m

$$W \geq 2.4 \text{ m y } W \leq 4.8 \text{ m}$$

En función de la ecuación 1 para mayor facilidad se diseñó una tabla de valores para el factor de ajuste por ancho de carril.

Tabla 2.5 Factor de ajuste por ancho de carril manual HCM 1985

Promedio de ancho de carril, w (mts.)	Factor por ancho de carril, Fw
2.44 (8 pies)	0.86
2.74 (9 pies)	0.90
3.05 (10 pies)	0.93
3.35 (11 pies)	0.96
3.65 (12 pies)	1.00
3.96 (13 pies)	1.03
4.26 (14 pies)	1.06
4.57 (15 pies)	1.10
4.88 (16 pies)	1.13

Fuente: HCM 1985

2. Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente de tránsito (Fhv)

(ET) que se utiliza para cada vehículo pesado es de 2.0 unidades de turismos y se refleja en la fórmula:

$$Fhv = \frac{100}{100 + \%PHV(ET - 1)}$$

Donde:

Fhv= Factor de presencia de vehículos pesados

%PHV= porcentaje de vehículos pesados (%)

ET=2 pc/hv

Partiendo de la formula, también se puede obtener el factor de ajuste por vehículos pesados de la siguiente tabla de valores, cuyo resultado será el mismo:

Tabla 2.6 Factor de ajuste por vehículos pesados (Fhv) manual HCM 1985

Porcentaje de vehículos pesados, % HV	Factor por vehículos pesados Fhv
0	1.00
2	0.98
4	0.96
6	0.94
8	0.92
10	0.90
15	0.87
20	0.83
25	0.80
30	0.77
35	0.74
40	0.71
45	0.69
50	0.67
75	0.57
100	0.50

Fuente: HCM 1985

3. Factor de ajuste por la pendiente del acceso (Fg)

Representa el efecto de los grados sobre el funcionamiento de todos los vehículos. Cuando la pendiente en el acceso no sea ascendente mayor a +10, o descendente menor a -6 el factor fg será igual a 1

Es decir

Descendente $fg < -6 = 1.03$

Ascendente $f_g > +10 = 0.950$

A nivel $f_g < 10$ y $f_g > -6 = 1$

Donde:

F_g = Factor de ajuste para la pendiente del acceso

4. Factor de ajuste por la existencia de estacionamiento (f_p)

Cuando existe un carril de estacionamiento adyacente y actividad de estacionamiento en ese carril, se debe calcular el factor de ajuste con la siguiente expresión:

$$F_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N}$$

Donde:

F_p = Factor de ajuste por la existencia de estacionamiento

N = Número de carril utilizado como carril de estacionamiento

N_m = Número de maniobras de estacionamiento por hora (maniobras/h)

Condición:

El número de maniobras de estacionamiento jamás deberá exceder a 180 maniobras por hora, en el caso de ser mayor asumir 180 maniobras/h. El valor del factor de ajuste por estacionamiento debe ser mayor a 0.050, en el caso de ser menor asumir 0.050 como factor de ajuste de estacionamiento. Para accesos donde no exista estacionamiento asumir f_p igual a 1.

Cada maniobra supone para bloquear el tráfico una maniobra de aparcamiento para un tiempo promedio de 18 segundos.

5. Factor de ajuste por bloqueo de paradas de autobuses (f_{bb}).

El factor de ajuste de bloqueo de autobuses f_{bb} , da cuenta de los impactos de tránsito local autobuses que paran para descargar o recoger pasajeros en una parada de autobús, se cree que es un factor importante en el rendimiento del acceso. Cuando existe bloqueo por paradas de autobuses se debe calcular el factor de ajuste con la siguiente expresión.

$$F_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * NB}{3600}}{N}$$

Donde:

Fbb= Factor de ajuste por el número de paradas de autobuses

N= Número de carril que utiliza para realizar parada de autobuses

Nm= Número de autobuses que realizan paradas en una hora (parada/h)

Condición:

El número de paradas de autobuses jamás deberán exceder a 250 paradas por hora, en el caso de ser mayor asumir 250 paradas/h

El valor del factor de ajuste por paradas de autobuses debe ser mayor a 0.050, en el caso de ser menor asumir 0.050 como factor de ajuste de paradas autobuses.

6. Factor de ajuste por el tipo de área (fa)

La aplicación de este factor de ajuste es típicamente adecuada en las zonas que presentan un distrito central de negocios, estas características incluyen la estrecha calle, los derechos de vía, las maniobras de aparcamiento frecuentes, bloqueos de vehículos, taxis y la actividad del bus, giros de radio pequeño, limitado uso de carriles exclusivos a su vez, la actividad peatonal elevado.

Para determinar el factor de ajuste por el tipo de área, se debe tomar en cuenta a qué tipo de zona pertenece nuestro proyecto de estudio, por ello se tiene los siguientes valores

Tabla 2.7 Factor de ajuste por tipo de área fa manual HCM 1985

Tipo de zona	Factor Fa
Centro urbano	0.90
Todas las demás áreas	1.00

Fuente: HCM 1985

7. Factor de ajuste por vueltas derechas (frt)

Este factor nos permitirá realizar un ajuste por vueltas derechas en el acceso cuyo cálculo se determina por la siguiente ecuación:

$$Frt = 1 - (0.15 * Prt)$$

Donde:

Frt= Factor de ajustes por vueltas derechas

Prt= Proporción de vueltas derechas

Cuando no exista giro derecho en el acceso, el factor Frt será igual a 1

8. Factor de ajustes por vueltas izquierda (flt)

$$Flt = 1 - (0.15 * Plt)$$

Donde:

Flt= Factor de ajustes por vueltas izquierdas

Plt= Proporción de vueltas izquierda

Cuando no exista giro izquierdo en el acceso, el factor Flt será igual a 1

Una vez determinado todos los factores de ajuste, se los multiplica con el número de carril de operación y con el valor del flujo ideal, obteniendo así el ajuste del valor del flujo de saturación.

2.12.3. Módulo de capacidad y nivel de servicio para intersecciones sin semaforización

Se relacionan los volúmenes y los valores de flujo de saturación, para calcular la capacidad y las relaciones v/c para cada acceso, cuyo valor nos permitirá obtener el nivel de servicio de cada acceso. El cálculo se realizará de la siguiente manera:

El valor del flujo de saturación calculado es la capacidad del acceso.

Calculado el valor de flujo de demanda ajustado (V) se lo debe dividir con el valor del flujo de saturación (capacidad), cuyo valor obtenido es la relación de flujo v/c obteniendo el valor de la relación de flujo v/c (factor de carga), se debe ingresar a la tabla-3 de niveles de servicio y obtener la clasificación que corresponda. Este procedimiento de capacidad y nivel de servicio se lo debe realizar para cada acceso.

2.12.4. Módulo de capacidad y nivel de servicio para intersecciones con semaforización

Para intersecciones semaforizadas el cálculo es más complejo y se realiza la siguiente manera:

1. Se calcula el valor de la relación de flujo, dividiendo el valor de flujo demanda ajustada (V) con el valor de flujo de saturación
2. Se debe calcular la relación de luz verde, dividiendo el tiempo de luz verde con el tiempo total del ciclo del semáforo.
3. Capacidad en las intersecciones con semáforos se basa en el concepto de flujo de saturación y define velocidad de flujo de saturación.

$$C_i = S_i \frac{g_i}{C}$$

Donde:

C_i = Capacidad (veh/h)

S_i = Flujo de saturación (veh/h)

g_i/C = Relación verde eficaz para grupo de carril i

4. La relación de flujo v/c. se calcula dividiendo el valor del flujo de demanda ajustado (V) con la capacidad de carril X_i se calcula utilizando la ecuación

$$x_i = \left(\frac{V}{C} \right) = \frac{V_i}{S_i \left(\frac{g_i}{C} \right)} = \frac{v_i C}{s_i g_i}$$

Donde:

$X_i = (v/c)_i$ = Razón para el grupo de carril i

V_i = Valor de flujo i (veh/h)

S_i = Flujo de saturación i (veh/h)

G_i = Tiempo de verde efectivo i (seg)

C = Longitud (s) ciclo

5. Determinación de demora para obtener el nivel de servicio en accesos semaforizadas
Los valores derivados de los cálculos de retardo representan el control retardo promedio experimentado por todos los vehículos que llegan en el periodo de análisis, incluidos los retrasos incurridos más allá del periodo de análisis, cuando el grupo de carril esta

sobresaturado. Retardo de control incluye movimientos a velocidades más lentas. La demora se encuentra mediante la siguiente ecuación:

$$d = d1 + d2$$

Así:

$$d1 = \frac{0.30c \left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)(X)\right]}$$

$$d2 = 173X^2 \left[(X - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \left(\frac{16X}{c}\right)} \right]$$

Donde:

d = Demora promedio por parada de vehículo para el acceso en seg/veh

C= Duración total del ciclo en seg.

g/C= Relación de luz verde para el acceso

X= Relación v/c para cada acceso

c = Capacidad del acceso

El primer término de la ecuación (d1) cuantifica la demora uniforme, la demora que ocurre si la demanda de llegada en estudio está uniformemente distribuida en el tiempo.

El segundo término de la ecuación (d2) cuantifica el incremento de la demora de las llegadas aleatorias sobre las llegadas uniformes y por la demora adicional, debido a las fallas del ciclo.

6. Una vez que se haya obtenido la demora promedio por vehículo para cada acceso se consulta la tabla 2.3 para determinar los niveles de servicio.

7. Los niveles de servicio están directamente relacionados con el control de retardo medio por vehículo, para determinar el nivel de servicio de la intersección se debe ingresar a la tabla 2.3 con la demora promedio crítico de los accesos.

Una relación crítica V/C mayor de 1 indica que la señal general y diseño geométrico proporciona una capacidad inadecuada para los flujos dados.

Las mejoras que pueden ser consideradas son incluir cambios básicos en la geometría de intersección (número y uso de carriles) aumento en la longitud de ciclo de la señal si se determina que es demasiado corta y los cambio en el plan de eliminación de la señal. Políticas o normas estatales y locales existentes también deben ser consultados en el desarrollo de las mejoras potenciales

2.13. Consideraciones generales del transporte urbano

En los estudios técnicos relacionados con el tránsito, se debe considerar el transporte público, o lo que también se denomine transporte masivo, el cual se refiere a los vehículos de servicio público que transportan pasajeros.

Buena parte de la población en cualquier país necesita usar el transporte de servicio público.

Aun en el país donde existe la mayor cantidad de automóviles particulares, el país que tiene mayor nivel de vida y la mayor relación de vehículos por habitante, el volumen de pasajeros transportados en estos servicios públicos constituye un factor muy significativo.

De ahí importancia que tiene una correcta operación y un control adecuado, por parte de a las autoridades. En muchos países llegan a millones de pasajeros lo que se transporta diariamente.

Este transporte representa en si una industria básica para el desarrollo del país. La proporción de la población que se dedica a la actividad de los transportes, y la proporción de la población que depende de ellos para su traslado al trabajo, a los centros educativos, en general, para su actividad económica y social, es mucho mayor.

La urbe moderna no podría existir si no cuenta con el transporte de personas. La industrialización, los cambios en la productividad agrícola, y las migraciones, tuvieron como efecto el crecimiento acelerado de las de las ciudades sin la correspondiente infraestructura; aunque podemos afirmar que la ciudad moderna la erigió el automóvil, queriendo decir que la construyo la nueva facultad de movilizarse que este vehículo otorga al ciudadano. Pero al nivel del grupo social las ciudades los consolida el transporte.

De una forma general, la urbanización en Latinoamérica tiene dos componentes que influyen de sobremanera en el problema del transporte: la construcción de calles angostas de las ciudades coloniales y la falta de planeación y control del desarrollo urbano, en especial la forma en que se desarrollaron y se desarrollan los fraccionamientos, legales e ilegales. Las ciudades coloniales no tienen forma de prever los cambios en la tecnología de transporte, y el interés en preservar la historia de estas ciudades exige soluciones en la circulación de los vehículos, calles peatonales, estacionamiento, etc.

Debemos entender muy bien entonces el problema del transporte: permitir la transportación de bienes y personas en condiciones preestablecidas de precio, confort y seguridad en el menor tiempo posible. Las personas viven en un lugar y necesitan ejercer sus actividades productivas y de consumo en otros lugares.

2.14. Principio de transporte urbano

Existen diversos medios de transporte urbano de pasajeros, que pueden ser definidos en varias formas, siendo independientes entre sí. Así por ejemplo un medio puede ser clasificado por la tecnología utilizada, por las características del derecho de vía utilizan, por el tipo de servicio que prestan, por el volumen de viajes que manejan otras características, entonces tenemos:

2.15. Clasificación de transporte

2.15.1. Por el servicio de transporte que prestan

Transporte privado: Se presta en vehículos manejados por el propio dueño circulando en vías proporcionadas y operadas por el estado. Entre estos medios de transporte podemos citar el automóvil la bicicleta la motocicleta.

Transporte de alquiler: Es aquel que es utilizado por cualquier persona que pague una tarifa, vehículos proporcionados por un operador o chofer. Entre los servicios podemos citar los taxis, autos rentados y radio taxis.

Transporte público: Son sistemas de transporte que operan con rutas fijas y horarios predeterminados utilizados por cualquier persona a cambio de una tarifa previamente

establecida.

El transporte público: comprende los medios de transporte en que los pasajeros no son los propietarios de los mismos siendo servidos por terceros, por lo que los dos terceros, por lo que los dos últimos entran dentro la definición de transporte público.

2.15.2. Según el volumen de viajes que maneja

Transporte individual cuando sirve a una persona o a un grupo de organizado de usuarios que viajan a un mismo de destino.

Transporte de grupos cuando traslada a personas sin ninguna relación y con distintos destinos.

2.15.3. Por tipo de derecho de vía

Entendida como la porción de vialidad o superficie de rodamiento por donde circulan los vehículos de transporte:

Derecho de vía “C” vialidad de transito mixto, en la que su superficie de rodamiento es compartida por varios medios de transporte, puede tener acciones de preferencia hacia el transporte público.

Derecho de vía “B” presenta separación física longitudinal, con barreas fijas o guarniciones, pero mantienen los cruces a nivel con peatones y otros vehículos, por ejemplo, autobuses con vías dedicadas al transporte público en la ciudad de Curitiba-Brasil, el tren ligero de la ciudad de Guadalajara y México, etc.

Derecho de vía “A” muestra una separación física tanto longitudinal como vertical del derecho de vía lo que evita cualquier interferencia entre los vehículos y los peatones, puede ser subterránea, elevada o a nivel, por ejemplo: metro, autopistas privadas, sistema de autobuses guiados.

2.15.4. Por el tipo de tecnología

Relacionadas con las características mecánicas de las unidades de transporte y las características del camino mismo.

Soporte: Que es el contacto vertical entre unidad de transporte y la superficie de rodamiento, cuyos ejemplos pueden ser: neumáticos, ruedas de acero, colchón de aire, soporte magnético.

Guiar: Que corresponde a como se controla el movimiento del vehículo en sus movimientos laterales, guiados directamente desde un volante como son: el autobús, trolebús, microbús, automóvil, y con control lateral mediante rieles o guías entre los que podemos citar: el tren ligero, metro, monorraíl, tranvía. En el caso de utilización de rieles se combina el soporte que funciona también como guía de la unidad de transporte.

Propulsión: Esta referida al tipo de unidad motriz con que está equipado el vehículo que puede ser: Motores de combustión interna, (Diesel, Gasolina, GNV), motores eléctricos y los métodos de transferencia tractiva puede ser a través de fricción adhesión, magnética y por hélice.

Control: Corresponde a la forma que regula los movimientos de las unidades de transporte y que pueden ser: Manual visual (automóvil, autobús), manual señal como el ten ligero, o completamente automático que es el caso del metro.

2.15.5. Por tipo de servicio

Se refiere principalmente al tipo de ruta que se presenta en el sistema y a las formas y horario en que opera el transporte.

Tipo de ruta. - Puede de frecuencia intensiva cuando se trata de un servicio a baja velocidad con alta densidad de viajes como es el caso de los servicios de transporte a los aeropuertos y los centros históricos.

Se tienen también las rutas de transporte urbano, que cubren el servicio de una ciudad. Luego están las rutas de transporte regional o suburbano que trabaja con altas velocidades y pocas paradas a lo largo del trayecto y viajes a cierta longitud en las áreas metropolitanas.

Tipo de operación. - Se clasifican en:

Servicios locales con uso extensivo de paradas en toda su ruta.

Servicio de paradas alteradas que operan a mayor velocidad que la anterior.

Servicio expreso que alcanza velocidades comerciales altas, con espaciamiento de paradas más distantes.

Servicios especiales, que funcionan durante eventos o bien como servicios contratados tales como servicios escolares y turísticos.

Se puede concluir que los sistemas de transporte mejoran conforme se va cambiando de un derecho de vía a otro siendo el óptimo, pero el más caro el derecho de vía tipo “A”, a la vez que genera la necesidad de pasar a una tecnología guiada y si comparamos la tecnología y el derecho de vía en que opera el sistema de transporte.

Reclasificamos los medios de transporte en:

Transporte de superficie que opera en calles con tránsito mixto por ej. Autobuses y automóviles

Transporte semiconfinado, operan con un derecho de vía exclusivo, no permitido la operación en su vía de otros vehículos y logran altos rendimientos Ej. Metros, trenes de alta velocidad.

Transporte confinado, operan con un derecho de vía exclusivo, no permitiendo la operación en su vía de otros vehículos y logran altos rendimientos Ej., metros, trenes de alta velocidad.

Transportes especializados tienen consideraciones especiales de acuerdo a su derecho de vía y a su derecho de vía y a su tecnología por ej.: funiculares teleféricos, entre otro.

2.16. Componentes físicos de los sistemas de transporte

Está compuesto principalmente de tres elementos a saber:

Vehículo: Son las unidades de transporte, y en el caso de autobuses y trolebuses se describe el conjunto como parque vehicular, y para el caso de transporte férreo el de equipo.

Infraestructura: Está integrado por la totalidad de los derechos de vía en que operan los sistemas de transporte, sus paradas y/o estaciones, los talleres de mantenimiento y

reparación y las instalaciones de los sistemas de control.

La infraestructura de una red de transporte consiste en todas las instalaciones fijas necesarias para prestar un servicio adecuado. Naturalmente, esta incluye las unidades de transporte. Las terminales y paradas, los talleres de mantenimiento, los derechos de vía y otras inversiones de capital.

La infraestructura está determinada básicamente por las características de demanda, el nivel y la calidad del servicio que el operador pretende lograr y la situación financiera que prevalece en la comunidad.

Las áreas con baja demanda deben presentar una inversión a la infraestructura del mismo orden que las de alta intensidad.

La red de transporte: Está compuesta por todas las rutas de autobuses, los ramales de los sistemas alimentadores o recolectores de colectivos y minibuses y las líneas de tren ligero y metro que operan en una ciudad.

2.17. Transporte masivo urbano

EL crecimiento acelerado en extensión y demográfico, que experimentaron las ciudades en este último siglo. Ocasionalmente cada vez mayores presiones en la demanda de viajes de sus habitantes. Tanto en distancias como en capacidad de transporte, volviéndose críticos los congestionamientos y en las necesidades de estacionamientos, lo que obliga a innovar y crear sistemas de transporte que puedan trasladar mayores cantidades de pasajeros y a mayores velocidades, mejorando la tecnología, que sean más eficientes, que sean amigables con el medio ambiente, que transmiten por derechos de vía totalmente separado (categoría A). Con lo que nació el concepto de transporte masivo con la utilización de unidades de transporte con mayor capacidad y que operen a mayor velocidad.

El ejemplo más sintomático de sistemas de transporte masivo representa el metro, que son soluciones que requieren alto nivel de inversión, y que se crearon para solucionar el problema de la demanda de transporte del área metropolitana de grandes ciudades, y que operan en derechos de vías exclusivas. La mayoría de ellos son subterráneas y sus capacidades de 60000 a 80000 pasajeros por hora por dirección.

Los costos altos de inversión, de mantenimiento y de operación, para la implantación de metros, que solo se justifican con los altos volúmenes de pasajeros han obligado a buscar nuevas alternativas intermedias y de menores costos por lo que se empezaron a implementar en varias ciudades trenes ligeros que normalmente circulan en derechos de vía predominante separados en la superficie, teniendo la posibilidad de transportar un volumen máximo de pasajeros del orden de 30000 pasajeros por hora.

Los todavía elevados costos de los sistemas guiados, de transporte masivo como los descritos en los párrafos anteriores, y la poca flexibilidad de estos sistemas, obligaron a buscar alternativas más baratas que puedan utilizar las vialidades existentes, solamente adquiriendo buses nuevos de gran capacidad y hacer un reordenamiento de las rutas existentes del transporte público se mejorara considerablemente los problemas de congestionamiento en la ciudad de Tarija. Los sistemas de autobuses de tránsito rápido, con autobuses convencionales conforman sistemas de transporte masivo de mediana En los últimos años se han implementado como complemento a los sistemas de transporte masivo. Autobuses de capacidad intermedia, que con 8 o 9 m de longitud externa, tienen una capacidad de transporte de 60 a 70 pasajeros que están destinados a cumplir servicio en rutas alimentadoras donde la demanda de pasajes es menor o en zonas urbanas de calles angostas que son inoperables para los buses gran tamaño.

2.18. Estudios de transporte

Al realizar un estudio de transporte urbano es muy importante la obtención de la información sobre las redes de transporte existentes, la red vial y las condiciones de tránsito, las características operativas de las redes y rutas, así como las características de demanda. Estas características deben incluir los estudios respectivos para definir la máxima demanda.

2.18.1. Recopilación de información

Los métodos más comúnmente utilizados en la recopilación de los datos por muestreo son Observaciones: Se realizan para obtener datos sobre el servicio de transporte (número de vehículos y pasajeros en cada una de las rutas de transporte)

Encuestas: se utilizan generalmente para conocer la demanda en las rutas de transporte público de pasajeros o usuarios potenciales

2.18.2. Información general

Se obtiene de la consulta con autoridades rectoras, transportistas y documentos relativos:

Aspectos históricos

El crecimiento de la ciudad

La población actual y su evolución

Información sobre la oferta de transporte

En el caso del transporte público la principal información debe provenir de las empresas, sindicatos y cooperativas de transporte, entre los que se tiene:

Rutas y paradas

Horarios y tiempo de recorrido

Frecuencias (en hora de máxima demanda y horas valle)

Tarifas

Características de los vehículos (modelos, capacidad, estado del vehículo)

Esta información deberá obtenerse para el transporte público de pasajeros

Número de pasajeros transportados (por vehículo, por día)

Pasajeros-kilometro

Recorridos por vehículo (vehículo-kilometro)

2.18.3. Información sobre la demanda de transporte

Una forma de obtener esta información es a través de las estadísticas de las empresas transportistas (Sindicatos y Cooperativas) y de encuestas.

2.19. Proceso de selección de vehículos de transporte público

2.19.1. Clasificación de vehículos para transporte público

Los vehículos se clasificaron en tipologías que agrupan características similares tales como: longitud del vehículo, cantidad de pasajeros, ubicación del motor y entrada del vehículo.

De esta agrupación resultan seis tipos que van desde el tipo A con autobuses de menor capacidad (minibuses), hasta el tipo F con autobuses de alta capacidad (biarticulados).

Figura 2.16 Tipologías de vehículos de transporte

Tipo de vehículo	Pasajeros	Posición del motor	No. de ejes	Entrada	Longitud (metros)
 A	Menos de 45	Delantera	2	Escaleras	Menos de 8.55
 B1 B2 B3	45 a 60 45 a 60 45 a 60	Delantera Trasera Trasera	2 2 2	Escaleras Escaleras Baja	8,56 a 11,9 8,56 a 11,9 8,56 a 11,9
 C1 C2 C3	61 a 100 61 a 100 61 a 100	Trasera Trasera Trasera	2 2 2	Baja Escaleras Plataforma (puerta izquierda)	12 a 14,9 12 a 14,9 12 a 14,9
 D1 D2	101 a 120 101 a 120	Trasera Trasera	3 3	Baja Plataforma (puerta izquierda)	15 a 17,9 15 a 17,9 15 a 17,9
 E1 E2	121 a 140 121 a 140	Trasera / lateral Trasera / lateral	3 3	A nivel plataforma (puerta izquierda) Baja	18 a 21 18 a 21 18 a 21
 F1 F2	141 a 240 141 a 240	Trasera / lateral Trasera / lateral	4 4	A nivel plataforma (puerta izquierda) Baja	22 o más 22 o más

Fuente: cts Embarq México 2015

2.19.2. Analizar la demanda de pasajeros para identificar el tipo de tecnología

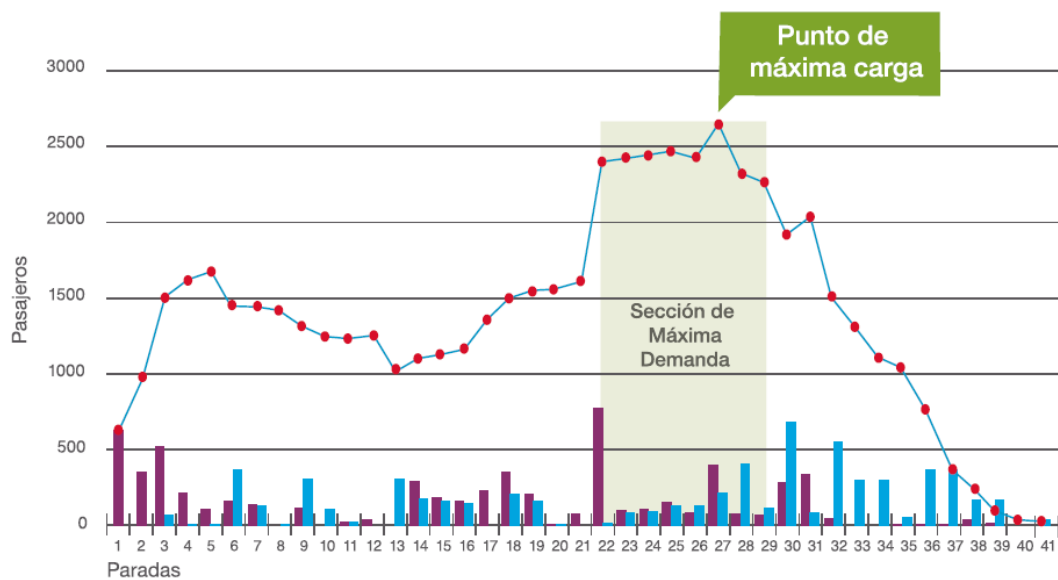
Sección de máxima carga

La sección de máxima demanda es el tramo de la ruta en la cual se tiene el número máximo de pasajeros a bordo del vehículo en un periodo de una hora. Para identificar esta sección, se realiza un estudio de ascenso – descenso, donde se contabilizan las personas que suben, bajan y van a bordo, identificando las paradas donde tienen mayor ocupación los autobuses.

Punto de máxima carga

Es el punto donde se tiene el máximo número de pasajeros a bordo. Este punto se denomina punto de máxima carga, este punto se encuentra dentro de la sección de máxima demanda. Este punto ayuda a definir el tipo de tecnología y el dimensionamiento de los vehículos que atenderá el proyecto (ver gráfica 3). En la siguiente gráfica se observa tanto la sección de máxima demanda como el punto de máxima carga.

Figura 2.17 Ejemplo de polígono de carga (punto de máxima carga)

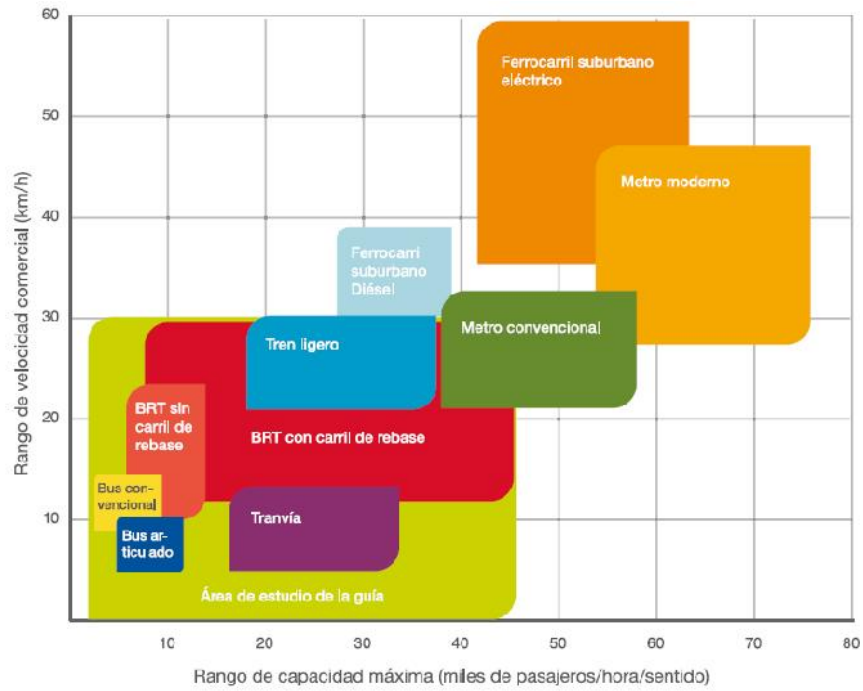


Fuente: cts Embarq México 2015

Tecnologías en sistemas de transporte público

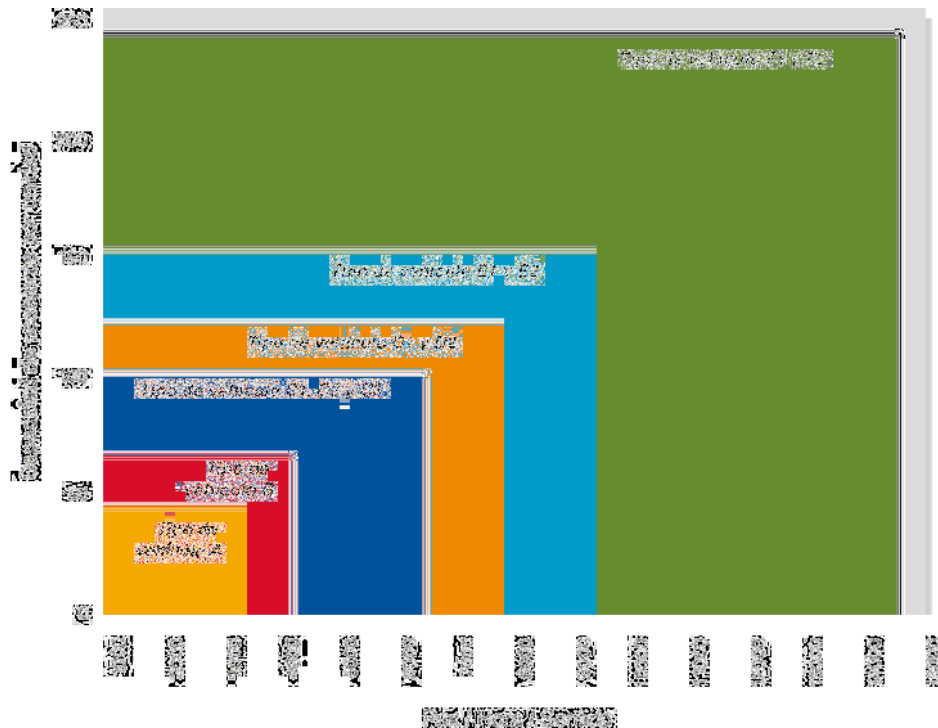
La definición de la tecnología debe considerar la cantidad de usuarios que se transportarán, la velocidad pronosticada para la circulación de los vehículos del proyecto y el monto de inversión disponible para el mismo, como se muestra en las siguientes gráficas.

Figura 2.18 Tecnologías a emplear de acuerdo con el volumen de pasajeros



Fuente: CTS EMBARQ México, 2015. Con información de Urban Transit System and Technology (Vuchic Vukan, 2007)

Figura 2.19 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda



Fuente: CTS EMBARQ México, 2015.

2.19.3. Definir la oferta del servicio del proyecto

Capacidad de los vehículos

Es la cantidad de pasajeros que cada vehículo puede transportar bajo condiciones de comodidad. En este sentido, existen dos tipos de capacidad es para los vehículos:

Capacidad de diseño: Es la capacidad que se considera para el arranque del proyecto. Por lo general, se recomienda iniciar calculando la capacidad con una densidad media (4 a 4.5 pax/ m²), para poder absorber cambios en la demanda futura, variaciones en el tiempo de recorrido y no incrementar de manera repentina el número de vehículos. Más adelante se describe la forma de calcular la densidad al interior del vehículo.

Capacidad ofrecida o permitida: Es la establecida por el regulador del servicio, autoridad el organismo de gestión. Ésta se define cuando la operación del proyecto se encuentra consolidada, está asociada a la comodidad que se le pretende dar al usuario y a la rentabilidad.

Frecuencia de paso

Es un valor numérico que indica la cantidad de vehículos que circulan por un punto determinado del corredor o ruta en un determinado espacio de tiempo, generalmente una hora. Este indicador se encuentra en función de dos aspectos:

La fórmula con la cual se obtiene este indicador se muestra a continuación:

$$F = \frac{PPMD}{\text{Capacidad del vehiculo}}$$

Donde:

PPMD = Pasajeros en el punto de máxima demanda

Capacidad de vehículo = Capacidad del vehículo, cantidad de pasajeros que puede transportar

Intervalo

El intervalo es el espaciamiento en tiempo que existe entre el paso de un vehículo y el vehículo siguiente.

Figura 2.20 Descripción de intervalos de vehículos



Fuente: Embarq México 2015

El intervalo se calcula en función de la frecuencia tomando en consideración la siguiente fórmula:

$$i = \frac{1}{f} \circ \frac{60}{f}$$

Donde:

i = Intervalo en unidad de tiempo (horas o minutos)

f = Frecuencia de vehículos expresada en unidades por fracción de tiempo

60 = Factor de conversión de horas a minutos

Intervalo mínimo

El intervalo mínimo es la menor cantidad de tiempo que puede transcurrir entre el paso de los vehículos, por las limitaciones físicas del proyecto, tales como la capacidad del carril o de la vialidad.

Es decir, con un intervalo menor a 60 segundos, una vialidad o carril confinado, se puede saturar y ocasionar filas de autobuses, generando un retraso operacional en el corredor. Si la ocupación del corredor se satura, la velocidad de operación y la capacidad ofrecida se verían afectadas, por lo que se podría colapsar el sistema.

Intervalo máximo

El valor máximo de tiempo que transcurre entre el paso de vehículos, impactando en el tiempo que el usuario tendrá que esperar para poder abordar el siguiente vehículo.

De acuerdo con las encuestas de percepción realizadas a diferentes sistemas de transporte, se considera que el intervalo máximo que el usuario puede esperar es de 7 minutos, esto no quiere decir que no se puedan tener intervalos superiores a este valor.

Capacidad ofrecida

Se refiere a la cantidad de espacios que se brindan a lo largo del corredor o en puntos determinados durante un periodo de tiempo en específico. A partir de la capacidad ofrecida, se puede calcular la cantidad de pasajeros que viajan de pie y la cantidad de pasajeros que viajan sentados, lo que permite evaluar el nivel de servicio que se desea brindar. Además, este indicador es la base para poder estimar la densidad al interior del vehículo.

La cantidad total de espacios disponibles para los usuarios durante un tiempo determinado se traduce en la oferta necesaria de vehículos y la capacidad de estos para atender la demanda del corredor durante ese tiempo.

El valor de la capacidad ofrecida se obtiene con la fórmula:

$$\text{Capacidad Ofrecida} = f * \text{CAP. vehiculo}$$

Donde:

Capacidad ofrecida = Cantidad de pasajeros que se pueden transportar en una sección del corredor

f = Cantidad de frecuencias reales que circulan por la sección que se analiza

CAP. vehículo = Capacidad de cada vehículo en términos de pasajeros, es decir la capacidad teórica.

2.19.4. Definir la calidad del servicio al usuario

Las condiciones de calidad del servicio al usuario son determinadas para cada proyecto y de acuerdo con la capacidad técnica, operacional y financiera de la ciudad.

Los principales parámetros que condicionan la calidad del servicio al usuario son:

Ocupación vehicular: cuántos pasajeros viajan en los vehículos (parados y sentados).

Número de pasajeros sentados: pasajeros que ocupan asientos

Densidad de pasajeros en el vehículo: la cantidad de pasajeros parados que caben en un metro cuadrado de pasillo. Este es un estándar que varía de ciudad en ciudad.

Los indicadores desarrollados en el paso anterior pueden variar de acuerdo con las condiciones de confort que se definan en los estándares de calidad del servicio con respecto a estos parámetros.

Ocupación vehicular

La ocupación vehicular define la cantidad promedio de pasajeros que se tiene por vehículo en un determinado periodo de tiempo y sección; es decir, este indicador señala la cantidad de pasajeros que se tienen por vehículo.

Se expresa en pasajeros/vehículo y se obtiene de dividir la cantidad de pasajeros en el periodo de análisis entre la capacidad ofrecida, tal y como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Ocupacion vehicular} = \frac{\text{PAX periodo de analisis}}{\text{Capacidad ofrecida}}$$

Ocupación vehicular = La cantidad de pasajeros por vehículo

Pax periodo de análisis = La cantidad de pasajeros que circulan por el punto y periodo de análisis

Capacidad Ofrecida = Es el indicador definido en el apartado anterior

Pasajeros sentados

Es una variante del indicador de capacidad ofrecida. Muestra sólo la cantidad de asientos que se ofertan en un periodo de tiempo determinado, se expresa en asientos/hora y se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Asientos ofertados} = f * \text{asientos del vehiculo}$$

Donde:

f = Cantidad de frecuencias reales que circulan por la sección que se analiza

De igual manera, este indicador se mide por un periodo de tiempo y en una sección determinada de la ruta o del corredor que se esté analizando o proyectando.

Densidad de pasajeros en el vehículo

Este indicador es el que tiene mayor impacto en la calidad del servicio, pues refiere a la comodidad que se desea brindar a los usuarios de los vehículos de transporte.

La densidad de pasajeros al interior se define como la cantidad de pasajeros que se encuentran por metro cuadrado en el vehículo de transporte.

Se obtiene de dividir la diferencia de la ocupación vehicular menos los asientos ofertados entre el área disponible para pasajeros de pie o área de pasillo, tal y como se muestra en la ecuación siguiente, el resultado se expresa en pasajeros/m²

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}}$$

Donde:

Densidad = Cantidad de pasajeros de pie/m² en cada bus

Pax periodo de análisis = Cantidad de pasajeros en el periodo de análisis

Asientos ofertados = Cantidad de asientos que se ofertan en el mismo periodo de análisis

Espacio de pasillo o área disponible de pie = Área libre en la que los pasajeros pueden viajar de pie, el área es proporcionada por los fabricantes de los vehículos

CAPÍTULO III

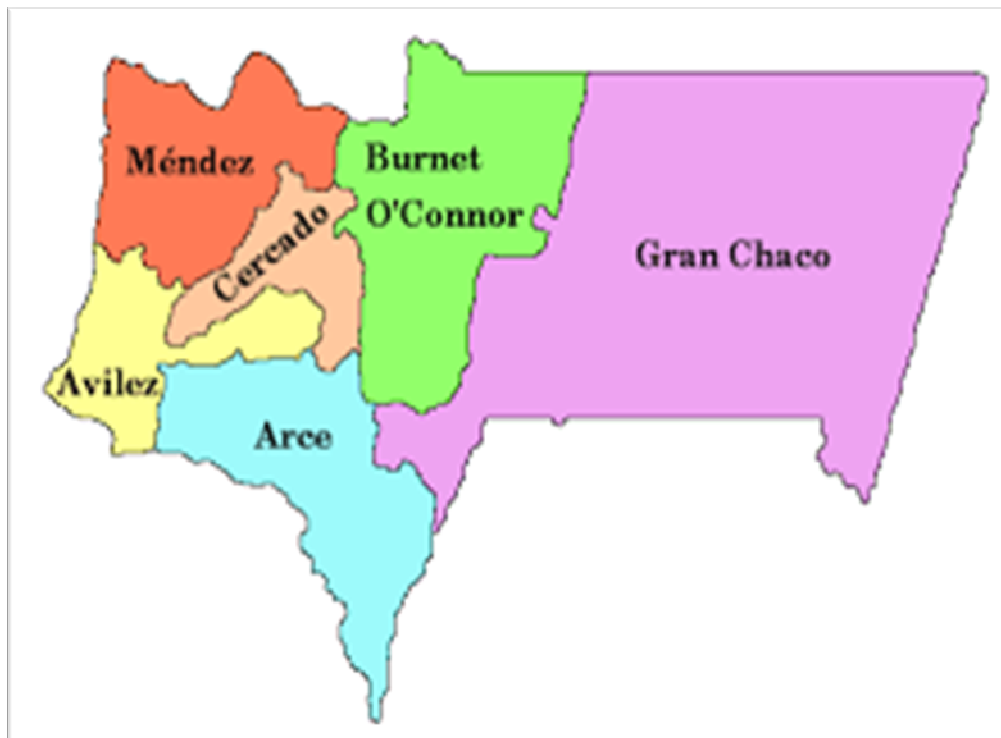
APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1. Ubicación del proyecto

El estudio fue realizado en el casco central del departamento de Tarija, en la provincia Cercado, en las calles más conflictivas por donde se pretende que pueda circular los vehículos de transporte masivo.

El departamento de Tarija se encuentra en la región sur de Bolivia entre los paralelos 20°50" y 22°50" de latitud sur y los meridianos 62°15" a 65°20" latitud oeste, la ciudad de Tarija pertenece al municipio de Cercado que limita al norte con el municipio de San Lorenzo y al sur con el municipio de Padcaya.

Cuadro 3.1 Departamento de Tarija

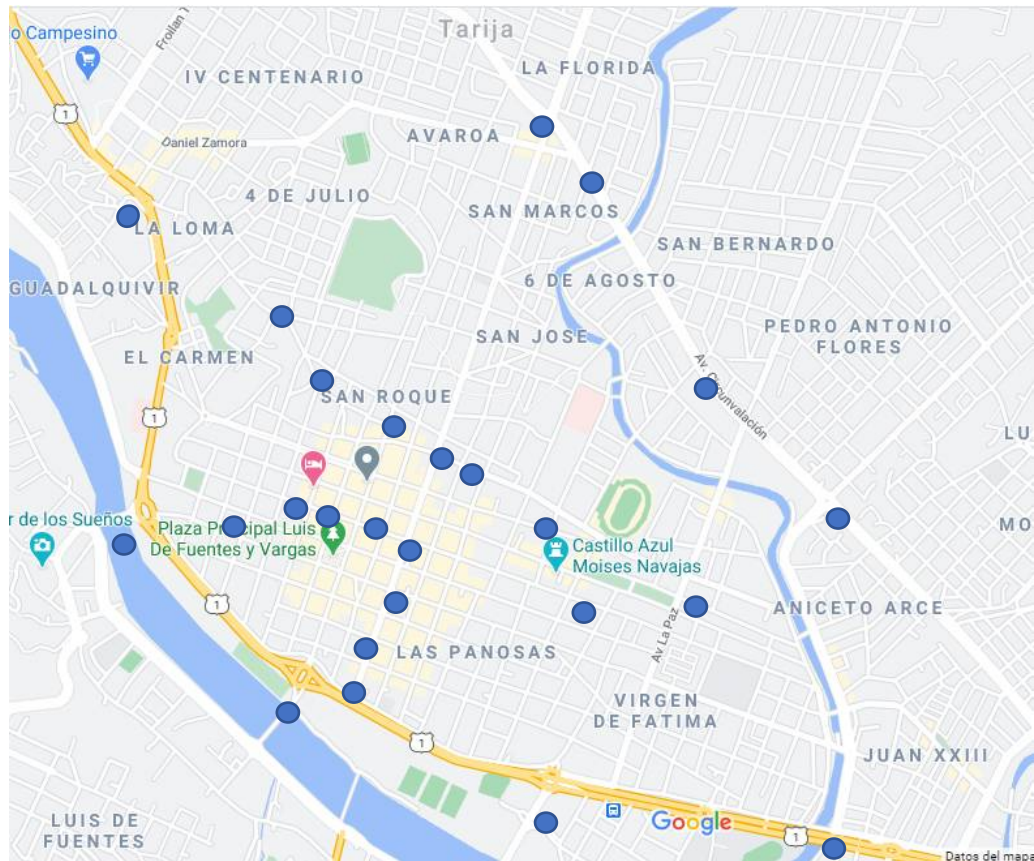


Fuente: www.google.com

3.2. Ubicación de los puntos de estudio

El estudio se realizó en treinta puntos, las mismas están ubicados en los mapas que se muestra a continuación:

Figura 3.1 Puntos de estudio



Fuente: Elaboración propia

1. Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación
2. Calle Mejillones y Av. Circunvalación
3. Calle colon y Av. Circunvalación
4. Av. Gran Chaco y Av. Circunvalación
5. Av. Julio Delio Echazú y Av. Jaime Paz Zamora
6. Av. Panamericana y calle Cochabamba
7. Av. Las Américas y calle 15 de Abril
8. Av. Las Américas y calle Sucre
9. Av. Las Américas y calle Padilla
10. Av. Jaime Paz Zamora y Av. Alto de la Alianza

11. Puente bicentenario
12. Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre
13. Calle colon y calle Virginio Lema
14. Calle Colón y calle Ingavi
15. Calle Colón y calle Bolívar
16. Calle Colón y calle Corrado
17. Calle Chamas y Av. Circunvalación
18. Calle Núñez del prado y Calle Ballivián
19. Calle Dámaso Aguirre y calle Cochabamba
20. Calle Juan Misael Saracho y calle 15 de Abril
21. Calle Cochabamba y calle General Trigo
22. Calle Cochabamba y calle Daniel Campos
23. Calle Cochabamba y calle Colón
24. Av. Potosí y Av. La Paz
25. Av. Potosí y Av. Junín
26. Calle Bolívar y calle O'Connor
27. Calle Bolívar y calle Colón
28. Calle Bolívar y calle Daniel Campos
29. Calle Bolívar y calle General Trigo
30. Calle Bolívar y calle Campero

Fotografía 3.1 Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.2 Calle Mejillones y Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.3 Calle Colón y Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.4 Av. Gran Chaco y Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.5 Av. Julio Delio Echazú y Av. Jaime Paz Zamora



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.6 Av. Panamericana y calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.7 Av. Las Américas y Calle 15 de Abril



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.8 Av. Las Américas y Calle Sucre



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.9 Av. Las Américas y Calle Padilla



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.10 Av. Jaime Paz Zamora y Av. Alto de la Alianza



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.11 Puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.12 Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.13 Calle Colón y calle Virginio Lema



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.14 Calle Colón y calle Ingavi



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.15 Calle Colón y calle Bolívar



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.16 Calle Colon y calle Corrado



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.17 Calle Chamas y Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.18 Calle Núñez del Prado y calle Ballivián



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.19 Calle Dámaso Aguirre y calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.20 Calle Juan Misael Saracho y calle 15 de Abril



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.21 Calle Cochabamba y calle General Trigo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.22 Calle Cochabamba y calle Daniel Campos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.23 Calle Cochabamba y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.24 Av. Potosí y Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.25 Av. Potosí y Av. Junín



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.26 Calle Bolívar y calle O'conor



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.27 Calle Bolívar y calle Daniel Campos



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 3.28 Calle Bolívar y calle General Trigo



Fuente: Elaboración propia

Fotografía 4.29 Calle Bolívar y calle Campero



Fuente: Elaboración propia

3.3. Recopilación y proceso de datos en el área del proyecto

3.3.1. Aforo de volúmenes

Todos los aforos de volúmenes se realizaron con el método manual registrando los datos en una planilla previamente diseñado para este proyecto.

Aforo de un día para ver las horas pico del día Se realizo el aforo vehicular de un día (anexo 1) desde las 7:00 a.m. hasta las 22:00 en los puntos críticos por donde circularan los vehículos de transporte masivo.

Las tres horas con mayor presencia vehicular fueron las horas pico del día, los mismos que nos servirán para las aforaciones posteriores.

Cuadro 3.2 Aforos pico vehiculares acceso-1 Av. Circunvalación



Fuente: Elaboración propia

Según el comportamiento del tráfico vehicular que se observa en la figura se puede notar que las horas pico serán en la mañana de 7:00 a 8:00 a.m. al medio día de 12:00 a 13:00 y por la noche de 18:00 a 19:00 p.m.

Procedimiento de aforos

El procedimiento del aforo lo realizaremos por el método de la AASTHO donde nos indica que deberemos primeramente un estudio de las horas pico del tráfico vehicular, al extraer las horas de estudio principal, una vez obtenido esto procederemos a aforar dos días hábiles y un día no hábil durante las cuatro semanas de estudio en las horas pico anteriormente encontradas, este procedimiento lo realizaremos en todos los puntos de nuestro estudio.

En este proyecto no se tomará en cuenta los micros de las líneas transporte público ya que se pretende que no circulen por el casco viejo de la ciudad.

Fotografía 3.30 Aforo de la calle Bolívar y Colón



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.1 Promedios finales de aforo de volúmenes por accesos

Promedio de las tres horas		
Intersección N 1	A1-Av. Froilán Tejerina	538
Intersección N 1	A1-Av. Circunvalación	787
Total =		1325

Promedio de las tres horas		
Intersección N 2	A2-Av. Circunvalación	881
Intersección N 2	A3-Av. Circunvalación	855
Total =		1736

Promedio de las tres horas		
Intersección N 3	A4-Av. Circunvalación	744
Intersección N 3	A5-Av. Circunvalación	875
Total =		1619

Promedio de las tres horas		
Intersección N 4	A6-Av. Circunvalación	897
Intersección N 4	A1-Av. Julio Delio Echazú	458
Total =		1355

Promedio de las tres horas		
Intersección N 5	A2-Av. Julio Delio Echazú	438
Intersección N 5	A3-Av. Julio Delio Echazú	481
Total =		919

Promedio de las tres horas		
Intersección N 6	A1-Av. Panamericana	1199
Intersección N 6	A2-Av. Panamericana	787
Total =		1986

Promedio de las tres horas		
Intersección N 7	A1-Av. Las Américas	1322
Intersección N 7	A2-Av. Las Américas	764
Total =		2086

Promedio de las tres horas		
Intersección N 8	A3-Av. Las Américas	969
Intersección N 8	A4-Av. Las Américas	955
Total =		1924

Promedio de las tres horas		
Intersección N 9	A5-Av. Las Américas	1216
Intersección N 9	A1-Av. Jaime Paz Zamora	1025
Total =		2241

Promedio de las tres horas		
Intersección N 10	A2-Av. Jaime Paz Zamora	1430
Intersección N 10	A3-Av. Jaime Paz Zamora	717
Total =		2147

Promedio de las tres horas		
Intersección N 11	A1-Av. Sauces	485
	Total =	485

Promedio de las tres horas		
Intersección N 12	A1-Calle Sucre	913
	Total =	913

Promedio de las tres horas		
Intersección N 13	A1-Calle Colón	256
	Total =	256

Promedio de las tres horas		
Intersección N 14	A2-Calle Colón	365
	Total =	365

Promedio de las tres horas		
Intersección N 15	A3-Calle Colón	465
	Total =	465

Promedio de las tres horas		
Intersección N 16	A4-Calle Colón	363
	Total =	363

Promedio de las tres horas		
Intersección N 17	A1-Calle Chamas	377
	Total =	377

Promedio de las tres horas		
Intersección N 18	al-Calle Núñez del Prado	374
	Total =	374

Promedio de las tres horas		
Intersección N 19	A1-Calle Dámaso Aguirre	285
	Total =	285

Promedio de las tres horas		
Intersección N 20	A1-Calle Juan Misael Saracho	249
	Total =	249

Promedio de las tres horas		
Intersección N 21	A1-Calle Cochabamba	477
	Total =	477

Promedio de las tres horas		
Intersección N 22	A2-Calle Cochabamba	432
	Total =	432

Promedio de las tres horas		
Intersección N 23	A3-Calle Cochabamba	426
Total =		426

Promedio de las tres horas		
Intersección N 24	A1-Av. Potosí	398
Total =		398

Promedio de las tres horas		
Intersección N 25	A2-Av. Potosí	515
Total =		515

Promedio de las tres horas		
Intersección N 26	A1-Calle Bolívar	469
Total =		469

Promedio de las tres horas		
Intersección N 27	A2-Calle Bolívar	378
Total =		378

Promedio de las tres horas		
Intersección N 28	A3-Calle Bolívar	484
Total =		484

Promedio de las tres horas		
Intersección N 29	A4-Calle Bolívar	445
Total =		445

Promedio de las tres horas		
Intersección N 30	A5-Calle Bolívar	349
Total =		349

Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de vehículos giro izquierdo y derecho

Para el cálculo del porcentaje de vehículos de giro izquierdo y giro derecho se tomó en cuenta solo los vehículos de ambos giros solo se sacaron la sumatoria y la media aritmética de los tres días de las cuatro semanas por horas pico, donde se encontró el total de vehículos giro izquierdo y derecha de cada acceso, con estos valores totales de giros a cada acceso se calculó el % de giros izquierdo y derecho con el total de vehículos de cada acceso década intersección.

TABLA 3.2 Promedio finales de % de giro izquierdo y derecho

Promedio de las tres horas (tph)					
Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 1	A1-Av. Froilán Tejerina	0	166.944	0	31.030
Intersección N 1	A1-Av. Circunvalación	0	124.25	0	15.797

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 2	A2-Av. Circunvalación	114.789	68.427	13.029	7.766
Intersección N 2	A3-Av. Circunvalación	125.869	59.620	14.721	6.973

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 3	A4-Av. Circunvalación	0	10.703	0	1.438
Intersección N 3	A5-Av. Circunvalación	0	105	0	12

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 4	A6-Av. Circunvalación	0	115.805	0	12.910
Intersección N 4	A1-Av. Julio Delio Echazú	0	0	6.974	8.551

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 5	A2-Av. Julio Delio Echazú	0	17.027	0	3.887
Intersección N 5	A3-Av. Julio Delio Echazú	235.5	0	48.960	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 6	A1-Av. Panamericana	588.916	0	49.117	0
Intersección N 6	A2-Av. Panamericana	0	0	0	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 7	A1-Av. Las Américas	0	525.527	0	39.752
Intersección N 7	A2-Av. Las Américas	0	44.611	0	5.839

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	%G. Der.
Intersección N 8	A3-Av. Las Américas	0	131.222	0	13.542
Intersección N 8	A4-Av. Las Américas	0	332.518	0	34.818

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 9	A5-Av. Las Américas	0	182	0	14.967
Intersección N 9	A1-Av. Jaime Paz Zamora	0	133.694	0	13.043

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 10	A2-Av. Jaime paz Zamora	0	164.638	0	11.513
Intersección N 10	A3-Av. Jaime paz Zamora	0	0	0	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 11	A1-Av. Saucos	0	77.583	0	15.996

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 12	A1-Calle Sucre	145.108	195.519	15.893	21.415

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 13	A1-Calle Colón	61.567	0	24.049	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 14	A2-Calle Colón	0	53.5	0	14.657

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 15	A3- Calle Colón	175.056	0	37.646	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 16	A4- Calle Colón	68.888	0	18.977	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 17	A1-Calle Chamas	0	147.777	0	39.198

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 18	A1-Calle Núñez del Prado	28.972	0	7.746	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 19	A1-Calle Dámaso Aguirre	78.777	51.278	27.641	17.992

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 20	A1-Calle. Juan Misael Saracho	60.25	0	24.196	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 21	A1-Calle Cochabamba	0	32.138	0	6.737

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 22	A2-Calle Cochabamba	0	75.694	0	17.521

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 23	A3-Calle Cochabamba	66.583	0	15.629	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 24	A1-Av. Potosí	35.056	0	8.808	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 25	A2-Av. Potosí	118.972	0	23.101	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 26	A1-Calle Bolívar	97.444	0	20.776	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 27	A2-Calle Bolívar	0	62.194	0	16.453

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 28	A3-Calle Bolívar	144	0	29.752	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 29	A4-Calle Bolívar	152.222	0	34.207	0

Intersecciones	Accesos	G. Izq.	G. Der.	% G. Izq.	% G. Der.
Intersección N 30	A5-Calle Bolívar	0	145.222	0	41.610

Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de vehículos pesados

Para los vehículos pesados primero se sacó la sumatoria de los vehículos pesados y después la media aritmética de los tres días de las cuatro semanas en sus tres horas pico, se trabajó con medias aritméticas. Una vez obtenido el promedio de los vehículos pesados se lo debe dividir con el volumen total horario de cada acceso y multiplicarlo por 100, cuyo valor será el porcentaje de vehículos pesados. Nuestra zona de estudio al estar ubicado una parte en el casco central de la ciudad Tarija no existe presencia de vehículos pesados en algunas intersecciones, por ello se presenta la tabla con valores de vehículos pesados solo en las intersecciones que tienen presencia.

Tabla 3.3 Promedios finales de % de vehículos pesados

Promedio de las tres horas (tph)			
Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 1	A1-Av. Froilán Tejerina	31	5.762
Intersección N 1	A1-Av. Circunvalación	54	6.861
	Total =	85	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 2	A2-Av. Circunvalación	55	6.242
Intersección N 2	A3-Av. Circunvalación	51	5.964
	Total =	106	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 3	A4-Av. Circunvalación	68	9.139
Intersección N 3	A5-Av. Circunvalación	50	5.714
	Total =	118	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 4	A6-Av. Circunvalación	56	6.243
Intersección N 4	A1-Av. Julio Delio Echazú	24	5.240
	Total =	80	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 5	A2-Av. Julio Delio Echazú	16	3.652
Intersección N 5	A3-Av. Julio Delio Echazú	12	2.494
	Total =	28	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 6	A1-Av. Panamericana	24	2.001
Intersección N 6	A2-Av. Panamericana	17	2.160
	Total =	41	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 7	A1-Av. Las Américas	22	1.664
Intersección N 7	A2-Av. Las Américas	15	1.963
	Total =	35	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 8	A3-Av. Las Américas	20	2.063
Intersección N 8	A4-Av. Las Américas	15	1.570
	Total =	35	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 9	A5-Av. Las Américas	58	4.769
Intersección N 9	A1-Av. Jaime Paz Zamora	48	4.682
	Total =	106	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 10	A2-Av. Jaime Paz Zamora	52	3.636
Intersección N 10	A3-Av. Jaime Paz Zamora	14	1.952
	Total =	66	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 11	A1-Av. Sauces	6	1.237
	Total =	6	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 12	A1-Calle Sucre	12	1.314
	Total =	12	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 17	A1-Calle Chamas	4	1.061
	Total =	4	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 18	A1-Calle Núñez del Prado	8	2.139
	Total =	8	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 19	A1-Calle Damaso Aguirre	0	0
	Total =	0	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 20	A1-Calle Juan Misael Saracho	0	0
	Total =	0	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 21	A1-Calle Cochabamba	2	0.419
	Total =	2	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 22	A2-Calle Cochabamba	5	1.157
	Total =	5	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 23	A3-Calle Cochabamba	5	1.173
	Total =	5	

Intersecciones	Accesos	Total	% Veh. pesados
Intersección N 24	A1-Av. Potosí	3	0.753
	Total =	3	

Intersecciones	Accesos	total	% Veh. pesados
Intersección N 25	A2-Av. Potosí	5	0.970
	Total =	5	

Fuente: Elaboración propia

Aforos de volúmenes de una semana para en una semana para el número de vehículos que paran en los accesos en la intersección

Se realizó la aforación de los vehículos que obstruyen el flujo vehicular al realizar paradas del vehículo para subida o bajada de pasajeros en los accesos de la intersección.

La aforación se realizó en las tres horas pico del día, durante una semana (5 días hábiles y 2 días no hábiles) una vez obtenido los datos se hizo la sumatoria y la media aritmética de los siete días de la semana por hora pico para vehículos que paran donde se encontró los vehículos que para en cada acceso de la intersección.

TABLA 3.4 Promedios finales de vehículos que paran (parada/h.)

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 1	A1-Av. Froilán Tejerina	24
Intersección N 1	A1-Av. circunvalación	18

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 2	A2-Av. Circunvalación	25
Intersección N 2	A3-Av. Circunvalación	23

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 3	A4-Av. Circunvalación	20
Intersección N 3	A5-Av. Circunvalación	12

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 4	A6-Av. Circunvalación	14
Intersección N 4	A1-Av. Julio Delio Echazú	8

Promedio de las tres horas		
intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 5	A2-Av. Julio Delio Echazú	0
Intersección N 5	A3-Av. Julio Delio Echazú	0

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 6	A1-Av. Panamericana	28
Intersección N 6	A2-Av. Panamericana	36

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 7	A1-Av. las Américas	32
Intersección N 7	A2-Av. las Américas	30

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 8	A3-Av. Las Américas	36
Intersección N 8	A4-Av. Las Américas	30

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 9	A5-Av. las Américas	34
Intersección N 9	A1-Av. Jaime Paz Zamora	32

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 10	A2-Av. Jaime Paz Zamora	28
Intersección N 10	A3-Av. Jaime Paz Zamora	32

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 11	A1-Av. Saucos	4

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 12	A1-Calle Sucre	28

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 13	A1-Calle Colón	77

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 14	A2- Calle Colón	54

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 15	A3- Calle Colón	58

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 16	A4- Calle Colón	50

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 17	A1-Calle Chamas	16

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 18	A1-Calle Núñez del Prado	4

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 19	A1-Calle Dámaso Aguirre	28

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 20	A1-Calle Juan Misael Saracho	38

Promedio de las tres horas		
intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 21	A1-Calle Cochabamba	28

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 22	A2-Calle Cochabamba	38

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 23	A3-Calle Cochabamba	29

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 24	A1-Av. Potosí	14

Promedio de las tres horas		
intersecciones	Accesos	(paradas/h.)
Intersección N 25	A2-Av. Potosí	58

promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(maniobras/h.)
Intersección N 26	A1-Calle Bolívar	32

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(maniobras/h.)
Intersección N 27	A2-Calle Bolívar	52

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(maniobras/h.)
Intersección N 28	A3-Calle Bolívar	85

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(maniobras/h.)
Intersección N 29	A4-Calle Bolívar	68

Promedio de las tres horas		
Intersecciones	Accesos	(maniobras/h.)
Intersección N 30	A5-Calle Bolívar	64

Fuente: Elaboración propia

3.4. Determinación de la capacidad y nivel de servicio utilizando el método HCM 1985

Una vez identificadas las intersecciones, procedemos a determinar los parámetros para cada metodología que son; el módulo de entrada, módulo de ajuste de volumen y módulo de flujo de saturación para el método HCM 1985 para el acceso por donde transitara el transporte masivo. En este cálculo de capacidad y nivel de servicio no se tomará en cuenta los lugares de estacionamiento ya que se pretenderá eliminarlos por donde circulen los buses de transporte masivo.

Los accesos son semaforizadas y no semaforizadas

A continuación, el detalle del cálculo de todos los módulos por el HCM 1985 para la intersección N 1 Froilán Tejerina y Circunvalación

Módulo de ajuste de volumen:

1. Valor de flujo de máxima demanda

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

Donde:

V_p = Valor del flujo en v/h.

V = Volumen total horario en v/h.

PHF= Factor horario de máxima demanda, según manual HCM 1985 el factor horario es de 0.98

$$V_p = \frac{787 \text{ v/h}}{0.98} = 803.061 \text{ v/h}$$

2. Ajuste del valor de flujo por carril de utilización

$$V = V_p * U$$

Donde:

V= Valor de flujo de demanda ajustado

Vp= Valor de flujo de demanda en v/h

U= Factor de utilización de carriles

Para este caso se usará el factor de carril 1.05, porque solo dos carriles es utilizado

$$V = Vg * U = 803.061 \frac{v}{h} * 1.05 = 843.214 v/h$$

3. Registro de proporción de vueltas derechas e izquierdas en el acceso

$$PLT = \frac{VLT}{V}$$

$$PRT = \frac{VRT}{V}$$

Donde:

PLT Y PRT = Proporción de vueltas izquierda y derecha de los vehículos en el acceso, expresado en decimales

Solo se tomará en cuenta ala derecha ya que el acceso no se dispone para ir por la izquierda

VRT= Valor de flujo de vuelta a derecha en v/h.

$$PRT = \frac{VRT}{V} = \frac{125}{787} = 0.1588$$

Módulo de flujo de saturación:

$$S = So * N * Fw * Fhv * fg * fp * fbb * fa * frt * flt$$

Donde:

S = Valor de flujo de saturación para el acceso, en las condiciones prevalecientes v/h

So= Valor del flujo de saturación ideal, generalmente 1900 v/h. valor asignado por el manual HCM 1985

N= Número de carriles de operación en el acceso

Fw= factor de ajuste por ancho de carril

Fhv= factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados en la corriente de tránsito

Fg= factor de ajuste por la pendiente del acceso

Fp= factor de ajuste para la existencia de un carril de estacionamiento adyacente y la actividad de estacionamiento en ese carril

Fbb= factor de ajuste por el efecto de bloqueo para parada de los autobuses

Fa= factor por el tipo de área

Frt= factor de ajuste por vueltas derechas en el acceso

Flt= factor de ajuste por vueltas izquierdas en el acceso

4. Factor de ajuste por ancho de carril (Fw)

$$Fw = 1 + \frac{(w - 3.6)}{9}$$

Donde:

Fw = Factor de ajuste de ancho de carril

W = Ancho de carril (m)

$$Fw = 1 + \frac{(3.775 - 3.6)}{9} = 1.019$$

5. Factor de ajuste por la presencia de vehículos pesados (Fhv)

$$Fhv = \frac{100}{100 + \%PHV(ET - 1)}$$

Donde:

Fhv= Factor de presencia de vehículos pesados

%PHV= porcentaje de vehículos pesados (%)

ET=2 pc/hv

$$F_{hv} = \frac{100}{100 + 6.861(2 - 1)} = 0.935$$

6. Factor de ajuste por la pendiente del acceso (Fg)

Como la pendiente en el acceso no es adyacente mayor a +10, ni descendiente menor a -6

$$F_g = 1$$

7. Factor de ajuste por la existencia de estacionamiento (Fp)

$$F_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18 * Nm}{3600}}{N}$$

Donde:

Fp= Factor de ajuste por la existencia de estacionamiento

N= Numero de carril utilizado como carril de estacionamiento

Nm= Numero de maniobras de estacionamiento por hora (maniobras/h)

$$F_p = \frac{2 - 0.1 - \frac{18 * 0}{3600}}{2} = 1$$

8. Factor de ajuste por bloqueo de parada de autobuses (fbb)

$$F_{bb} = \frac{N - \frac{14.4 * NB}{3600}}{N}$$

Donde:

Fbb= Factor de ajuste por el número de paradas de autobuses

N= Numero de carril que utiliza para realizar parada de autobuses

Nm= Numero de autobuses que realizan paradas en una hora (parada/h)

$$F_{bb} = \frac{2 - \frac{14.4 * 18}{3600}}{2} = 0.964$$

9. Factor de ajuste por el tipo de área (fa)

Como pertenece al centro urbano => fa= 0.90

10. Factor de ajustes por vueltas ala derecha(frt)

$$Frt = 1 - (0.15 * Prt)$$

Donde:

Frt= Factor de ajustes por vueltas derechas

Prt= Proporción de vueltas derechas

Cuando no exista giro derecho en el acceso, el factor Frt será igual a 1

$$Frt = 1 - (0.15 * 0,1588) = 0.976$$

11. Factor de ajustes por vueltas izquierda (flt)

$$Flt = 1 - (0.15 * Prt)$$

Donde:

Frt= Factor de ajustes por vueltas izquierdas

Prt= Proporción de vueltas izquierdas

Cuando no exista giro izquierdo en el acceso, el factor Flt será igual a 1

$$Flt = 1 - (0.15 * 0) = 1$$

Con todos los factores de ajustes se procede a calcular el módulo del flujo de saturación

$$S = So * N * Fw * Fhv * Fg * Fp * Fbb * Fa * Frt * Flt$$
$$s = 1900 * 2 * 1.019 * 0.935 * 1 * 1 * 0.964 * 0.9 * 0.976 * 1$$
$$= 3065.764 \text{ v/h}$$

Módulo de capacidad y nivel de servicio para intersecciones con semaforización

1. Se calcula el valor de la relación de flujo, dividiendo el valor del flujo de demanda ajustado (V) con el valor de flujo de saturación.

$$\frac{V}{S} = \frac{843.214}{3065.764} = 0.275$$

2. Se debe calcular la relación de la luz verde, dividiendo el tiempo de luz verde con el tiempo total del ciclo del semáforo.

$$\frac{g}{c} = \frac{26}{50} = 0.52$$

3. La capacidad del carril se obtendrá multiplicando el valor del flujo de saturación con la relación de luz verde.

$$C_i = S_i \frac{g_i}{C} = 3065.764 * 0.52 = 1594.197 \text{ v/h}$$

Donde:

Ci= Capacidad (veh/h)

Si= Flujo de saturación (veh/h)

gi/C= Relación verde eficaz para grupo de carril i

4. Calculado el valor de flujo de demanda ajustada (V), se lo debe dividir con el valor la capacidad, cuyo valor obtenido es la relación de flujo v/c

$$\frac{V}{C} = \frac{843.214}{1594.197} = 0.528$$

5. Determinar la demora promedio:

$$d = d_1 + d_2$$

Así:

$$d_1 = \frac{0.30C \left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)\right]^2}{\left[1 - \left(\frac{g}{C}\right)(X)\right]}$$

$$d_2 = 173X^2 \left[(X-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \left(\frac{16X}{c}\right)} \right]$$

Donde:

d = Demora promedio por parada de vehículo para el acceso en seg/veh

C= Duración total del ciclo en seg.

g/C= Relación de luz verde para el acceso

X= Relación v/c para cada acceso

c = Capacidad del acceso

$$d1 = \frac{0.30 * 50 [1 - (0.52)]^2}{[1 - (0.52)(0.528)]} = 4.764 \text{seg}$$

$$d2 = 173 * 0.528^2 \left[(0.528 - 1) + \sqrt{(0.528 - 1)^2 + \left(\frac{16 * 0.528}{1594,197} \right)} \right]$$
$$= 0.269 \text{seg}$$

$$d = 4.764 + 0.269 = 5.033 \text{seg}$$

6. Una vez que se haya obtenido la demora promedio por vehículo se consulta la tabla 2.3 para determinar los niveles de servicio

$$d = 5.1 \quad \rightarrow \quad \text{N.S.} = \text{B}$$

A continuación, se presentará un resumen del cálculo de capacidad vehicular y nivel de servicio.

Línea Roja

Módulo de entrada:

Tramo 1

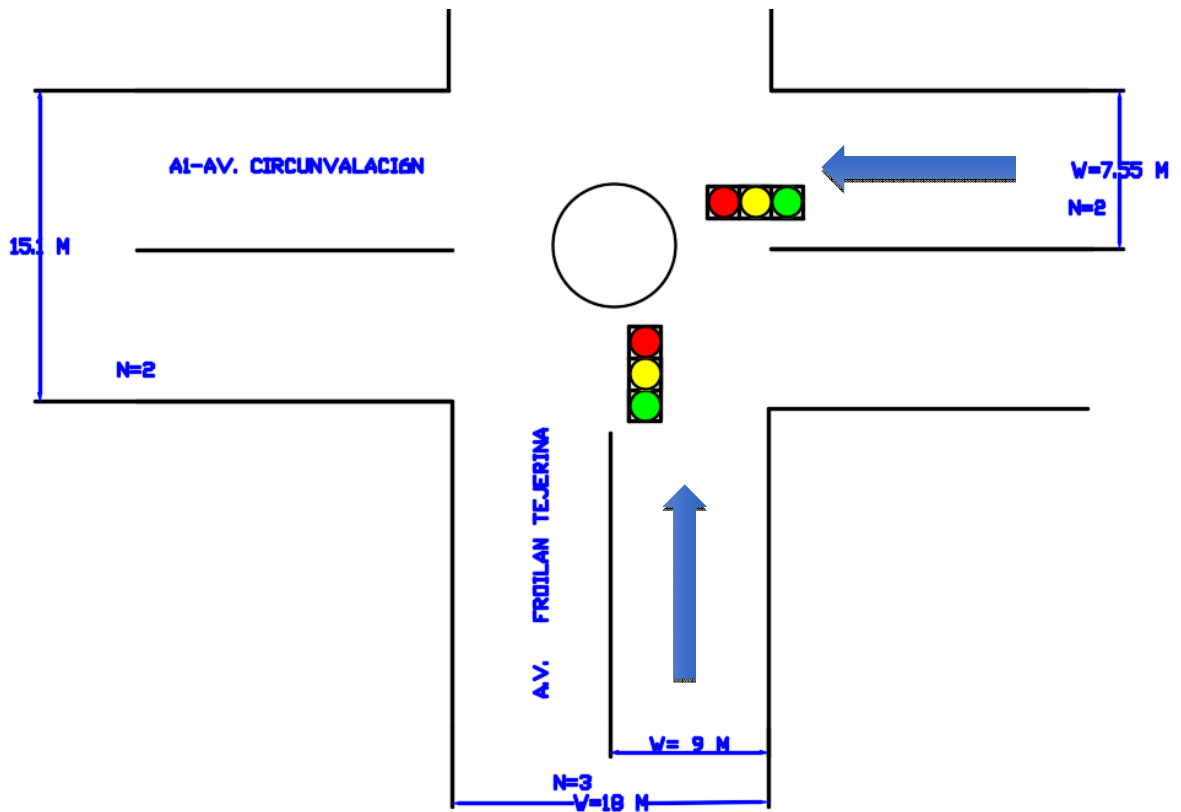
Intersección N 1 Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina

Acceso con semáforo

A1- Av. Froilán Tejerina

A1-Av. Circunvalación

Figura 3.2 Intersección Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1- Av. Froilán Tejerina	18	2	30	50
A2-Av. Circunvalación	26	2	22	50

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Av. Froilán Tejerina	538	15.797	0	5.762	<10	9	3	0	24	3	0
A1-Av. Circunvalación	787	31.03	0	6.861	<10	7.55	3.775	0	18	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulo de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Av. Froilán Tejerina	538	0.98	548.980	3	1.1	603.878	0.158	0
A1-Av. Circunvalación	787	0.98	803.061	2	1.05	843.214	0.310	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	Numero de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo de saturación
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	
A1-Av. Froilán Tejerina	1900	3	0.933	0.946	1	1	0.968	0.9	0.976	1	4278.437
A1-Av. Circunvalación	1900	2	1.019	0.936	1	1	0.964	0.9	0.953	1	2998.801

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Av. Froilán Tejerina	603.878	4278.437	0.141	0.36	1540.237	0.39
A1-Av. Circunvalación	843.214	2998.801	0.281	0.52	1559.377	0.54

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Av. Froilán Tejerina	0.39	0.36	50	7.088	0.072	7.16	7.16	B
A1-Av. Circunvalación	0.54	0.52	50	4.805	0.301	5.106	5.106	B

Módulo de entrada:

Tramo 2

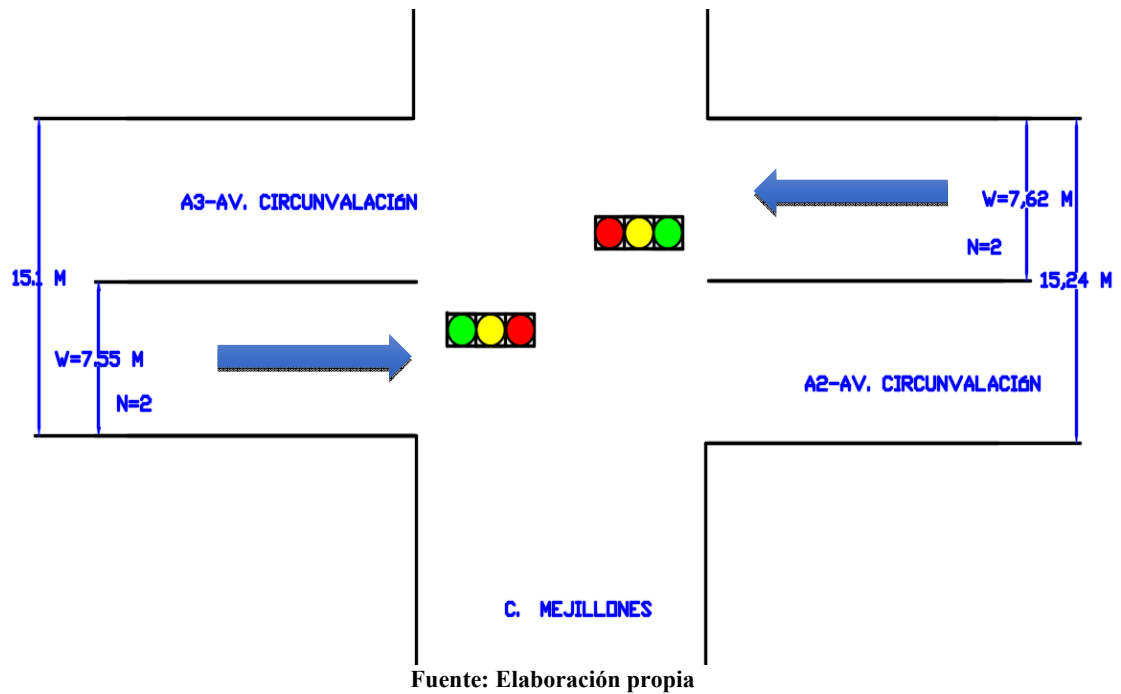
Intersección N 2 Av. Circunvalación y calle Mejillones

Acceso con semáforo

A2-Av. Circunvalación

A3-Av. Circunvalación

Figura 3.3 Intersección Av. Circunvalación y calle Mejillones



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Av. Circunvalación	18	2	22	42
A3-Av. Circunvalación	18	2	22	42

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Av. Circunvalación	881	7.766	13.029	6.242	<10	7.55	3.775	0	25	2	0
A3-Av. Circunvalación	855	6.973	14.721	5.964	<10	7.62	3.81	0	23	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulo de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Av. Circunvalación	881	0.98	898.980	2	1.05	943.929	0.078	0.130
A3-Av. Circunvalación	855	0.98	872.449	2	1.05	916.071	0.070	0.147

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	Numero de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo de saturación
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	
A2-Av. Circunvalación	1900	2	1.019	0.941	1	1	0.95	0.9	0.988	0.980	3021.041
A3-Av. Circunvalación	1900	2	1.023	0.944	1	1	0.954	0.9	0.990	0.978	3049.085

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Av. Circunvalación	943.929	3021.041	0.312	0.428	1293.005	0.73
A3-Av. Circunvalación	916.071	3049.085	0.300	0.428	1305.008	0.70

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Av. Circunvalación	0.73	0.428	42	5.995	1.497	7.492	7.492	B
A3-Av. Circunvalación	0.70	0.428	42	5.885	1.184	7.069	7.069	B

Módulo de entrada:

Tramo 3

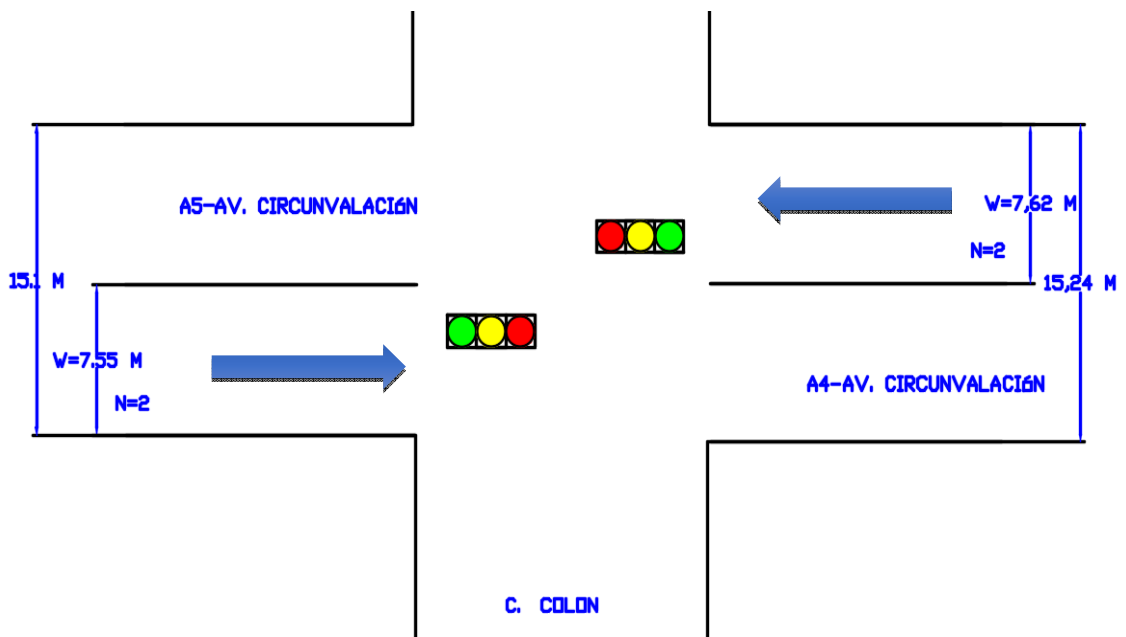
Intersección N 2 Av. Circunvalación y calle Colón

Acceso con semáforo

A4-Av. Circunvalación

A5-Av. Circunvalación

Figura 3.4 Intersección Av. Circunvalación y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A4-Av. Circunvalación	18	2	16	36
A5-Av. Circunvalación	18	2	16	36

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A4-Av. Circunvalación	744	1.438	0	9.139	<10	7.55	3.775	0	20	2	0
A5-Av. Circunvalación	875	12	0	5.714	<10	7.62	3.81	0	12	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulo de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A4-Av. Circunvalación	744	0.98	759.184	2	1.05	797.143	0.014	0
A5-Av. Circunvalación	875	0.98	892.857	2	1.05	937.500	0.120	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	Numero de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A4-Av. Circunvalación	1900	2	1.019	0.916	1	1	0.96	0.9	0.998	1	3060.153
A5-Av. Circunvalación	1900	2	1.023	0.946	1	1	0.976	0.9	0.982	1	3173.014

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A4-Av. Circunvalación	797.143	3060.153	0.260	0.5	1530.077	0.52
A5-Av. Circunvalación	937.500	3173.014	0.295	0.5	1586.507	0.59

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A4-Av. Circunvalación	0.52	0.5	36	3.648	0.263	3.911	3.911	A
A5-Av. Circunvalación	0.59	0.5	36	3.829	0.433	3.911	3.911	A

Módulo de entrada:

Tramo 4

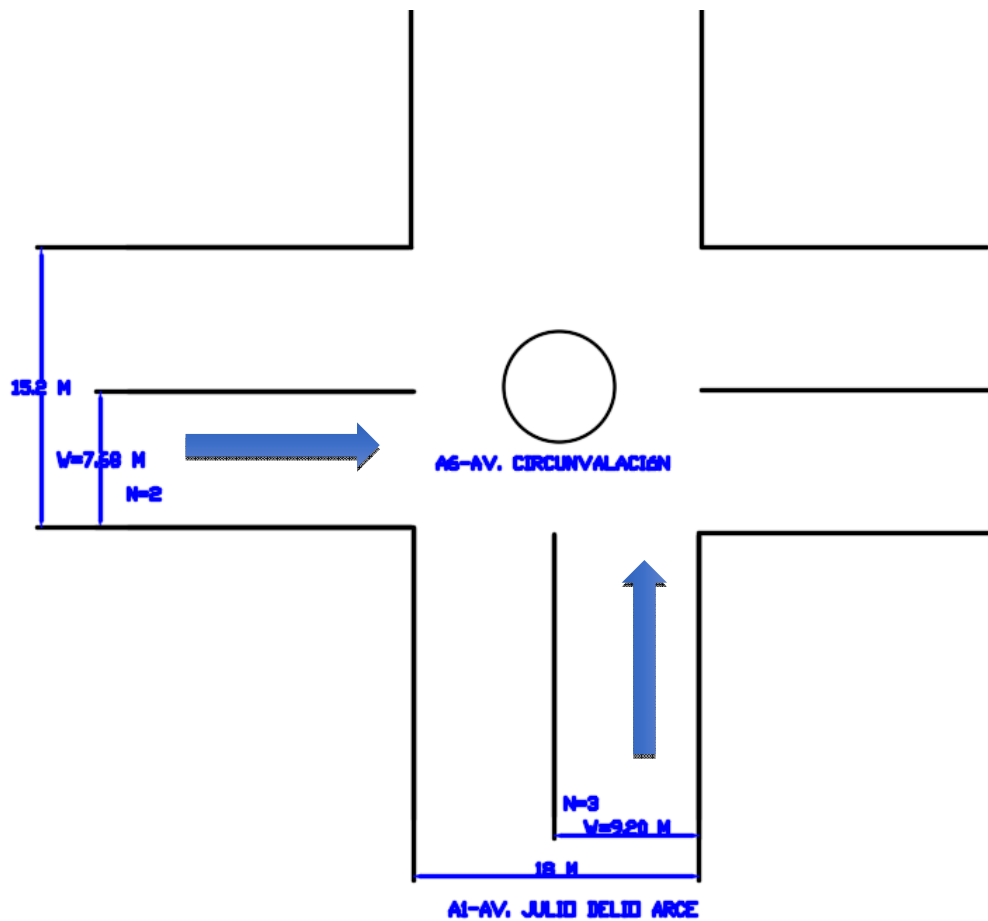
Intersección N 4 Av. Circunvalación y Av. Julio Delio Echazú

Acceso sin semáforo

A6-Av. Circunvalación

A1-Av. Julio Delio Echazú

Figura 3.5 Intersección Av. Circunvalación y Av. Julio delio Echazú



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A6-Av. Circunvalación	897	12.91	0	6.243	<10	7.68	3.84	0	14	2	0
A1-AV. Julio Delio Echazú	458	8.551	0	5.24	<10	9.2	3.066	0	8	3	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A6-Av. Circunvalación	897	0.98	915.306	2	1.05	961.071	0.129	0
A1-AV. Julio Delio Echazú	458	0.98	467.347	3	1.1	514.082	0.086	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	Numero de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A6-Av. Circunvalación	1900	2	1.027	1	1	1	0.972	0.9	0.981	1	3150.133
A1-AV. Julio Delio Echazú	1900	3	0.941	0.950	1	1	0.989	0.9	0.987	1	4478.251

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A6-Av. Circunvalación	961.071	3150.133	0.30	C
A1-AV. Julio Delio Echazú	490.714	4478.251	0.11	C

Módulo de entrada:

Tramo 5

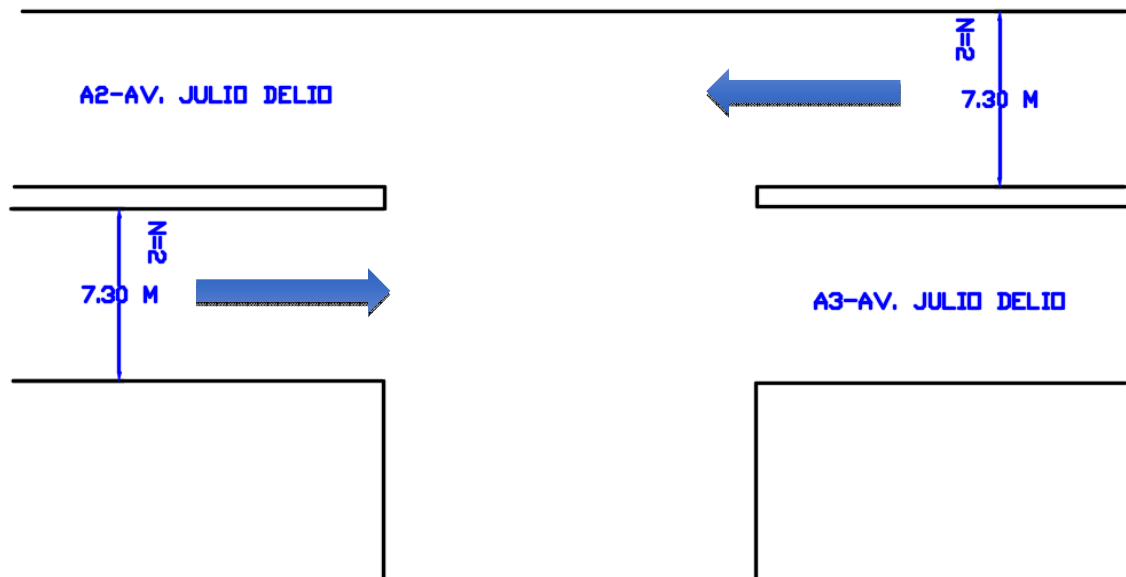
Intersección N 5 Av. Julio Delio Echazú

Acceso sin semáforo

A2-Av. Julio Delio Echazú

A2-Av. Julio Delio Echazú

Figura 3.6 Intersección A2-Av. Julio Delio Echazú



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Av. Julio Delio Echazú	438	3.887	0	3.652	<10	7.3	3.65	0	0	2	0
A3-Av. Julio Delio Echazú	481	0	48.96	2.494	<10	7.3	3.65	0	0	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Av. Julio Delio Echazú	438	0.98	446.939	2	1.05	469.286	0.039	0
A3-Av. Julio Delio Echazú	481	0.98	490.816	2	1.05	515.357	0	0.490

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A2-Av. Julio Delio Echazú	1900	2	1.006	0.965	1	1	1	0.9	0.994	1	3298.488
A3-Av. Julio Delio Echazú	1900	2	1.006	0.976	1	1	1	0.9	1	0.927	3108.904

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A2-Av. Julio Delio Echazú	469.286	3298.4888	0.150	C
A2-Av. Julio Delio Echazú	515.357	3108.904	0.165	C

Módulo de entrada:

Tramo 6

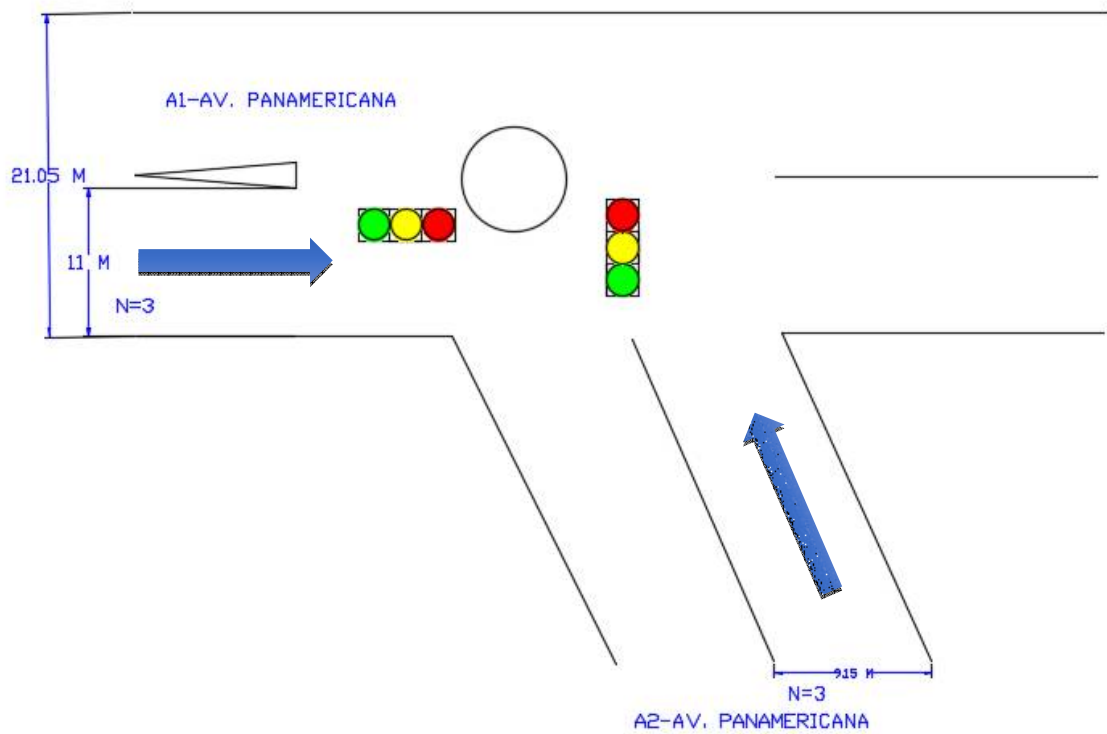
Intersección N 6 Av. Panamericana y calle Cochabamba

Acceso con semáforo

A1-Av. Panamericana

A2-Av. Panamericana

Figura 3.7 Intersección Av. Panamericana y calle Cochabamba



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Av. Panamericana	20	2	18	40
A2-Av. Panamericana	16	2	22	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Av. Panamericana	1199	0	49.117	2.001	<10	11	3.66	0	28	3	0
A2-Av. Panamericana	787	0	0	2.16	<10	9.15	3.05	0	26	3	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Av. Panamericana	1199	0.98	1223.469	3	1.05	1284.643	0	0.491
A2-Av. Panamericana	787	0.98	803.061	3	1.05	843.214	0	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Av. Panamericana	1900	3	1.007	0.980	1	1	0.963	0.9	1	0.926	4514.792
A2-Av. Panamericana	1900	3	0.939	0.979	1	1	0.965	0.9	1.000	1	4551.222

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Av. Panamericana	1284.643	4514.792	0.285	0.5	2257.396	0.57
A2-Av. Panamericana	843.214	4551.222	0.185	0.4	1820.489	0.46

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Av. Panamericana	0.57	0.5	40	4.195	0.262	4.457	4.457	A
A2-Av. Panamericana	0.46	0.4	40	5.294	0.136	5.43	5.43	B

Módulo de entrada:

Tramo 7

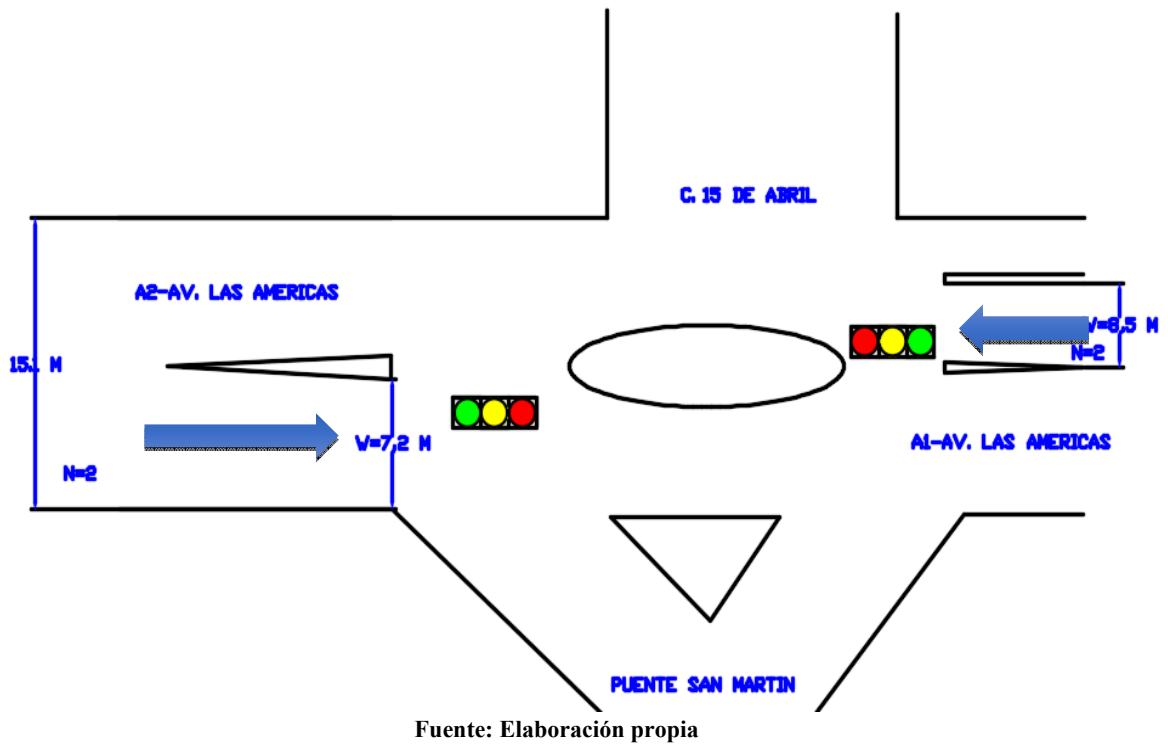
Intersección N 7 Av. Las Américas y calle 15 de Abril

Acceso con semáforo

A1-Av. Las Américas

A2-Av. Las Américas

Figura 3.8 Intersección Av. Las Américas y calle 15 de Abril



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Av. Las Américas	27	2	29	58
A2-Av. Las Américas	27	2	29	58

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Av. Las Américas	1322	39.752	0	1.664	<10	7.2	3.6	0	32	2	0
A2-Av. Las Américas	764	5.839	0	1.963	<10	8.5	4.25	0	30	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Av. Las Américas	1322	0.98	1348.980	2	1.05	1416.429	0.398	0
A2-Av. Las Américas	764	0.98	779.592	2	1.05	818.571	0.058	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo de saturación
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	
A1-Av. Las Américas	1900	2	1.000	0.984	1	1	0.936	0.9	0.940	1	2960.973
A2-Av. Las Américas	1900	2	1.072	0.981	1	1	0.94	0.9	0.991	1	3351.009

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Av. Las Américas	1416.429	2960.973	0.478	0.465	1376.852	1.03
A2-Av. Las Américas	818.571	3351.009	0.244	0.465	1558.219	0.53

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Av. Las Américas	1.03	0.465	58	9.558	26.326	35.884	35.884	D
A2-Av. Las Américas	0.53	0.465	58	6.609	0.279	6.888	6.888	B

Módulo de entrada:

Tramo 8

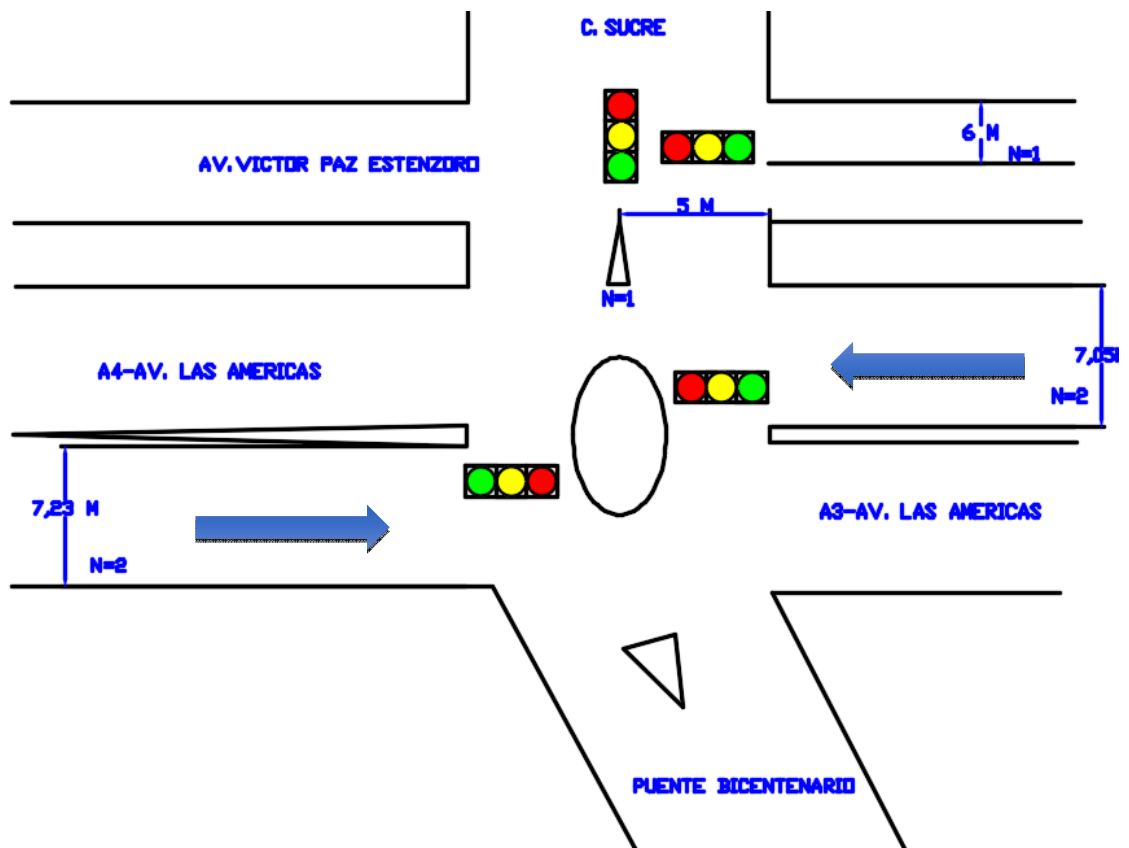
Intersección N 8 Av. Las américas y calle Sucre

Acceso con semáforo

A3-Av. Las Américas

A4-Av. Las Américas

Figura 3.9 Intersección Av. Las Américas y calle Sucre



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A3-Av. Las Américas	32	3	37	72
A4-Av. Las Américas	32	3	37	72

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A3-Av. Las Américas	969	13.542	0	2.063	<10	7.23	3.615	0	36	2	0
A4-Av. Las Américas	955	34.818	0	1.57	<10	7.05	3.525	0	30	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A3-Av. Las Américas	969	0.98	988.776	2	1.05	1038.214	0.135	0
A4-Av. Las Américas	955	0.98	974.490	2	1.05	1023.214	0.348	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A3-Av. Las Américas	1900	2	1.002	0.980	1	1	0.928	0.9	0.980	1	3051.521
A4-Av. Las Américas	1900	2	0.992	0.985	1	1	0.94	0.9	0.948	1	2974.805

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A3-Av. Las Américas	1038.214	3051.521	0.340	0.444	1354.875	0.77
A4-Av. Las Américas	1023.214	2974.805	0.344	0.444	1320.814	0.77

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A3-Av. Las Américas	0.77	0.444	72	10.146	1.947	12.093	12.093	B
A4-Av. Las Américas	0.77	0.444	72	10.146	1.995	12.141	12.141	B

Módulo de entrada:

Tramo 9

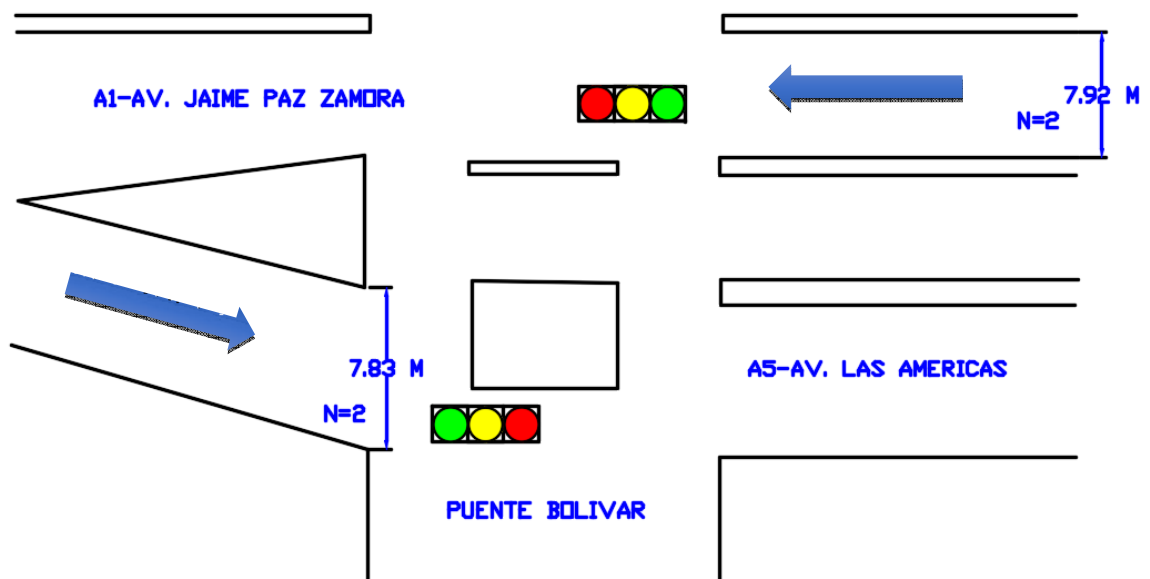
Intersección N 9 Av. Las Américas y calle Padilla

Acceso con semáforo

A5-Av. Las Américas

A1-Av. Jaime Paz Zamora

Figura 3.10 Intersección Av. Las Américas y calle Padilla



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A5-Av. Las Américas	20	2	22	44
A1-Av. Jaime Paz Zamora	20	2	22	44

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A5-Av. Las Américas	1216	14.967	0	4.769	<10	7.83	3.915	0	34	2	0
A1-Av. Jaime Paz Zamora	1025	13.043	0	4.682	<10	7.92	3.96	0	32	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A5-Av. Las Américas	1216	0.98	1240.816	2	1.05	1302.857	0.150	0
A1-Av. Jaime Paz Zamora	1025	0.98	1045.918	2	1.05	1098.214	0.130	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A5-Av. Las Américas	1900	2	1.035	0.954	1	1	0.932	0.9	0.978	1	3078.140
A1-Av. Jaime Paz Zamora	1900	2	1.040	0.955	1	1	0.936	0.9	0.980	1	3118.045

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A5-Av. Las Américas	1302.857	3078.140	0.423	0.454	1397.475	0.93
A1-Av. Jaime Paz Zamora	1098.214	3118.045	0.352	0.454	1415.592	0.78

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A5-Av. Las Américas	0.93	0.454	44	6.810	8.183	14.993	14.993	B
A1-Av. Jaime Paz Zamora	0.78	0.454	44	6.092	2.020	8.112	8.112	B

Módulo de entrada:

Tramo 10

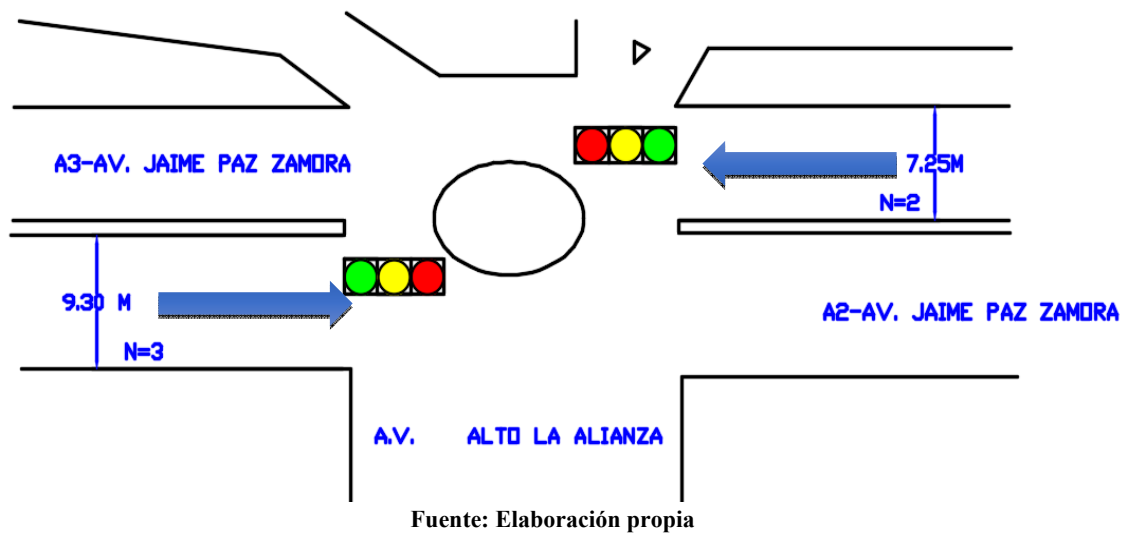
Intersección N 10 Av. Jaime Paz Zamora y calle Alto la Alianza

Acceso con semáforo

A2-Av. Jaime Paz Zamora

A3-Av. Jaime Paz Zamora

Figura 3.11 Intersección Av. Jaime Paz Zamora y calle Alto la Alianza



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Av. Jaime Paz Zamora	18	2	16	36
A3-Av. Jaime Paz Zamora	18	2	16	36

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Av. Jaime Paz Zamora	1430	11.513	0	3.636	<10	9.3	3.1	0	28	3	0
A3-Av. Jaime Paz Zamora	717	0	0	1.952	<10	7.25	3.625	0	32	2	0

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Av. Jaime Paz Zamora	1430	0.98	1459.184	3	1.1	1605.102	0.115	0
A3-Av. Jaime Paz Zamora	717	0.98	731.633	2	1.05	768.214	0	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A2-Av. Jaime Paz Zamora	1900	3	0.944	0.965	1	1	0.963	0.9	0.983	1	4422.761
A3-Av. Jaime Paz Zamora	1900	2	1.003	0.981	1	1	0.936	0.9	1	1	3148.552

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Av. Jaime Paz Zamora	1605.102	4422.761	0.363	0.5	2211.381	0.73
A3-Av. Jaime Paz Zamora	768.214	3148.552	0.244	0.5	1574.276	0.49

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Av. Jaime Paz Zamora	0.73	0.5	36	4.251	0.885	5.136	5.136	B
A3-Av. Jaime Paz Zamora	0.49	0.5	36	3.576	0.201	3.777	3.777	A

Línea Amarilla

Módulo de entrada:

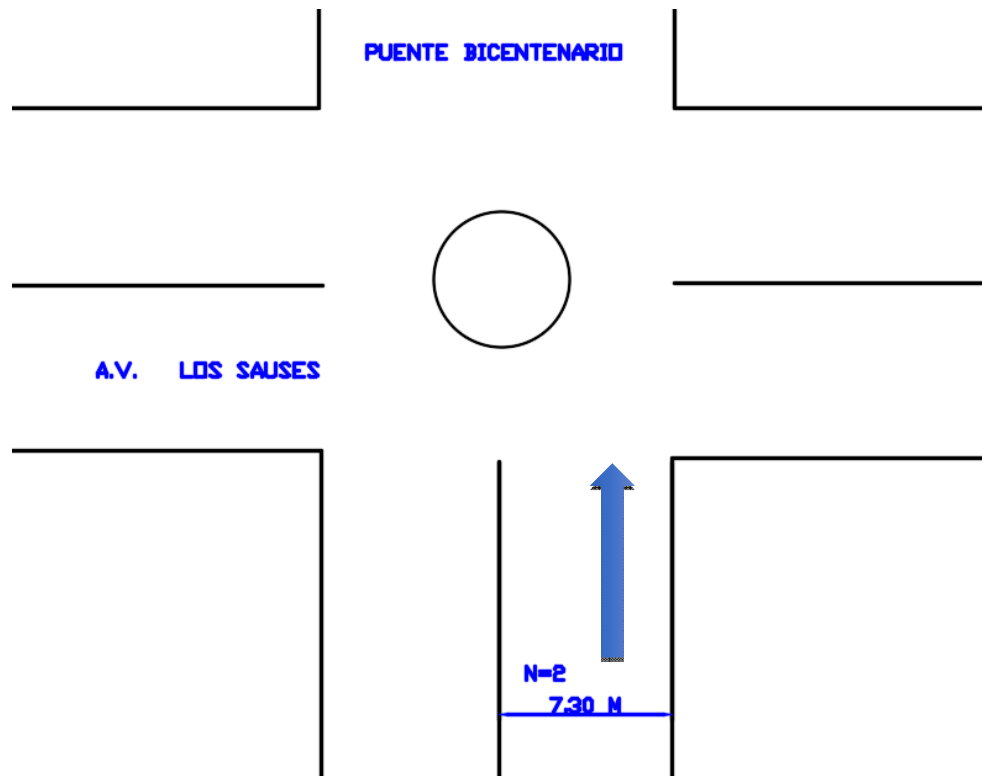
Tramo 1

Intersección N 1 Av. Sauces y puente Bicentenario

Acceso sin semáforo

A1-Av. Sauces

Figura 3.12 Intersección Av. Sauces y puente Bicentenario



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Av. Sauces	485	15.966	0	1.237	<10	7.3	3.65	0	4	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Av. Sauces	485	0.98	494.898	2	1.05	519.643	0.160	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Av. Sauces	1900	2	1.006	1	1	1	0.992	0.9	0.976	1	3289.100

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A1-Av. Sauces	519.643	3289.1	0.157	C

Módulo de entrada:

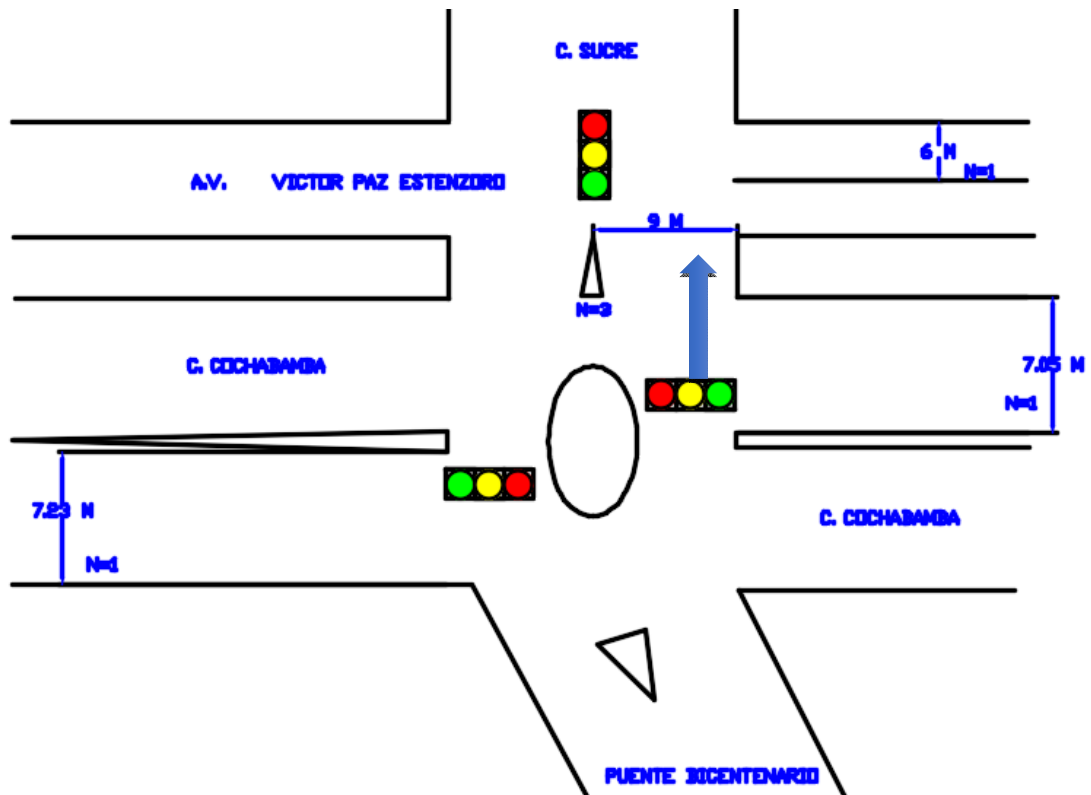
Tramo 2

Intersección N 2 Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre

Acceso sin semáforo

A1-Calle Sucre

Figura 3.13 Intersección Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Sucre	32	3	37	72

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Sucre	913	21.415	15.893	1.314	<10	9	3	0	28	3	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Sucre	913	0.98	931.633	3	1.1	1024.796	0.214	0.159

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	Numero de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Sucre	1900	3	0.933	0.987	1	1	0.963	0.9	0.968	0.976	4298.355

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Sucre	1024.796	4298.355	0.238	0.444	1908.469	0.54

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Sucre	0.54	0.444	72	8.783	0.246	9.029	9.029	B

Módulo de entrada:

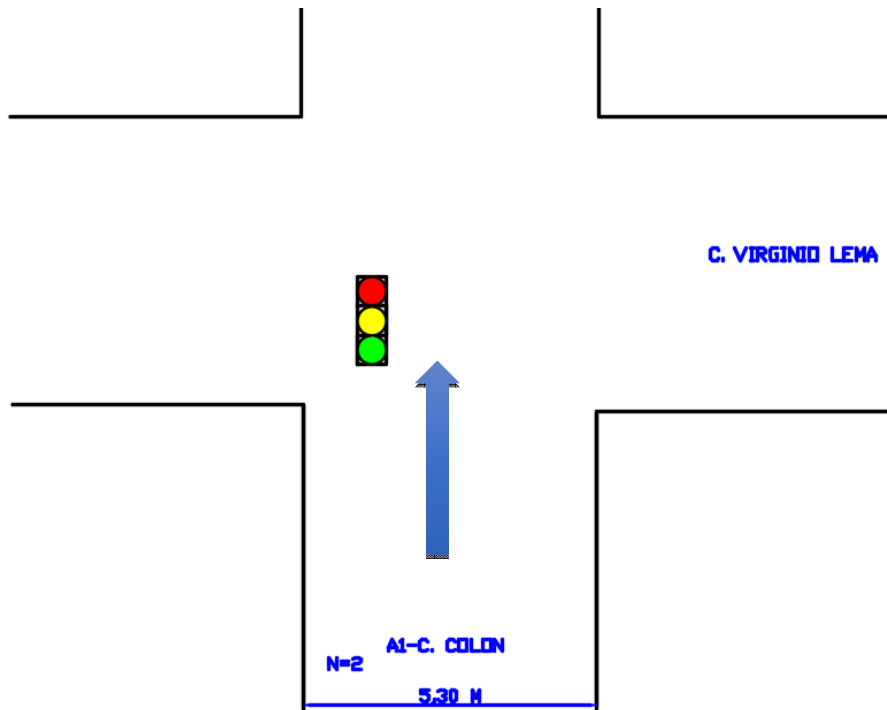
Tramo 3

Intersección N 3 calle Virginio Lema y calle Colón

Acceso con semáforo

A1-Calle Colón

Figura 3.14 Intersección calle Virginio Lema y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Colón	22	2	28	52

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Colón	256	0	24.049	0	<10	5.3	2.65	0	77	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Colón	256	0.98	261.224	2	1.05	274.286	0	0.240

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Colón	1900	2	0.894	1	1	1	0.846	0.9	1	0.964	2494.559

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Colón	274.286	2494.559	0.110	0.423	1055.198	0.26

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Colón	0.26	0.423	52	5.835	0.031	5.866	5.866	B

Módulo de entrada:

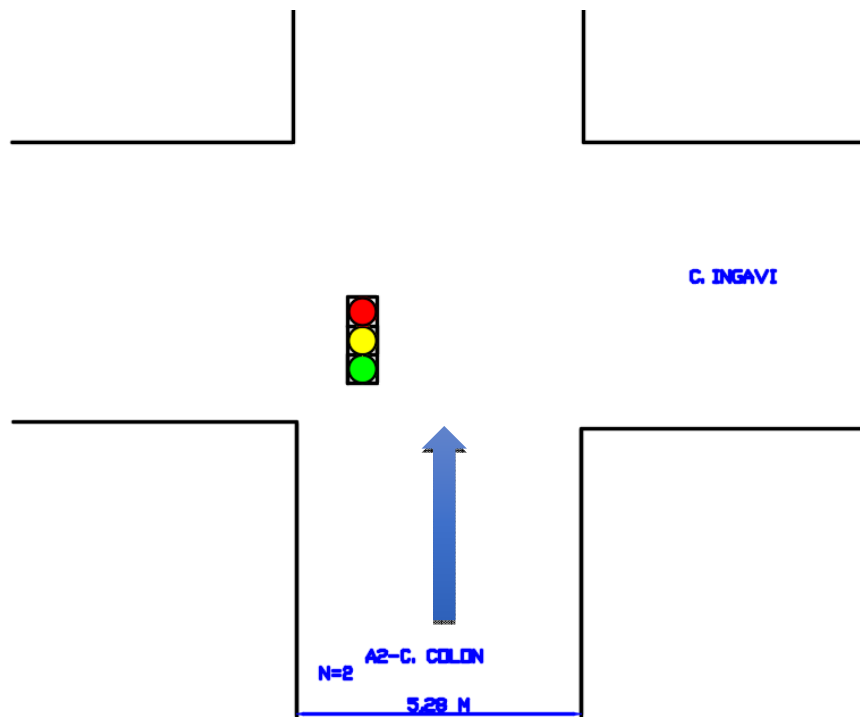
Tramo 4

Intersección N 4 calle Ingavi y calle Colón

Acceso con semáforo

A2-Calle Colón

Figura 3.15 Intersección calle Ingavi y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Calle Colón	20	2	24	46

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Calle Colón	365	14.657	0	0	<10	5.28	2.64	0	54	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Calle Colón	365	0.98	372.449	2	1.05	391.071	0.147	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A2-Calle Colón	1900	2	0.893	1	1	1	0.892	0.9	0.978	1	2665.323

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Calle Colón	391.071	2665.323	0.147	0.434	1156.750	0.34

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Calle Colón	0.34	0.434	46	5.186	0.071	5.257	5.257	B

Módulo de entrada:

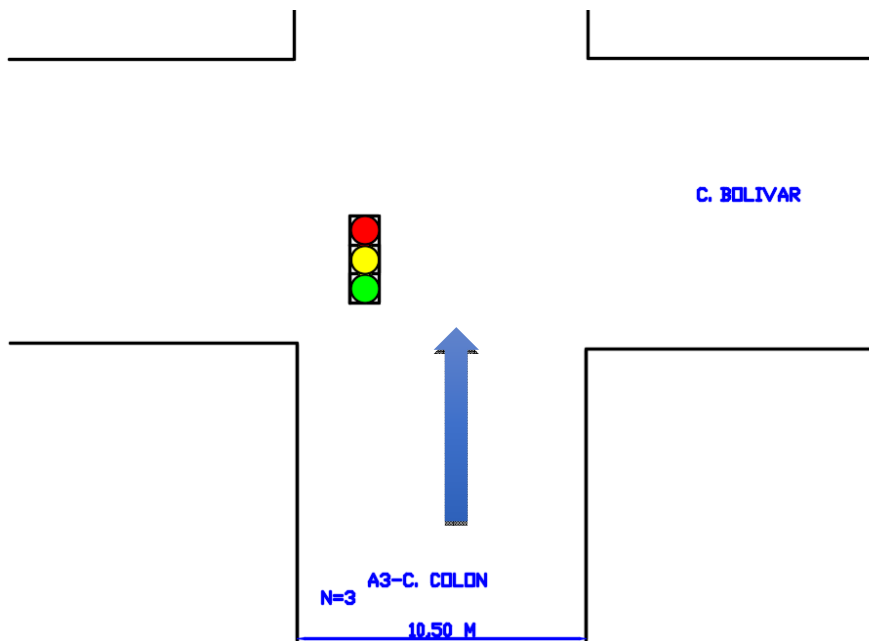
Tramo 5

Intersección N 5 calle Bolívar y calle Colón

Acceso con semáforo

A3-Calle Colón

Figura 3.16 Intersección calle Bolívar y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A3-Calle Colón	22	2	28	52

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A3-Calle Colón	465	0	37.646	0	<10	10.5	3.5	0	58	3	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A3-Calle Colón	465	0.98	474.490	3	1.1	521.939	0	0.376

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A3-Calle Colón	1900	3	0.989	1	1	1	0.923	0.9	1	0.944	4416.374

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A3-Calle Colón	521.939	4416.374	0.118	0.423	1868.126	0.28

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A3-Calle Colón	0.28	0.423	52	5.891	0.022	5.913	5.913	B

Módulo de entrada:

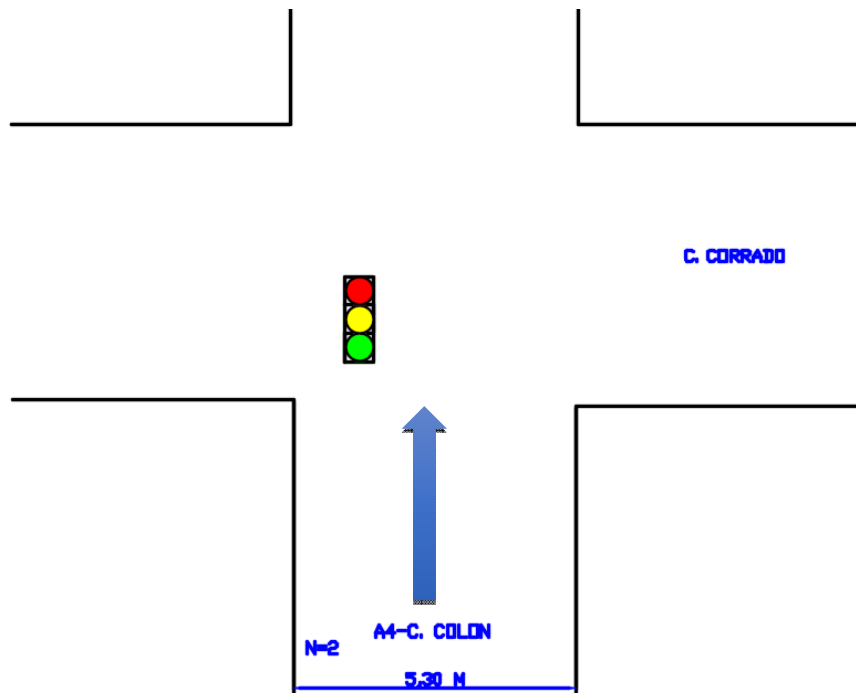
Tramo 6

Intersección N 6 calle Corrado y calle Colón

Acceso sin semáforo

A4-Calle Colón

Figura 3.17 Intersección calle Corrado y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A4-Calle Colón	363	0	18.977	0	<10	5.03	2.64	0	50	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A4-Calle Colón	363	0.98	370.408	2	1.05	388.929	0	0.190

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A4-Calle Colón	1900	2	0.893	1	1	1	0.9	0.9	1	0.972	2671.409

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A4-Calle Colón	388.929	2671.409	0.145	c

Módulo de entrada:

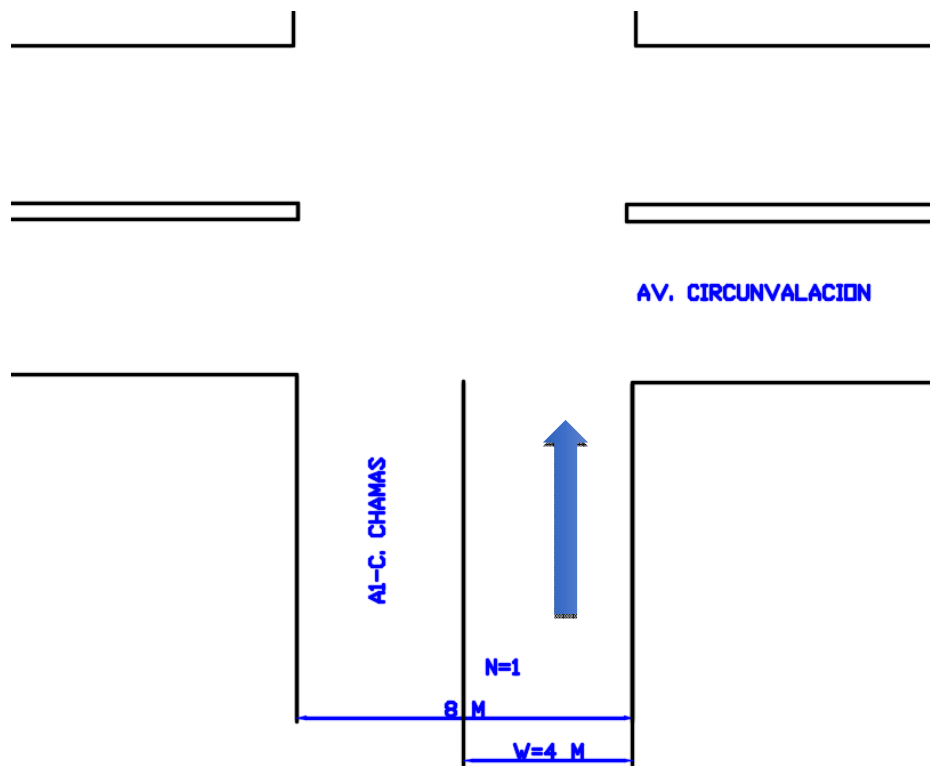
Tramo 7

Intersección N 7 Av. Circunvalación y calle Chamas

Acceso sin semáforo

A1-Calle Chamas

Figura 3.18 Intersección Av. Circunvalación y calle Chamas



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Chamas	377	39.198	0	1.061	<10	4	4	0	16	1	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Chamas	377	0.98	384.694	1	1	384.694	0.392	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Chamas	1900	1	1.044	1	1	1	0.936	0.9	0.941	1	1556.887

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A1-Calle Chamas	384.694	1556.887	0.247	C

Módulo de entrada:

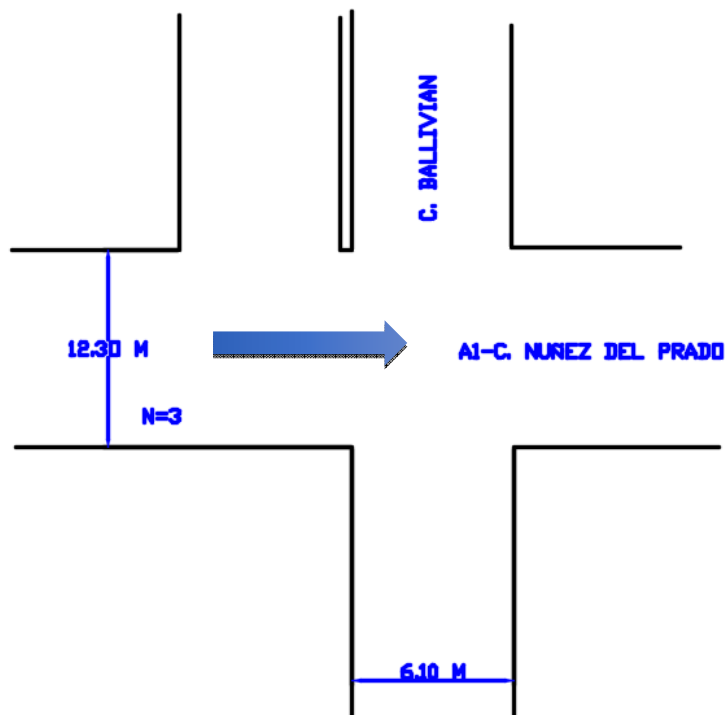
Tramo 8

Intersección N 8 calle Núñez del Prado y calle Ballivián

Acceso sin semáforo

A1-Calle Núñez del Prado

Figura 3.19 Intersección calle Núñez del Prado y calle Ballivián



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Núñez del Prado	374	0	7.746	2.139	<10	12.3	4.1	0	4	3	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Núñez del Prado	374	0.98	381.633	3	1.1	419.796	0	0.077

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Núñez del Prado	1900	3	1.056	0.979	1	1	0.995	0.9	1	0.988	5212.053

Análisis de capacidad y nivel de servicio

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Nivel de servicio
A1-Calle Núñez del Prado	419.796	5212.053	0.08	A

Módulo de entrada:

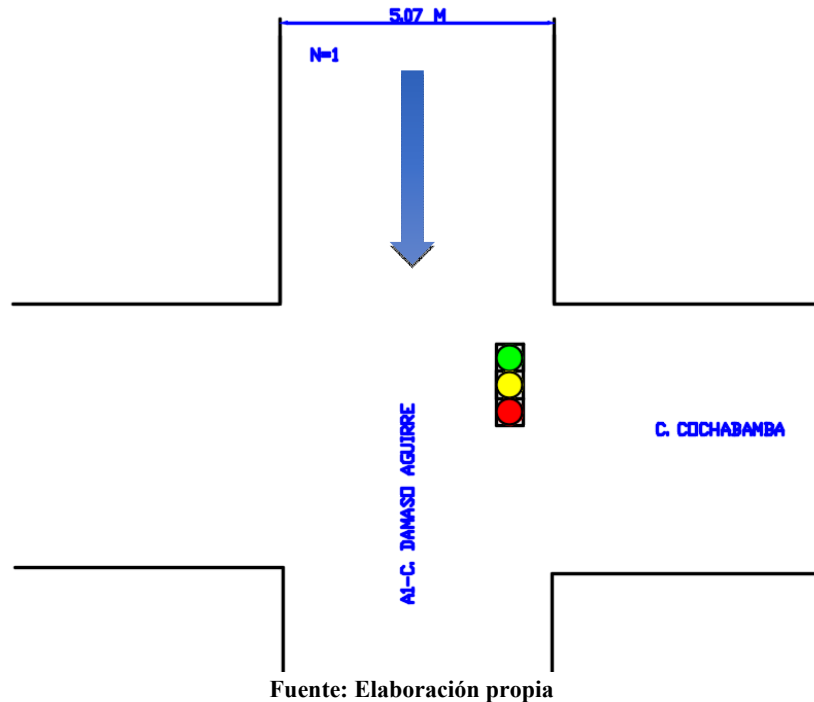
Tramo 9

Intersección N 9 calle Cochabamba y calle Dámaso Aguirre

Acceso con semáforo

A1-Calle Dámaso Aguirre

Figura 3.20 Intersección calle Cochabamba y calle Dámaso Aguirre



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Dámaso Aguirre	14	2	24	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Dámaso Aguirre	285	17.992	27.641	0	<10	5.07	2.535	0	28	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Dámaso Aguirre	285	0.98	290.816	2	1.05	305.357	0.180	0.276

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Dámaso Aguirre	1900	2	0.882	1	1	1	0.944	0.9	0.973	0.959	2654.791

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Dámaso Aguirre	305.357	2654.791	0.115	0.35	929.177	0.33

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Dámaso Aguirre	0.33	0.35	40	5.732	0.079	5.811	5.811	B

Módulo de entrada:

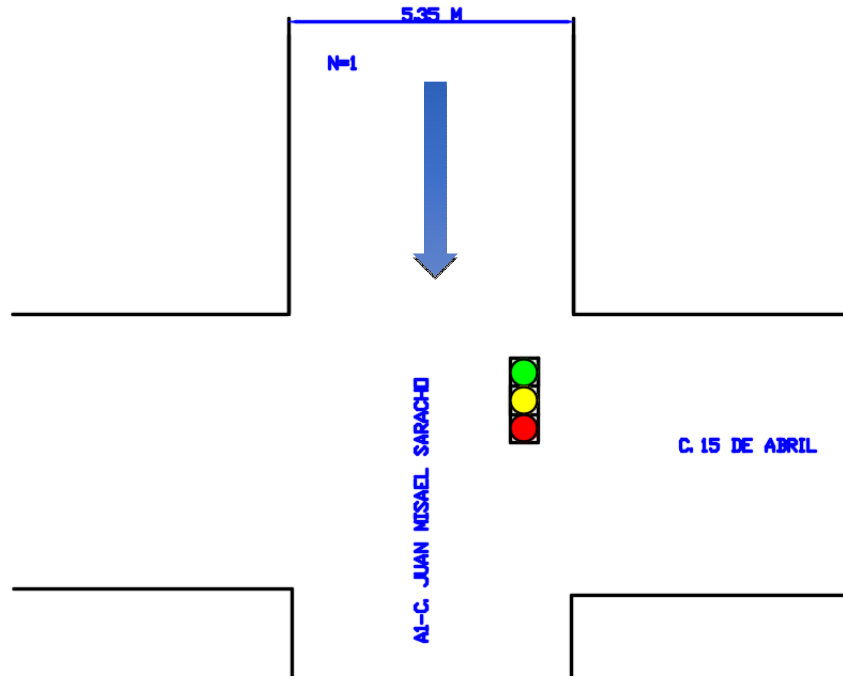
Tramo 10

Intersección N 10 calle 15 de Abril y calle Juan Misael Saracho

Acceso con semáforo

A1-Calle Juan Misael Saracho

Figura 3.21 Intersección calle 15 de a Abril y calle Juan Misael Saracho



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Juan Misael Saracho	20	2	28	50

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Juan Misael Saracho	249	0	24.196	0	<10	5.35	2.675	0	38	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Juan Misael Saracho	249	0.98	254.082	2	1.05	266.786	0	0.242

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Juan Misael Saracho	1900	2	0.897	1	1	1	0.924	0.9	1	0.964	2732.390

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Juan Misael Saracho	266.786	2732.390	0.098	0.4	1092.956	0.24

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Juan Misael Saracho	0.24	0.4	50	5.973	0.022	5.995	5.995	B

Línea verde

Módulo de entrada:

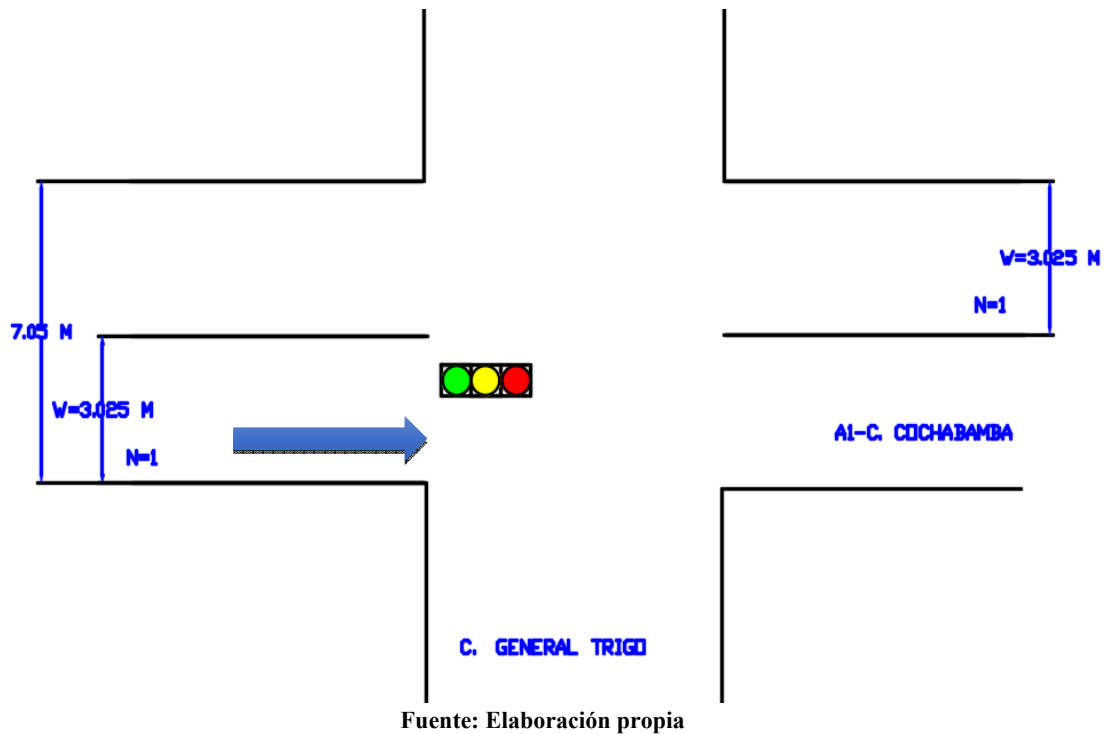
Tramo 1

Intersección N 1 calle Cochabamba y calle General Trigo

Acceso con semáforo

A1-Calle Cochabamba

Figura 3.22 Intersección calle Cochabamba y calle General Trigo



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Cochabamba	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Cochabamba	477	6.737	0	0.419	<10	3.025	3.025	0	28	1	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Cochabamba	477	0.98	486.735	1	1	486.735	0.067	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturación
A1-Calle Cochabamba	1900	1	0.936	0.996	1	1	0.888	0.9	0.990	1	1401.230

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Cochabamba	486.735	1401.230	0.347	0.5	700.615	0.69

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Cochabamba	0.69	0.5	40	4.580	2.013	6.593	6.593	B

Módulo de entrada:

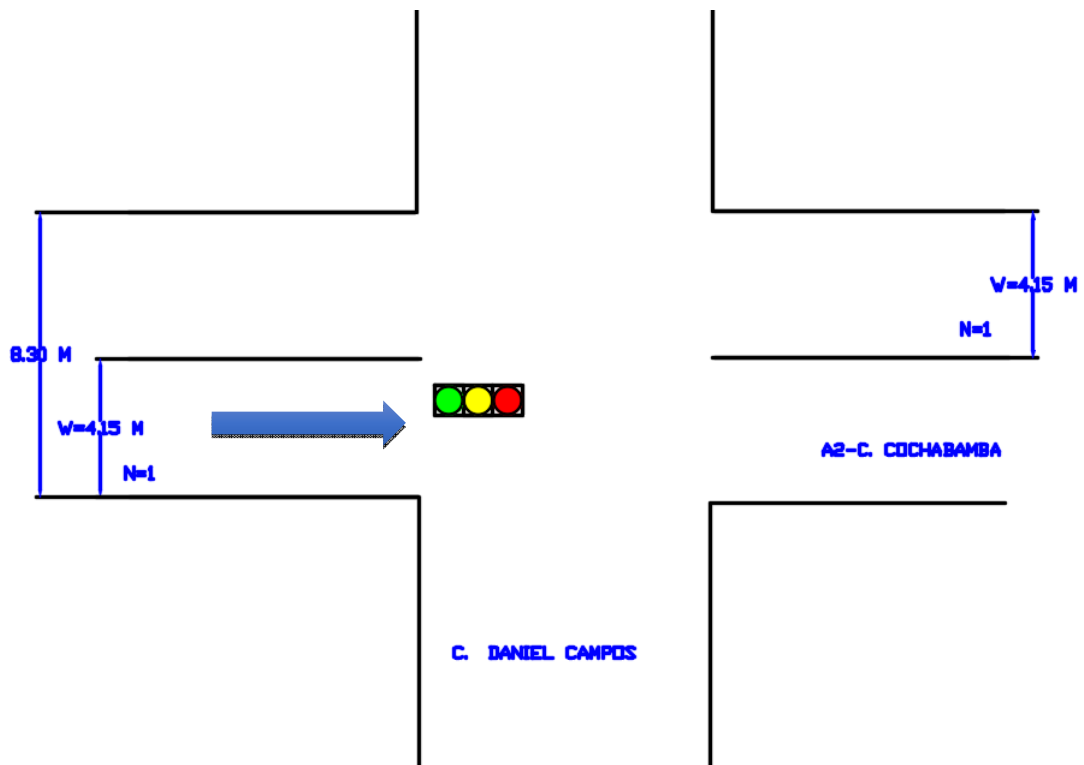
Tramo 2

Intersección N 2 calle Cochabamba y calle Daniel Campos

Acceso con semáforo

A1-Calle Cochabamba

Figura 3.23 Intersección calle Cochabamba y calle Daniel Campos



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Calle Cochabamba	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Calle Cochabamba	432	17.521	0	1.157	<10	4.15	4.15	0	38	1	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Calle Cochabamba	432	0.98	440.816	1	1	440.816	0.175	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A2-Calle Cochabamba	1900	1	1.061	0.989	1	1	0.848	0.9	0.974	1	1481.120

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Calle Cochabamba	440.816	1481.120	0.298	0.5	740.560	0.60

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Calle Cochabamba	0.60	0.5	40	4.379	1.233	5.612	5.612	B

Módulo de entrada:

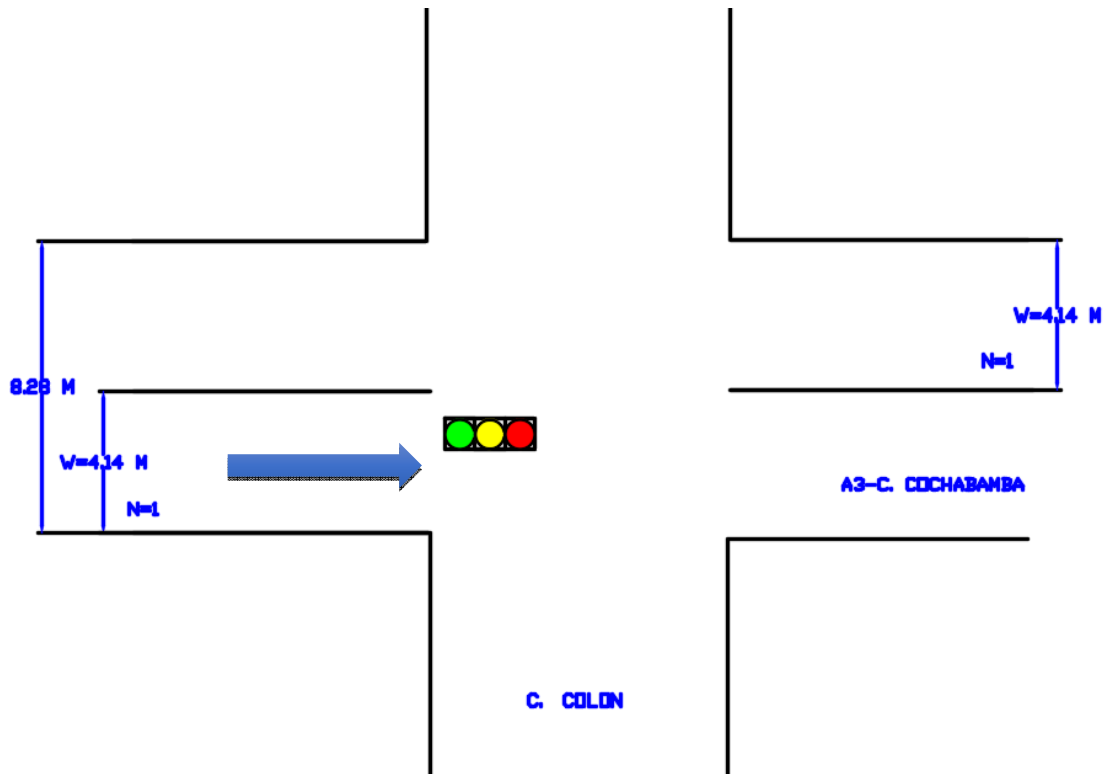
Tramo 3

Intersección N 3 calle Cochabamba y calle Colón

Acceso con semáforo

A3-Calle Cochabamba

Figura 3.24 Intersección calle Cochabamba y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A3-Calle Cochabamba	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A3-Calle Cochabamba	426	0	15.629	1.173	<10	4.14	4.14	0	29	1	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A3-Calle Cochabamba	426	0.98	434.694	1	1	434.694	0	0.156

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A3-Calle Cochabamba	1900	1	1.060	0.988	1	1	0.884	0.9	1	0.977	1546.632

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A3-Calle Cochabamba	434.694	1546.632	0.281	0.5	773.316	0.56

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A3-Calle Cochabamba	0.56	0.5	40	4.255	0.88	5.135	5.135	B

Módulo de entrada:

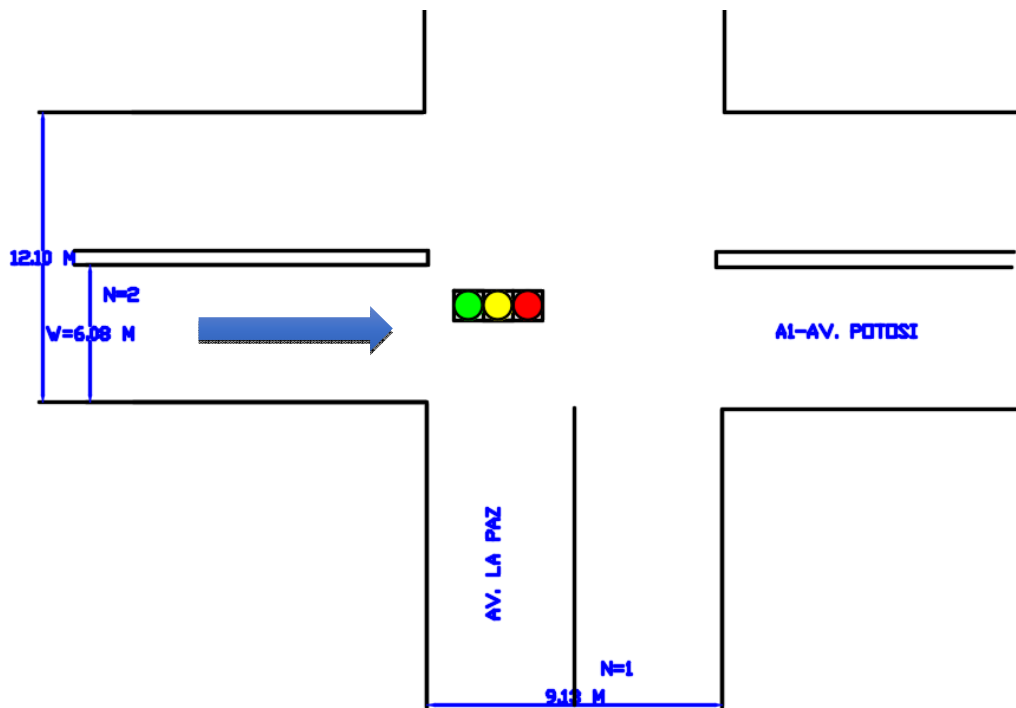
Tramo 4

Intersección N 4 Av. Potosí y Av. La Paz

Acceso con semáforo

A1-Av. Potosí

Figura 3.25 Intersección Av. Potosí y Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Av. Potosí	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Av. Potosí	398	0	8.808	0.753	<10	6.08	3.04	0	14	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Av. Potosí	398	0.98	406.122	2	1.05	426.429	0	0.088

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Av. Potosí	1900	2	0.938	0.993	1	1	0.972	0.9	1	0.987	3053.221

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Av. Potosí	426.429	3053.221	0.140	0.5	1526.610	0.28

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Av. Potosí	0.28	0.5	40	3.488	0.027	3.515	3.515	A

Módulo de entrada:

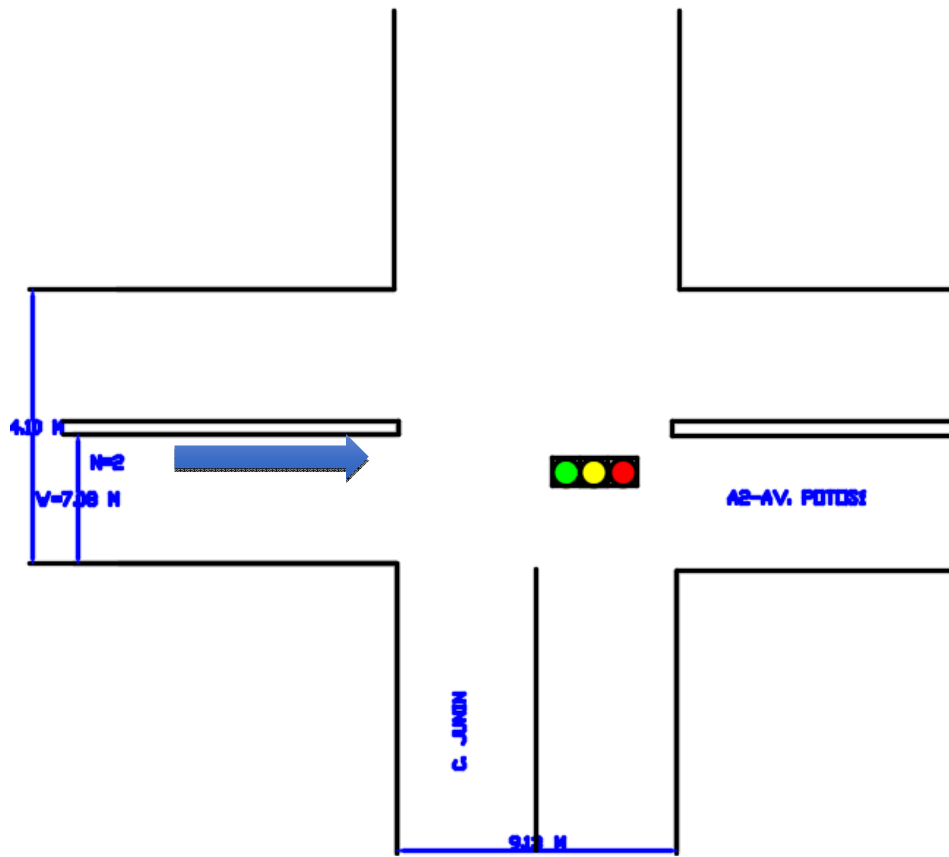
Tramo 5

Intersección N 5 Av. Potosí y Av. Junín

Acceso con semáforo

A2-Av. Potosí

Figura 3.26 Intersección Av. Belgrano y Av. La Paz



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Av. Potosí	16	2	18	36

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Av. Potosí	515	0	23.101	0.97	<10	7.08	2.98	0	58	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Av. Potosí	515	0.98	525.510	2	1.05	551.786	0	0.231

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo de saturación
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	
A2-Av. Potosí	1900	2	0.931	0.990	1	1	0.884	0.9	1	0.965	2691.359

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Av. Potosí	551.786	2691.359	0.205	0.4	1076.544	0.51

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total Dt	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2		Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Av. Potosí	0.51	0.44	36	4.366	0.345	4.711	4.711	A

Módulo de entrada:

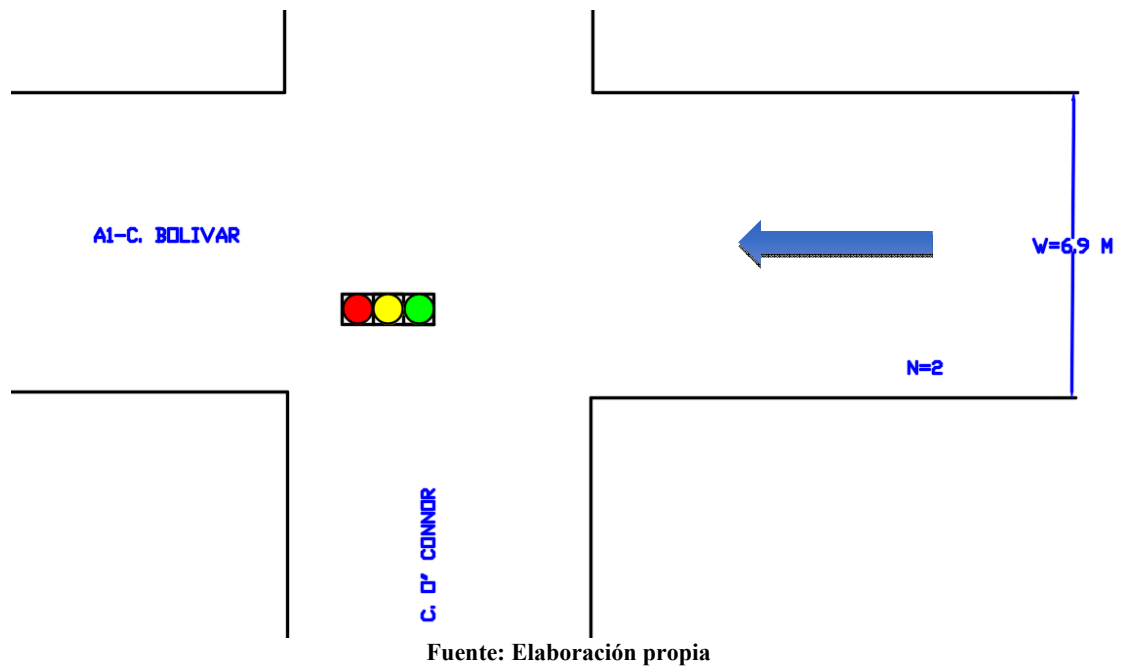
Tramo 6

Intersección N 6 calle Bolívar y calle O'Connor

Acceso con semáforo

A1-Calle Bolívar

Figura 3.27 Intersección calle Bolívar y calle O'Connor



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A1-Calle Bolívar	18	2	22	42

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A1-Calle Bolívar	469	0	20.776	0	<10	6.9	3.45	0	32	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A1-Calle Bolívar	469	0.98	478.571	2	1.05	502.500	0	0.208

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A1-Calle Bolívar	1900	2	0.983	1	1	1	0.936	0.9	1	0.969	3049.671

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A1-Calle Bolívar	502.500	3049.671	0.165	0.428	1305.259	0.38

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A1-Calle Bolívar	0.38	0.428	42	4.923	0.093	5.016	5.016	B

Módulo de entrada:

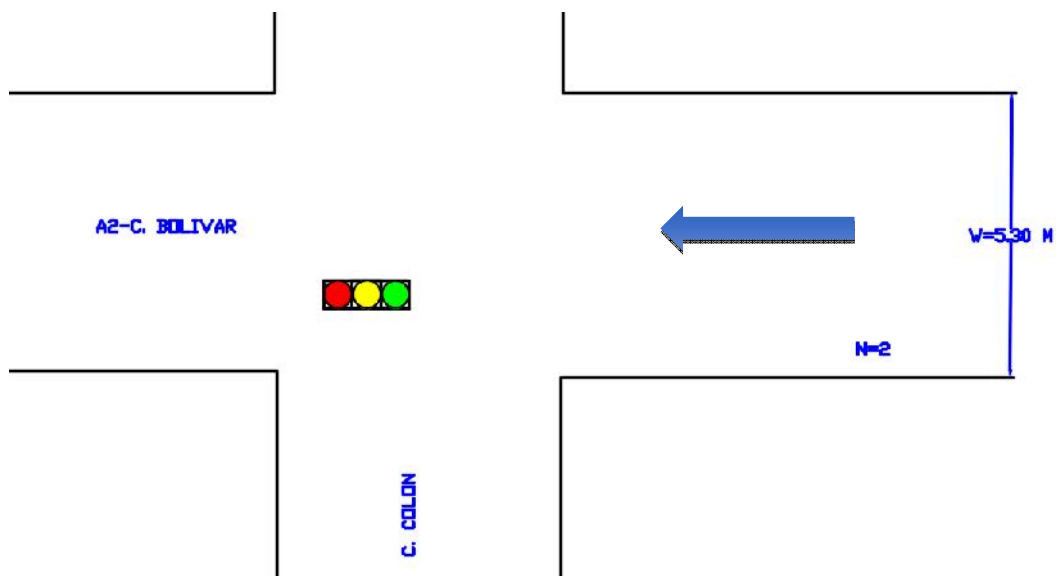
Tramo 7

Intersección N 7 calle Bolívar y calle Colón

Acceso con semáforo

A2-Calle Bolívar

Figura 3.28 Intersección calle Bolívar y calle Colón



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A2-Calle Bolívar	23	2	25	50

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A2-Calle Bolívar	378	16.453	0	0	<10	5.3	2.65	0	52	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A2-Calle Bolívar	378	0.98	385.714	2	1.05	405.000	0.165	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo de saturación
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	
A2-Calle Bolívar	1900	2	0.894	1	1	1	0.896	0.9	0.975	1	2673.221

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A2-Calle Bolívar	405.000	2673.221	0.152	0.46	1229.682	0.33

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A2-Calle Bolívar	0.33	0.46	50	5.156	0.0602	5.216	5.216	B

Módulo de entrada:

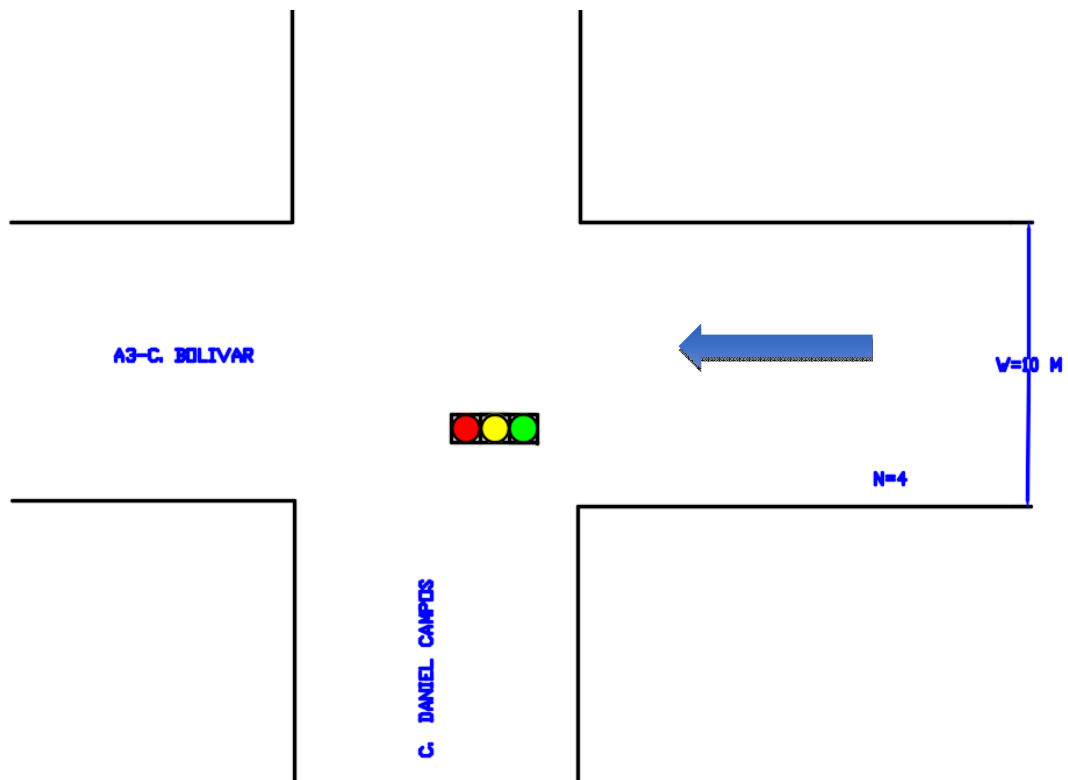
Tramo 8

Intersección N 8 calle Bolívar y calle Daniel Campos

Acceso con semáforo

A3-Calle Bolívar

Figura 3.29 Intersección calle Bolívar y calle Daniel Campos



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A3-Calle Bolívar	23	2	25	50

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A3-Calle Bolívar	484	0	29.752	0	<10	10	2.5	0	85	4	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A3-Calle Bolívar	484	0.98	493.878	4	1.05	518.571	0	0.298

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A3-Calle Bolívar	1900	4	0.878	1	1	1	0.915	0.9	1	0.955	5248.489

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A3-Calle Bolívar	518.571	5248.489	0.099	0.46	2414.305	0.21

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A3-Calle Bolívar	0.21	0.46	50	4.841	0.008	4.849	4.849	A

Módulo de entrada:

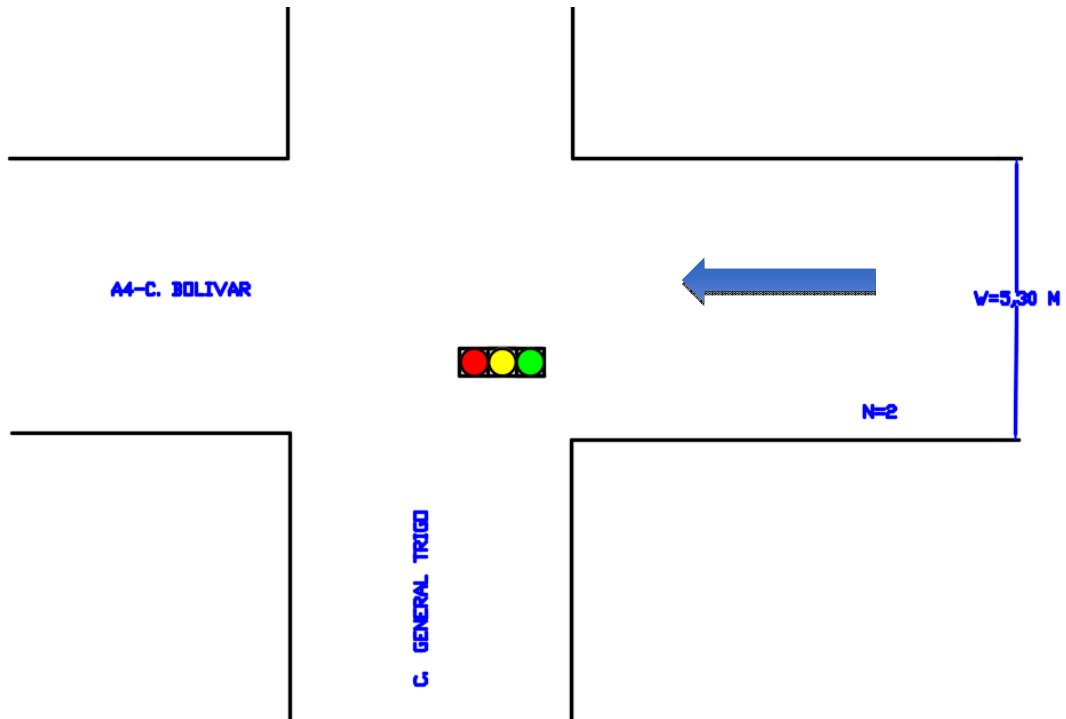
Tramo 9

Intersección N 9 calle Bolívar y calle General Trigo

Acceso con semáforo

A4-Calle Bolívar

Figura 3.30 Intersección calle Bolívar y calle General Trigo



Fuente: Elaboración propia

Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A4-Calle Bolívar	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A4-Calle Bolívar	445	0	34.207	0	<10	5.3	2.65	0	68	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A4-Calle Bolívar	445	0.98	454.082	2	1.05	476.786	0	0.342

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A4-Calle Bolívar	1900	2	0.894	1	1	1	0.864	0.9	1	0.949	2507.364

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A4-Calle Bolívar	476.786	2507.364	0.190	0.5	1253.682	0.38

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A4-Calle Bolívar	0.38	0.5	40	3.703	0.097	3.8	3.8	A

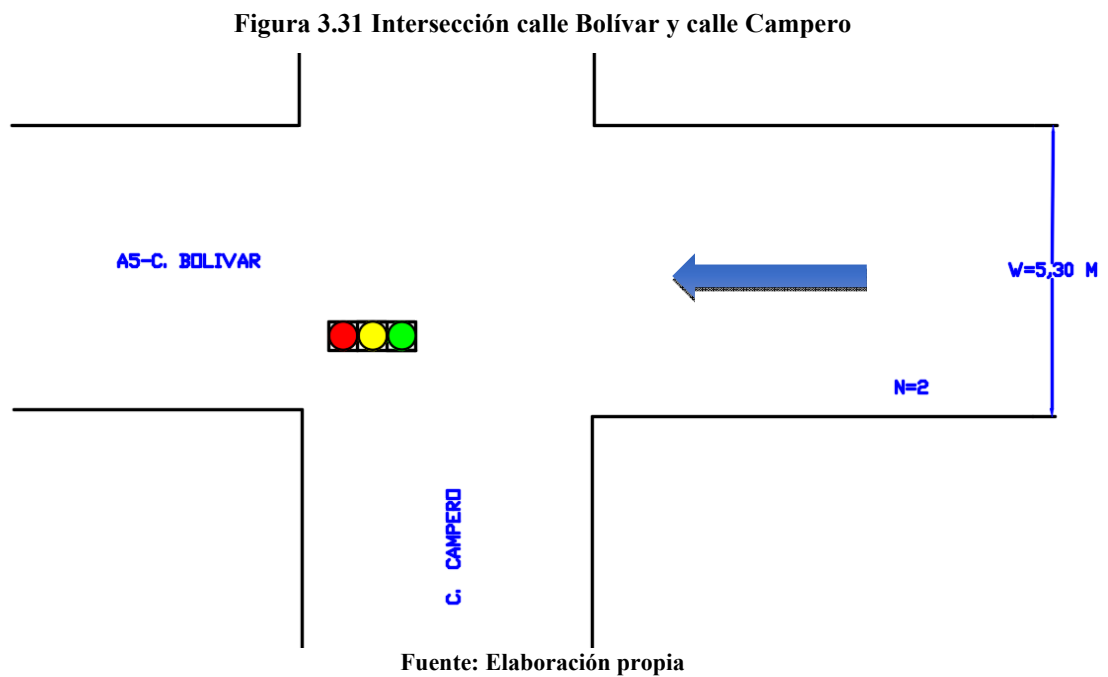
Módulo de entrada:

Tramo 10

Intersección N 10 calle Bolívar y calle Campero

Acceso con semáforo

A5-Calle Bolívar



Donde:

N= Es el número de carriles

W= Ancho del acceso

Fases	Tiempo de luz verde	Tiempo de luz amarilla	Tiempo de luz roja	Tiempo del ciclo (seg)
A5-Calle Bolívar	20	2	18	40

Acceso	VTH veh/h	% Giro Der	% Giro Izq	% HV	% Ped	Ancho del acceso en (m)	Ancho de carril en (m)	Nm	NB	Numero de carril	N Carril p f est.
A5-Calle Bolívar	349	41.61	0	0	<10	5.3	2.65	0	64	2	0

Donde:

VTH=Volumen total horario veh/h

Ped=Pendiente %

%=Porcentaje de vehículos pesados

Nm=Maniobras de estacionamiento/hora

NB=Parada de autobuses/hora

PHF=Factor de hora pico

Módulos de ajustes de volúmenes

Acceso	Volumen (VTH)	PHF	Valor del flujo	Número de carriles	Factor de utilización	Valor de flujo ajustado	PRT vueltas derechas	PLT vueltas izquierdas
A5-Calle Bolívar	349	0.98	356.122	2	1.05	373.929	0.416	0

Módulo de flujo de saturación

Acceso	So flujo ideal de saturación	N. de carril de operación	Factor de ajuste								Ajuste de flujo
			Fw	Fhv	Fg	Fp	Fbb	Fa	FRT	FLT	de saturacion
A5-Calle Bolívar	1900	2	0.894	1	1	1	0.872	0.9	0.938	1	2500.959

Análisis de capacidad

Acceso	Ajuste del valor de flujo	Ajuste de flujo de saturación	Relación de flujo	Relación de luz verde	Capacidad del carril	Relación V/C
A5-Calle Bolívar	373.929	2500.959	0.150	0.5	1250.480	0.30

Nivel de servicio

Acceso	Relación V/C	Relación de luz verde g/C	Duración del ciclo C	Primera demora	Segunda demora	Demora total	Demora total y nivel de servicio	
				Demora d1	Demora d2	Dt	Demora por acceso	Nivel de servicio por acceso
A5-Calle Bolívar	0.30	0.5	40	3.529	0.0426	3.571	3.571	A

A continuación, se presentan un resumen de la capacidad y nivel de servicio obtenido para cada acceso por el HCM 1985

Tabla 3.5 Capacidad y N.S. para los accesos de las intersecciones HCM 1985

Intersección N 1				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Av. Froilán Tejerina	538	0.39	B	flujo estable
A1-Av. Circunvalación	787	0.54	B	flujo estable

Intersección N 2				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Av. Circunvalación	881	0.73	B	flujo estable
A3-Av. Circunvalación	855	0.70	B	flujo estable

Intersección N 3				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A4-Av. Circunvalación	744	0.52	A	flujo libre
A5-Av. Circunvalación	875	0.59	A	flujo libre

Intersección N 4				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A6-Av. Circunvalación	897	0.30	C	flujo estable
A1-Av. Julio Delio Echazú	458	0.11	C	flujo estable

Intersección N 5				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Av. Julio Delio Echazú	438	0.15	C	flujo estable
A3-Av. Julio Delio Echazú	481	0.16	C	flujo estable

Intersección N 6				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Av. Panamericana	1199	0.57	A	flujo libre
A2-Av. Panamericana	787	0.46	B	flujo estable

Intersección N 7				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Av. Las Américas	1322	1.03	D	próximo al flujo inestable
A2-Av. Las Américas	764	0.53	B	flujo estable

Intersección N 8				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A3-Av. Las Américas	969	0.77	B	flujo estable
A4-Av. Las Américas	955	0.77	B	flujo estable

Intersección N 9				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A5-Av. Las Américas	1216	0.93	B	flujo estable
A1-Av. Jaime Paz Zamora	1025	0.78	B	flujo estable

Intersección N 10				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Av. Jaime Paz Zamora	1430	0.73	B	flujo libre
A3-Av. Jaime Paz Zamora	717	0.49	A	flujo libre

Intersección N 11				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Av. Sauces	485	0.15	C	flujo estable

Intersección N 12				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Sucre	913	0.54	B	flujo estable

Intersección N 13				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Colón	256	0.26	B	flujo estable

Intersección N 14				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Calle Colón	365	0.34	B	flujo estable

Intersección N 15				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A3-Calle Colón	465	0.28	B	flujo estable

Intersección N 16				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A4-Calle Colón	363	0.14	C	flujo estable

Intersección N 17				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Chamas	377	0.24	C	flujo estable

Intersección N 18				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Núñez del Prado	374	0.08	A	flujo estable

Intersección N 19				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Dámaso Aguirre	285	0.33	B	flujo estable

Intersección N 20				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Juan Misael Saracho	249	0.24	B	flujo estable

Intersección N 21				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Cochabamba	477	0.69	B	flujo estable

Intersección N 22				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Calle Cochabamba	432	0.60	B	flujo estable

Intersección N 23				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A3-Calle Cochabamba	426	0.56	B	flujo estable

Intersección N 24				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Av. Potosí	398	0.28	A	flujo libre

Intersección N 25				
ACCESO	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Av. Potosí	515	0.51	A	flujo libre

Intersección N 26				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A1-Calle Bolívar	469	0.38	B	flujo estable

Intersección N 27				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A2-Calle Bolívar	378	0.33	B	flujo estable

Intersección N 28				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A3-Calle Bolívar	484	0.21	A	flujo libre

Intersección N 29				
Acceso	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A4-Calle Bolívar	445	0.38	A	flujo libre

Intersección N 30				
ACCESO	Capacidad veh/h	V/C	Nivel de servicio	Descripción del flujo
A5-Calle Bolívar	349	0.30	A	flujo libre

Fuente: Elaboración propia

3.5. Determinación del bus para el transporte masivo

Debido a la falta de una norma boliviana que estipule los pasos a seguir para el diseño del transporte masivo se decidió utilizar la norma mexicana de la Guía técnica de selección de vehículos para el transporte público que está basada en la norma AASHTO con análisis del CTS EMBARQ MÉXICO y se escogió este método por que la AASHTO en nuestro país es utilizada de referencia de muchas normas bolivianas que contamos en la actualidad.

Al comparar la demanda encontrada el año 2010 con la demanda del estudio anterior en el año 2008 podemos determinar que ha existido un crecimiento de la demanda de un 3.52 % en dos años y en los datos del INE esta que el índice será 1.4 por lo que, asumimos un crecimiento proporcional 1.4 para los próximos 10 años, es decir el año 2029.

Tabla 3.6 Pasajeros 2019

Año 2019	Máximo pasajero s/hora	Prom-max Pasajero/hora
Pasajeros por sentido	5895	5266

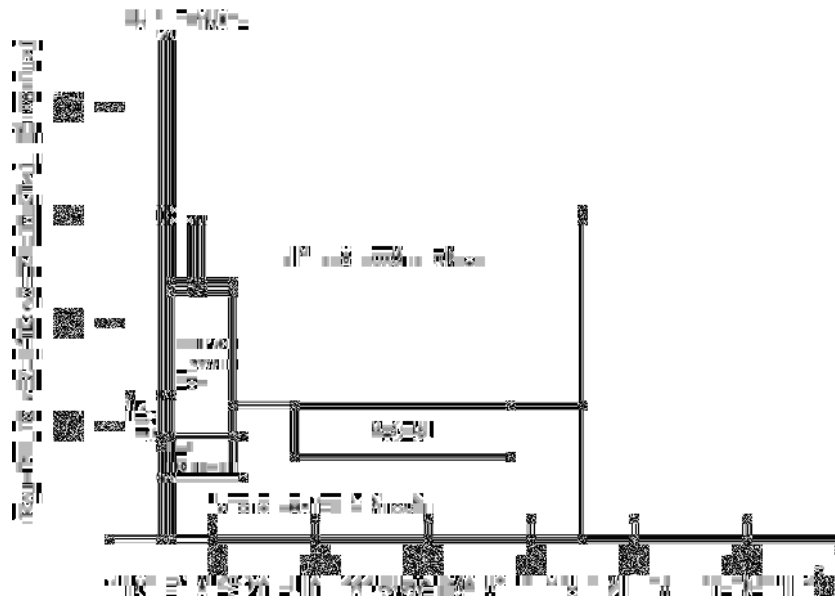
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7 Pasajeros 2029

Año 2029	Máximo pasajero s/hora	Prom-max Pasajero/hora
Pasajeros por sentido	6721	6004

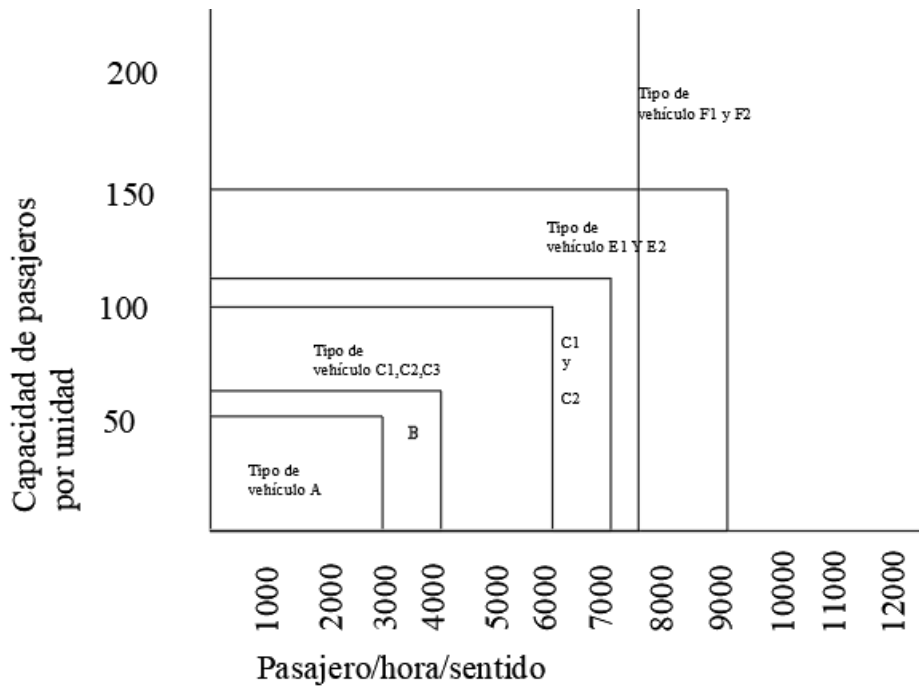
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.32 Tecnologías en sistemas de transporte público para la línea roja



Fuente: cts Embarq México 2015

Figura 4.33 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda para la línea roja



Fuente: cts Embarq México 2015

Tabla 3.8 – Cálculo de capacidad, frecuencias e intervalo resultantes

Demanda	Tipo de vehículo	Capacidad	Frecuencia	Intervalo (minutos)
6721	A	45	150	0.4
	B	60	112	0.53
	C	100	68	0.88
	D	120	57	1.05
	E	150	45	1.33
	F	240	29	2.06

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Pasajeros máxima demanda}}{\text{cap. vehicular}} = \frac{6721}{45} = 150 \frac{\text{veh}}{\text{hor}}$$

$$\text{intervalos} = \frac{60}{\text{frecuencia}} = \frac{60}{150} = 0.4 \text{ min}$$

Se observa que los vehículos A y B se encuentran en el nivel de saturación por lo que se recomendarían los vehículos del tipo C, D, E y F.

Tabla 3.9 Cálculo de capacidad de ofrecida, ocupación vehicular y asientos ofertados

Demanda	Tipo de vehículo	Capacidad ofrecida	Ocupación vehicular	Asientos ofertados	Pasajeros de pie
6721	C	6800	99.83%	3332	3389
	D	6740	99.71%	2793	3928
	E	6750	99.57%	2025	4696
	F	6960	96.56%	1421	5300

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Capacidad ofrecida} = \text{frecuencia} * \text{capacidad veh.} = 68 * 100 = 6800$$

$$\text{Ocupación vehicular} = \frac{\text{Pasajeros máxima demanda}}{\text{capacidad ofrecida}} = \frac{6721}{6800} = 0.9883$$

$$\text{Asientos ofertados} = \text{Asientos} * \text{frecuencia} = 49 * 68 = 3332$$

$$\text{Pasajeros de pie} = \text{demanda} - \text{asientos ofertados} = 6721 - 3332 = 3389$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{3389}{7.7 \text{ m}^2 * 68}$$

$$\text{Densidad} = 7 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{3928}{9.8 \text{ m}^2 * 57}$$

$$\text{Densidad} = 7 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{4696}{12.53 \text{ m}^2 * 45}$$

$$\text{Densidad} = 9 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{5300}{18.9 \text{ m}^2 * 29}$$

$$\text{Densidad} = 10 \text{ pasajeros/m}^2$$

De acuerdo a la comodidad para los pasajeros para la línea roja se escogerá los vehículos tipo C > International 3300 CE.

Figura 3.34 Bus International 3300 CE



Fuente: <https://mexico.internationaltrucks.com/autobuses/3300ce>

Figura 3.35 Características técnicas del bus International 3300 CE

Mecánicos	
Motor	DT 466
Transmisión	Fuller 6 vol. Alison
Frenos	Tambor dual
Dirección	Hidráulica
Suspensión	Mecánica Opc. neumático trasero

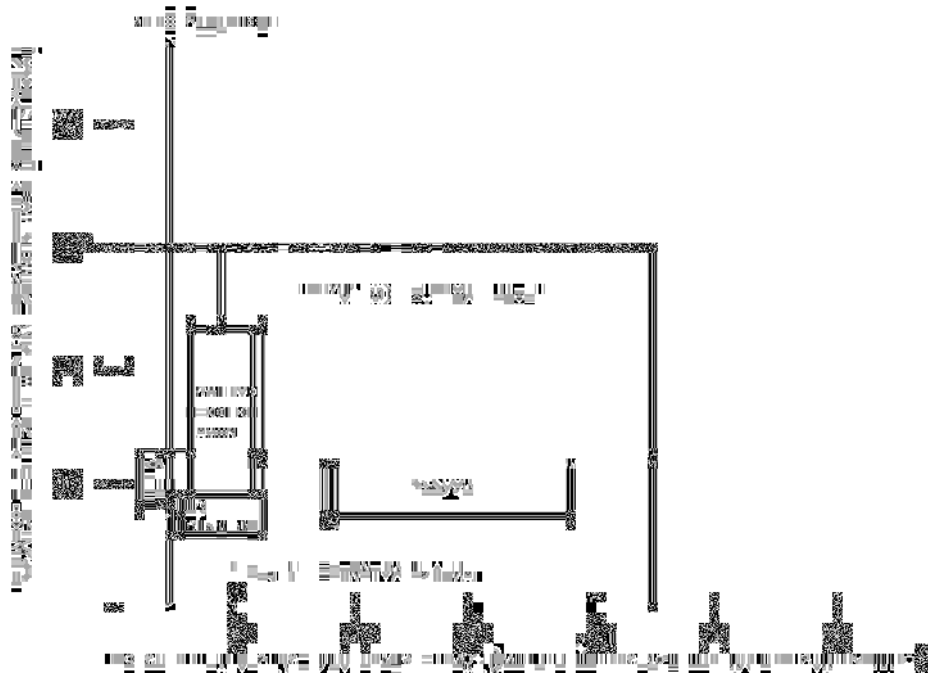
Eléctrico	12 V.
Ruedas	22.5
Llantas	22.5
Certificación ambiental	EPA 04
Combustible	Diesel
Estructura	
Carga de Ejes	Hasta 35000 lb
Asientos pasajeros	49
Chasis	50000 lb
Laminación	Lámina galvanizada
Dimensiones	10.7-12.m
Área disponible	7.7 m ²
Escotillas de Emergencia	2
Iluminación interior	Leds
Vidrios	Templados
Escalera	4 estribos
Disposición de puertas	2 puertas

Fuente: <https://mexico.internationaltrucks.com/autobuses/3300ce>

Se seleccionará un bus diferente para la línea amarilla y verde debido a que estos buses son los que entrarán al casco viejo de la ciudad y solo se tomara en cuenta para este cálculo los pasajeros que bajan en el centro de la ciudad.

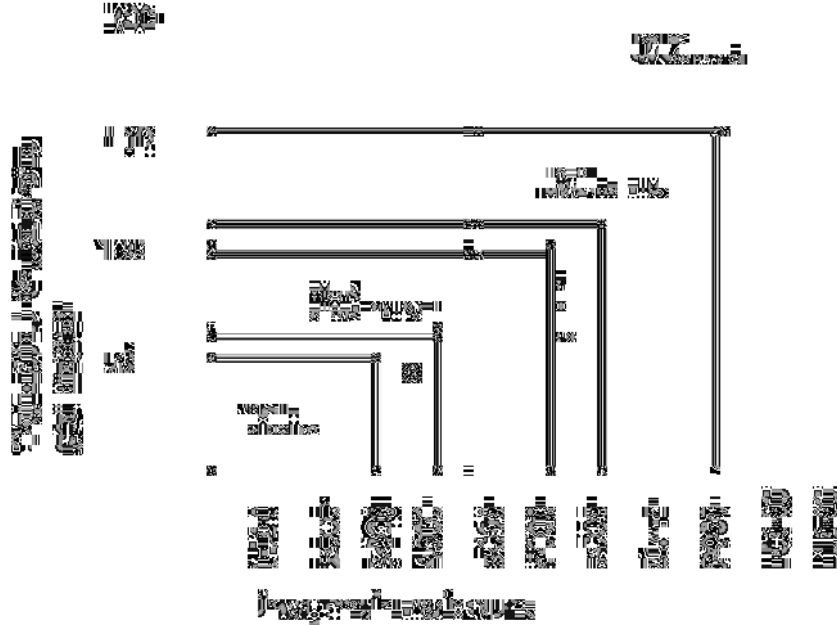
Pasajeros=4560

Figura 3.36 Tecnologías en sistemas de transporte público para la línea amarilla y verde



Fuente: cts Embarq México 2015

Figura 3.37 Tipo de vehículos de acuerdo con el rango de demanda para la línea amarilla y verde



Fuente: cts Embarq México 2015

Tabla 3.10 Cálculo de capacidad, frecuencias e intervalo resultantes

Demanda	Tipo de vehículo	Capacidad	Frecuencia	Intervalo (minutos)
4560	A	45	102	0.58
	B	60	76	0.78
	C	100	46	1.30
	D	120	38	1.57
	E	150	31	1.93
	F	240	19	3.15

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Pasajeros maxima demanda}}{\text{cap. vehicular}} = \frac{4560}{45} = 102 \frac{\text{veh}}{\text{hor}}$$

$$\text{intervalos} = \frac{60}{\text{frecuencia}} = \frac{60}{102} = 0.58 \text{ min}$$

Se observa que los vehículos A y B se encuentran en el nivel de saturación por lo que se recomendarían los vehículos del tipo C, D, E y F.

Tabla 3.11 Cálculo de capacidad de ofrecida, ocupación vehicular y asientos ofertados

Demanda	Tipo de vehículo	Capacidad ofrecida	Ocupación vehicular	Asientos ofertados	Pasajeros de pie
4560	B	4560	100%	3724	836
	C	4600	99.13%	2254	2306
	D	4560	100%	1862	2698
	E	5400	100%	1395	3165

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Capacidad ofrecida} = \text{frecuencia} * \text{capacidad veh.} = 76 * 60 = 4560$$

$$\text{Ocupación vehicular} = \frac{\text{Pasajeros maxima demanda}}{\text{capacidad ofrecida}} = \frac{4560}{4560} = 1$$

$$\text{Asientos ofertados} = \text{Asientos} * \text{frecuencia} = 49 * 76 = 3724$$

$$\text{Pasajeros de pie} = \text{demanda} - \text{asientos ofertados} = 4560 - 3724 = 836$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{836}{3.92 \text{ m}^2 * 76}$$

$$\text{Densidad} = 3 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{2306}{7.7 \text{ m}^2 * 46}$$

$$\text{Densidad} = 7 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{2698}{9.8 \text{ m}^2 * 38}$$

$$\text{Densidad} = 8 \text{ pasajeros/m}^2$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Pax periodo de analisis} - \text{Asientos ofertados}}{\text{Espacio del pasillo o area para pasajeros de pie} * \text{frecuencia}} = \frac{3165}{12.53 \text{ m}^2 * 31}$$

$$\text{Densidad} = 9 \text{ pasajeros/m}^2$$

De acuerdo a la comodidad para los pasajeros para la línea amarilla y verde se escogerá los vehículos tipo C > International 4700 SCD

Figura 3.38 Bus International 4700 SCD



Fuente: https://www.proyectar.com.mx/international/autobus_4700SCD.htm

Figura 3.39 Características técnicas del bus International 4700 SCD

Mecánicos	
Motor	MWM 14
Transmisión	Fuller 6 vol. Spicer
Frenos	Disco dual
Dirección	Hidráulica
Suspensión	Mecánica Opc. neumático trasero
Eléctrico	12 V.
Ruedas	22.5 Opc. 19.5
Llantas	22.5 Opc. 19.5
Certificación ambiental	Euro IV
Combustible	Diesel
Estructura	
Carga de Ejes	Hasta 36000 lb
Asientos pasajeros	49
Chasis	60000 lb
Laminación	Lámina galvanizada
Dimensiones	8.6-9.76.m
Área disponible	3.92 m ²
Escotillas de Emergencia	2
Iluminación interior	Leds
Vidrios	Templados
Escalera	4 estribos
Disposición de puertas	2 puertas

Fuente: https://www.proyectar.com.mx/international/autobus_4700SCD.htm

3.6. Geometría de las calles

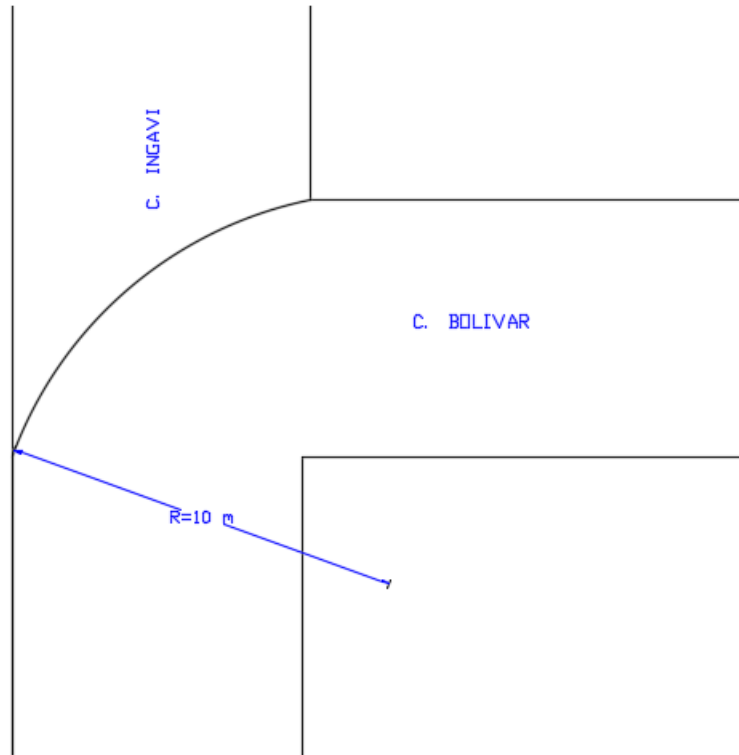
Se evaluará los posibles problemas que se podrá tener sobre todo con la maniobrabilidad de los buses de transporte masivo principalmente en el radio de giro para los vehículos de tipo B que son los que circularan por el centro de la ciudad.

La red por donde pase el bus tipo C no será evaluada ya que a simple revisión por la misma no tendrá problemas en circular ya que cuenta con varias rotondas facilitando el cambio de dirección de los vehículos sin ningún problema.

Radios de giro

Intersección A = calle Bolívar y calle Ingavi

Figura 3.40 Intersección calle Bolívar y calle Ingavi



Fuente: Elaboración propia

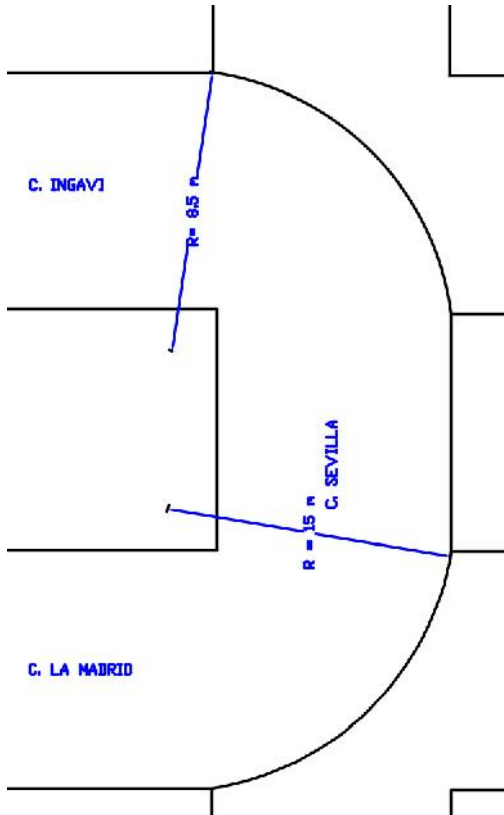
Fotografía 3.31 Intersección calle Bolívar y calle Ingavi



Fuente: Elaboración propia

Intersección B = Plaza Uriondo

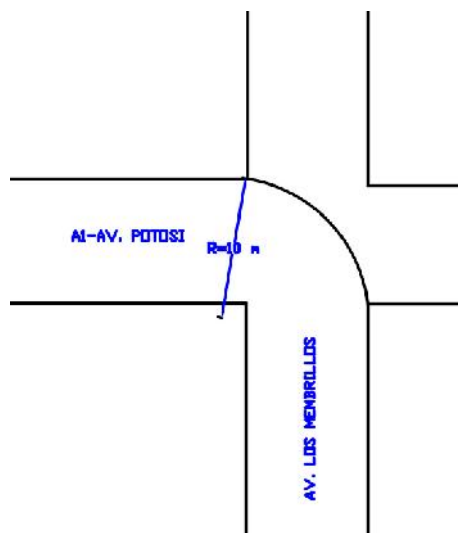
Figura 3.41 Plaza Uriondo



Fuente: Elaboración propia

Intersección C = Av. Potosí y Av. Los Membrillos

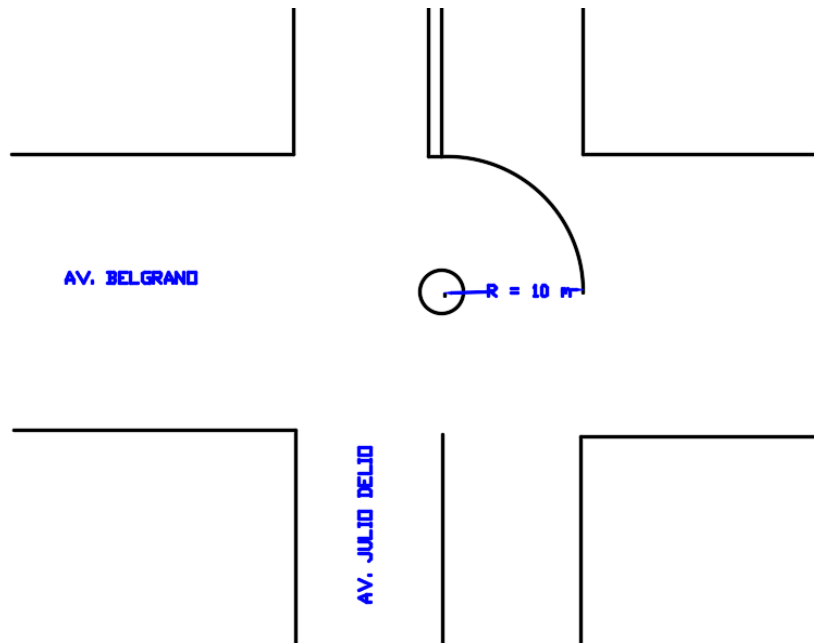
Figura 3.42 Intersección Av. Potosí y Av. Los Membrillos



Fuente: Elaboración propia

Intersección D = Av. Belgrano y Av. Julio Delio

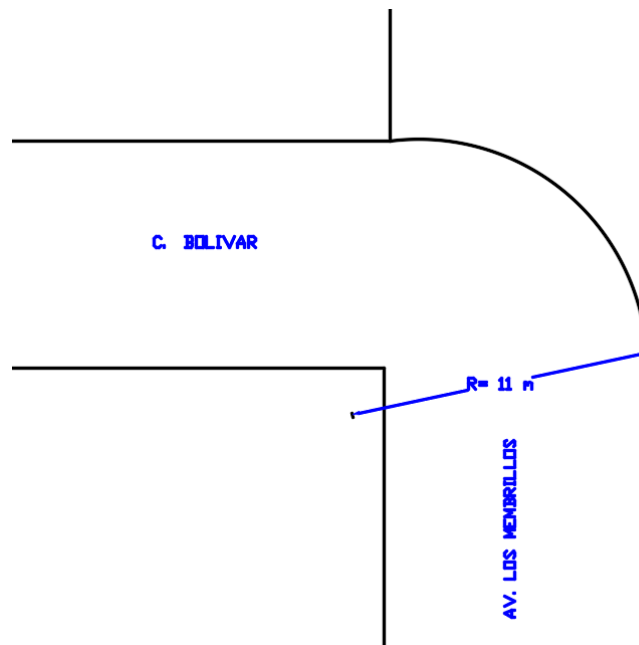
Figura 3.43 Intersección Av. Belgrano y Av. Julio delio Echazú



Fuente: Elaboración propia

Intersección E = calle Bolívar y Av. Los Membrillos

Figura 3.44 Intersección calle Bolívar y Av. Los Membrillos



Fuente: Elaboración propia

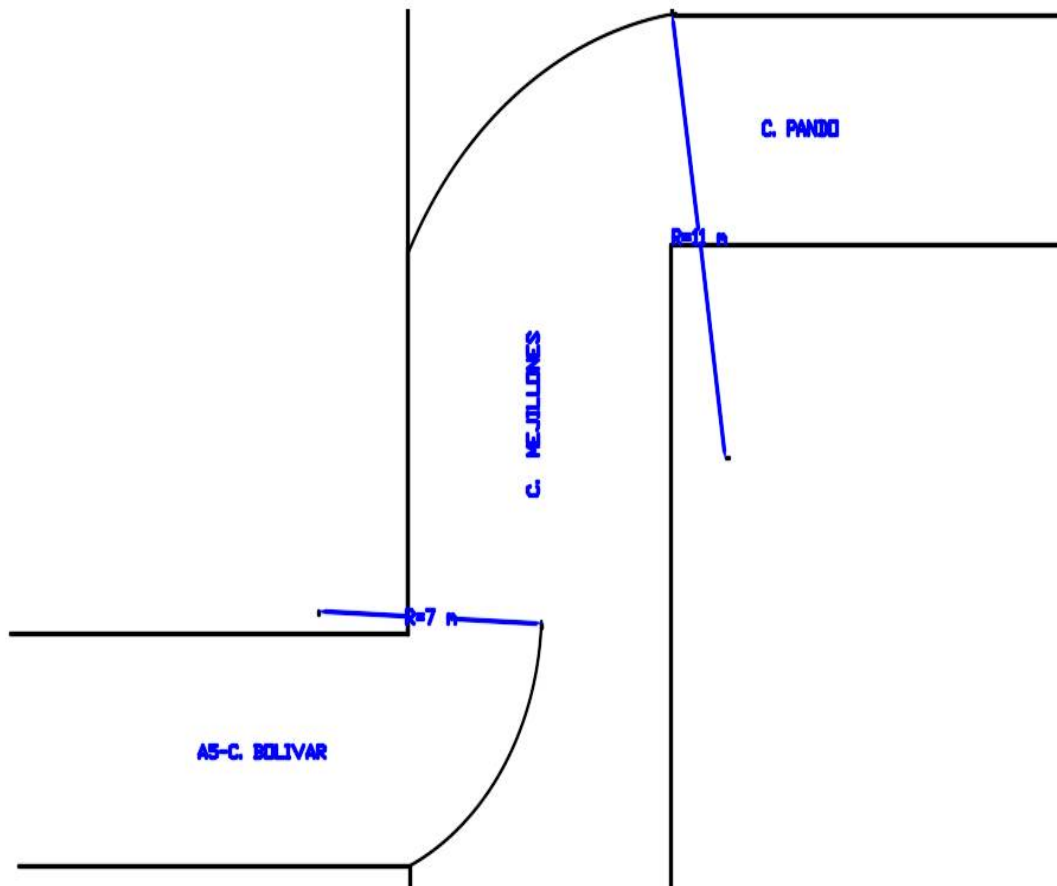
Fotografía 3.32 calle Bolívar y Av. Los Membrillos



Fuente: Elaboración propia

Intersección F = calle Mejillones y calle Pando

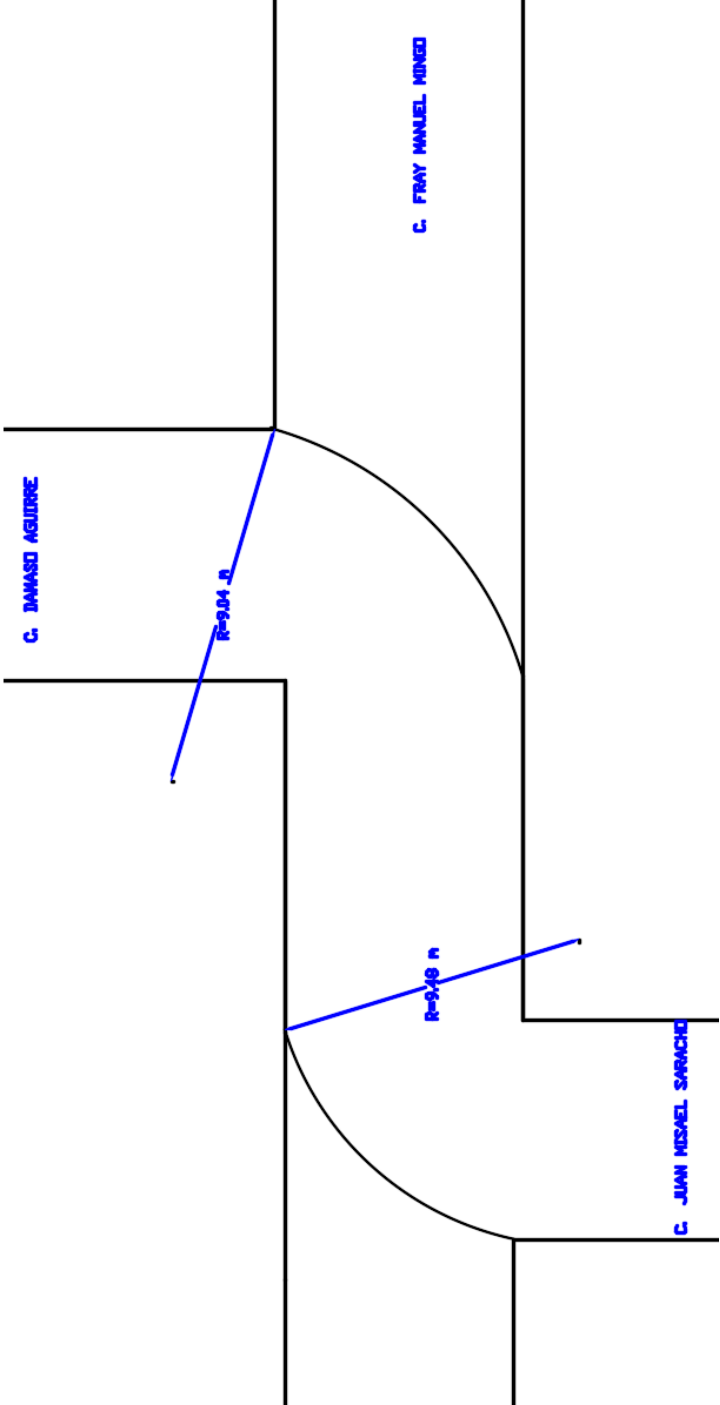
Figura 3.45 Intersección calle Mejillones y calle Pando



Fuente: Elaboración propia

Intersección g = calle Dámaso Aguirre y calle Fray Manuel Mingo

Figura 3.46 Intersección calle Dámaso Aguirre y Fray Manuel Mingo



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12 Radios de giros de las intersecciones

Intersección	Radio de giro (m)
Calle Bolívar y calle Ingavi	10
Plaza Uriondo	8.5 - 15
Av. Potosí y Av. Los Membrillos	10
Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú	10
Calle Bolívar y Av. Los Membrillos	11
Calle Mejillones y calle Pando	11-7.3
Calle Dámaso Aguirre y calle Fray Manuel Mingo	9.04-9.48

Fuente: Elaboración propia

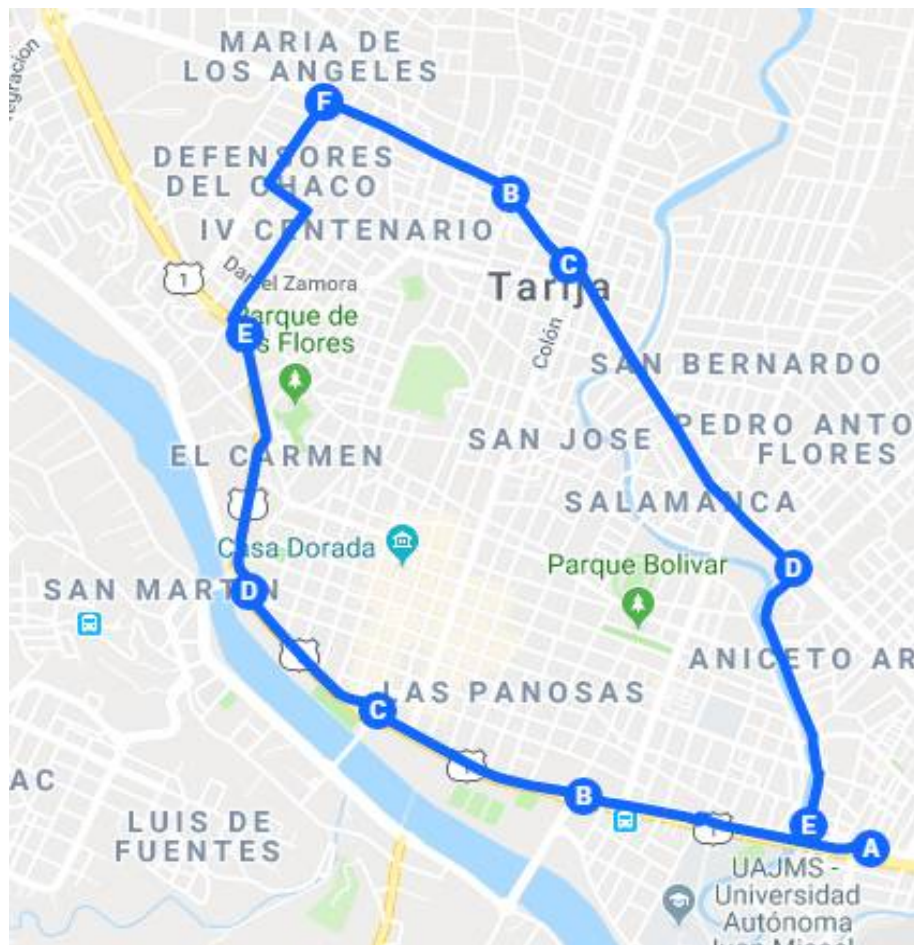
Todos los puntos posibles de conflicto son mayores a 7.4 m lo que la norma AASHTO pone como radio mínimo para los vehículos tipo B para hacer un giro en una sola maniobra en ese caso los vehículos de transporte masivo no tendrán ningún problema para circular por las rutas ya designadas.

3.7. Justificación de las rutas propuesta para el transporte masivo

A continuación, se tiene los puntos por donde se plantea que pueda circular la línea roja del transporte masivo:

1. Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación.
2. Calle Mejillones y Av. Circunvalación.
3. Calle colon y Av. Circunvalación.
4. Av. Gran Chaco y Av. Circunvalación.
5. Av. Julio Delio Echazú y Av. Jaime Paz Zamora.
6. Av. Panamericana y calle Cochabamba.
7. Av. Las Américas y calle 15 de Abril.
8. Av. Las Américas y calle Sucre.
9. Av. Las Américas y calle Padilla.
10. Av. Jaime Paz Zamora y Av. Alto de la Alianza.

Figura 3.47 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea roja



Fuente: Google maps

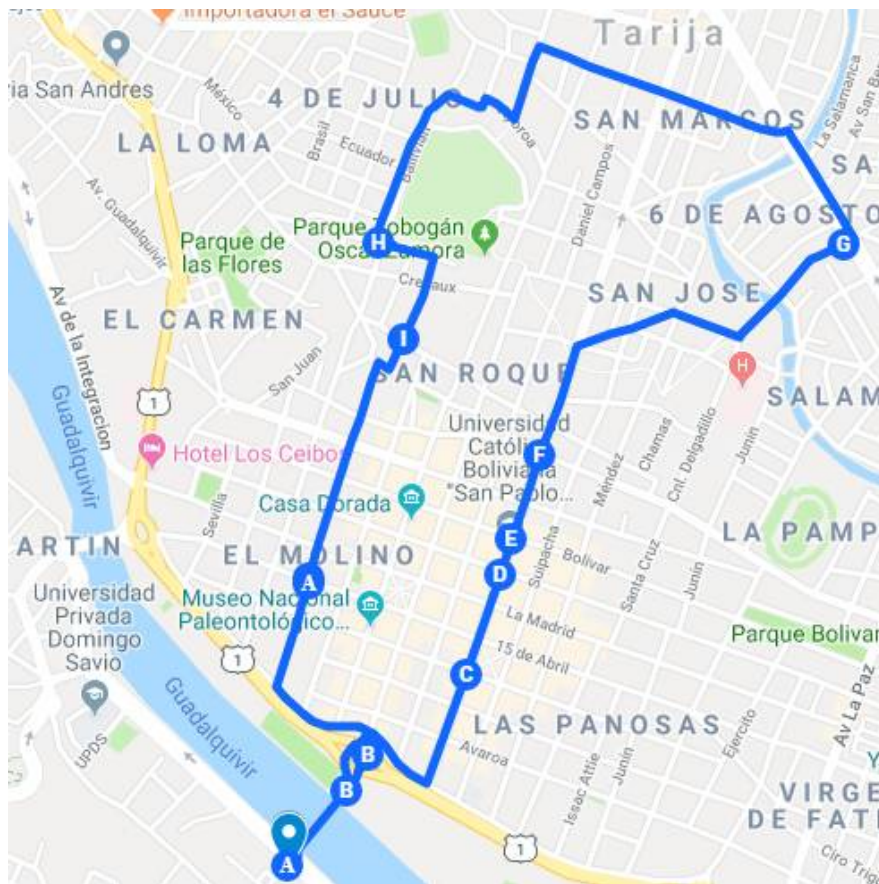
Se plantea este trayecto de ruta para la línea del transporte masivo ya que desde el punto de vista geométrico se puede observar que los anchos de acceso son buenos ya que se cuenta con anchos mínimos 7.2 metros hasta llegar a máximos como ser 11 metros y no se tendrá problema con estos valores introducir vehículos de transporte masivo en sus calles ya que el bus diseñado para esta ruta será tipo C tiene ancho de 2.55 metros y también otro punto a favor sería que la capacidad vehicular en estos puntos será alta ya que como mínimo se tiene 1293.005 vehículo/hora y los nivel de servicio son buenos tenemos A , B , C y D la mayoría de flujo estable solo uno se acerca a flujo inestable que es el D que es en la Av. Las Américas y calle 15 de Abril.

La ruta de la línea roja circula por la Av. Circunvalación, la Av. Las Américas y la Av. Julio Delio Echazú serán de ida y vuelta el movimiento de los buses de transporte masivo.

Línea amarilla

1. Puente bicentenario.
2. Av. Víctor Paz Estensoro y calle Sucre.
3. Calle colon y calle Virginio Lema.
4. Calle Colón y calle Ingavi.
5. Calle Colón y calle Bolívar.
6. Calle Colón y calle Corrado.
7. Calle Chamas y Av. Circunvalación.
8. Calle Núñez del prado y Calle Ballivián.
9. Calle Dámaso Aguirre y calle Cochabamba.
10. Calle Juan Misael Saracho y calle 15 de Abril.

Figura 3.48 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea amarilla



Fuente: Google maps

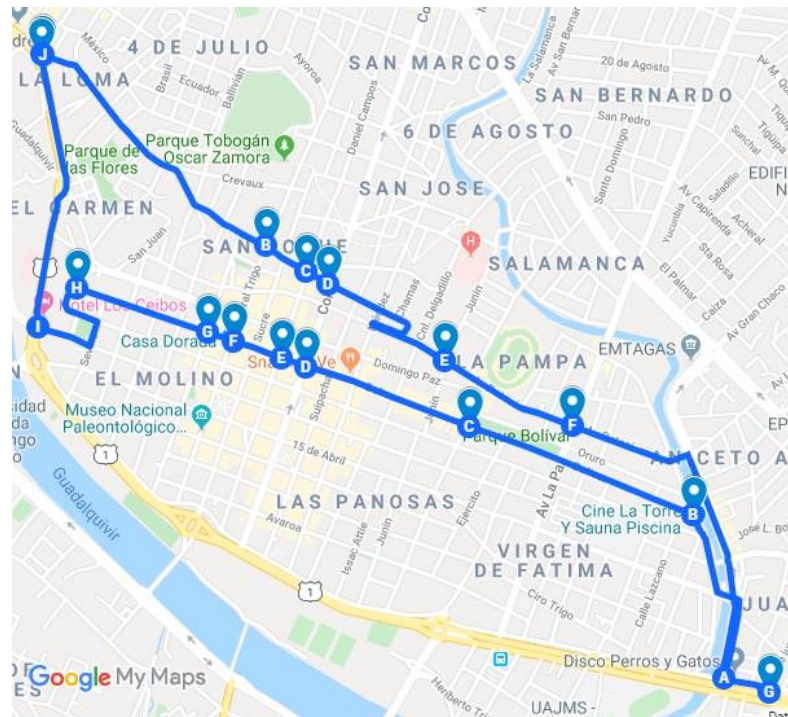
Se plantea esta ruta para la línea de transporte masivo desde el punto de vista geométrico que se cuenta con anchos de acceso mínimos de 4 metros y que llegan a tener como máximos 12.3 metros y esto demuestra que no va tener ningún problema al recibir buses del transporte masivo tipo B que tienen ancho de buses de 2.5 metros y desde el punto de vista del nivel de servicio se contara con niveles tipos A, B y C que son todos de flujo estable en ese aspecto no se tendrá problemas.

Los buses de la línea amarilla parten de la rotonda de la Av. Los Sauces una cuadra antes del puente Bicentenario suben por la calle Colon y baja por la calle Juan Misael Saracho.

Línea verde

1. Calle Cochabamba y calle General Trigo.
2. Calle Cochabamba y calle Daniel Campos.
3. Calle Cochabamba y calle Colón.
4. Av. Potosí y Av. La Paz.
5. Av. Potosí y Av. Junín.
6. Calle Bolívar y calle O'Connor.
7. Calle Bolívar y calle Colón.
8. Calle Bolívar y calle Daniel Campos.
9. Calle Bolívar y calle General Trigo.
10. Calle Bolívar y calle Campero.

Figura 3.49 Red del transporte masivo que unen los alimentadores línea verde



Fuente: Google maps

Se plantea esta ruta para la línea del transporte masivo color verde desde el punto de vista geométrico ya que se cuenta con anchos de acceso que van desde los 4.14 metros como mínimos y máximos de 10 metros que no se tendrán problemas al implementar buses de tipo B que tiene anchos de 2.5 metros y desde la capacidad vehicular se puede ver que tiene mínimos 700.615 vehículos/hora y que cuenta con máximos de 2414.305 vehículos/hora y que al momento de incluir buses de transporte masivo por sus rutas no se tendrá ningún problema y también se observa que los niveles de servicio en todos los puntos estudiados son de A y B que es un flujo estable y en este aspecto tampoco se tendría problemas.

Los buses de la línea verde parten de la rotonda del mercado Campesino en la Av. Panamericana baja por la calle Cochabamba y se dirigen a la rotonda de la Av. Jaime Paz Zamora y la Av. Alto de la alianza y luego sube por la calle Bolívar.

3.8. Análisis de resultados

El manual de capacidad de carreteras (HCM) en la versión 1985 nos permitió realizar un estudio de la capacidad y nivel de servicio en los distintos puntos por donde se pretende

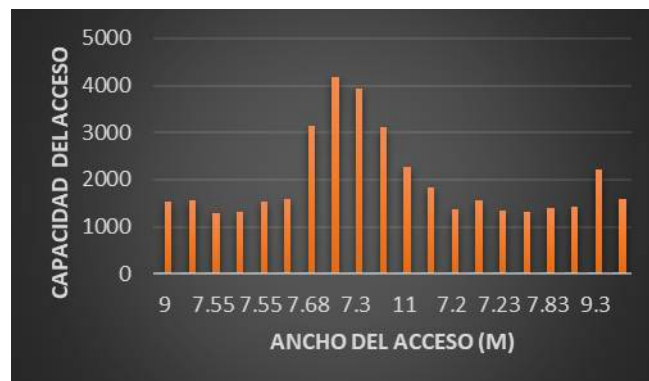
que circule el bus de transporte masivo y evaluar la suficiencia y calidad de servicio ofrecido por el sistema a los usuarios. Los sistemas analizados son de circulación discontinua (zona urbana) a continuación mostraremos la relación de la geometría respecto a la capacidad vehicular.

Tabla 3.13 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea roja

Ruta de la línea roja	Ancho de acceso (m)	Capacidad vehicular	Nivel de servicio
1 semaforizada	9	1540.237	B
	7.5	1559.377	B
2 semaforizada	7.55	1293.005	B
	7.62	1305.008	B
3 semaforizada	7.55	1530.077	A
	7.62	1586.507	A
4 no semaforizada	7.68	3150.133	C
	9.2	4178.251	C
5 no semaforizada	7.3	3928.488	C
	7.3	3108.904	C
6 semaforizada	11	2257.396	A
	9.15	1820.489	B
7 semaforizada	7.2	1376.852	D
	8.5	1558.219	B
8 semaforizada	7.23	1354.875	B
	7.05	1320.814	B
9 semaforizada	7.83	1397.475	B
	7.92	1415.592	B
10 semaforizada	9.3	2211.381	B
	7.25	1574.276	A

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.3 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea roja



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista geométrico se tiene anchos de acceso que va de 7.2 metros hasta los 11 metros también se observó que a mayor ancho del acceso mayor capacidad vehicular, aunque también se vio que interfieren otros factores geométricos como ser el lugar de estacionamiento y también factores de tránsito como ser el porcentaje de vehículos pesados la dirección de los vehículos.

La capacidad vehicular que se obtuvo varía entre 1293.005 veh/hora como mínimo y como máximo 4178.251 veh/hora se observa que a mayor ancho de acceso mayor capacidad vehicular, aunque también se observa que interfieren otros factores geométricos como ser el lugar de estacionamiento y también factores de tránsito como ser la dirección de los vehículos si giran a la izquierda si giran a la derecha.

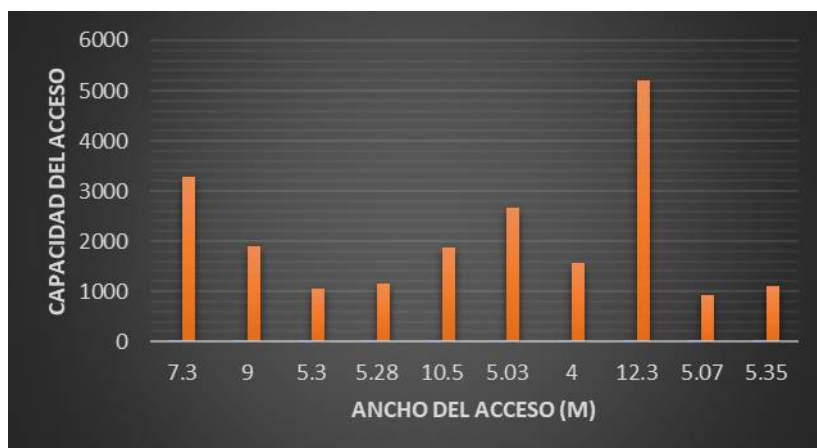
Todos los niveles de servicio varían entre A y D y los lugares más críticos son en el punto de la Av. Las Américas y la calle 15 de Abril donde se encuentra el nivel de servicio D que ya se acerca al flujo inestable este sería el único lugar donde podríamos tener problemas al momento que entre en operación la línea del transporte masivo.

Tabla 3.14 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea amarilla

Ruta de la línea amarilla	Ancho de acceso (m)	Capacidad vehicular	Nivel de servicio
1 no semaforizada	7.3	3289.100	C
2 semaforizado	9	1908.469	B
3 semaforizada	5.3	1055.198	B
4 semaforizada	5.28	1156.750	B
5 semaforizada	10.5	1868.126	B
6 no semaforizada	5.03	2671.409	C
7 no semaforizada	4	1556.887	C
8 no semaforizada	12.3	5212.053	A
9 semaforizada	5.07	929.177	B
10 semaforizada	5.35	1092.956	B

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.4 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea amarilla



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista geométrico se tiene anchos de acceso mínimos de 4 metros y máximos 12.3 metros estos números nos demuestran que podrán recibir tranquilamente la puesta en marcha del transporte masivo.

La capacidad vehicular varía entre los parámetros de 929.177 veh/hora como mínimo que es en la Calle Dámaso Aguirre y Calle Cochabamba y como máximo 5212.053 veh/hora calle Núñez del prado y calle Ballivián.

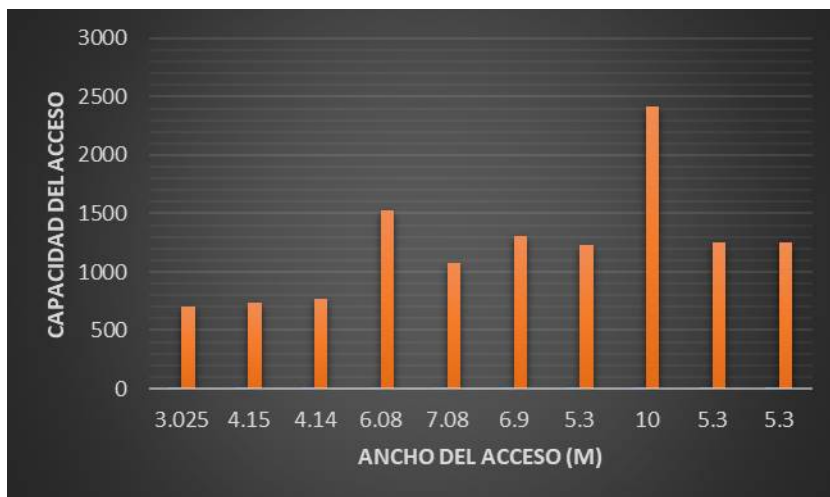
Todos los niveles de servicio varían entre los niveles de A y C los puntos más críticos sería tres en la Av. Los Sauces una cuadra antes del bicentenario, calle Colón y calle Corrado y calle Chamas y Av. Circunvalación.

Tabla 3.15 Resultados de capacidad vehicular y nivel servicio de los puntos de la línea verde

Ruta de la línea verde	Ancho de acceso (m)	Capacidad vehicular	Nivel de servicio
1 semaforizada	3.025	700.615	B
2 semaforizada	4.15	740.560	B
3 semaforizada	4.14	773.316	B
4 semaforizada	6.08	1526.610	A
5 semaforizada	7.08	1076.544	A
6 semaforizada	6.9	1305.259	B
7 semaforizada	5.3	1229.682	B
8 semaforizada	10	2414.305	A
9 semaforizada	5.3	1253.682	A
10 semaforizada	5.3	1250.480	A

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.5 Relación ancho de acceso y capacidad vehicular de la ruta de la línea verde



Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista geométrico se tiene anchos de acceso superiores a 4.14 metros y máximos 10 metros a lo largo de la ruta de línea verde del transporte masivo.

La capacidad vehicular varia entra 740.560 veh/hora como mínimo en la calle Cochabamba y calle Daniel Campos y como máximo 2414.305 veh/hora en el punto calle Bolívar y calle Daniel Campos.

Los niveles de servicio varían entre A y B los niveles más bajos son cinco que son los siguientes calle Cochabamba y calle General Trigo, calle Cochabamba y calle Daniel Campos, calle Cochabamba y calle Colón, calle Bolívar y calle O'Connor y la calle Bolívar y calle Colón.

Tabla 3.16 Comparación de radios de giro

Intersección	Radio de giro (m)	Radio de giro mínimo del vehículo tipo B
Calle Bolívar y calle Ingavi	10	7.4
Plaza Uriondo	8.5 - 15	
Av. Potosí y Av. Los Membrillos	10	
Av. Belgrano y Av. Julio Delio Echazú	10	
Calle Bolívar y Av. Los Membrillos	11	
Calle Mejillones y calle Pando	11-7.3	
Calle Dámaso Aguirre y calle Fray Manuel Mingo	9.04-9.48	

Fuente: Elaboración propia

En el aspecto del radio de giro los que tenemos a lo largo de la ruta son los siguientes y se observa que varían desde 7.3 metros hasta los 10 metros que comparando con los que

se va a necesitar para que nuestro vehículo del transporte masivo que es 7.4 metros no se tendría ningún problema ya que los radios de giro de la zona urbana son mayores al radio mínimo del vehículo tipo y esto quiere decir que va realizar la maniobra de giro en una sola maniobra y no va tener ningún problema al momento que entre en operación la línea del transporte masivo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Al realizar los cálculos y análisis necesarios para la determinación de la capacidad y nivel de servicio demostramos que haciendo cambios como hacer que los micros no entren al casco viejo de la ciudad de Tarija y eliminando los estacionamientos por donde transiten los buses de transporte masivo se contara con niveles de servicio A en 7 puntos con nivel de servicio B en 18 puntos con nivel de servicio C en 4 puntos y con nivel de servicio D en un solo lugar este punto es en la Av. Jaime Paz Zamora y calle 15 de Abril este sería el único punto crítico donde se podría tener problemas una vez que entre en operación la línea del transporte masivo ya que se acerca a un flujo inestables.

La geometría encontrada en las rutas propuestas para el transporte masivo en la ciudad de Tarija en el parámetro de ancho de acceso nos muestra anchos mínimos de 4 metros y máximos de 12.3 metros estos comparados con lo ancho del bus de transporte masivo tipo B que tiene 2.5 metro y el tipo C que tiene 2.55 metros se puede concluir que no se tendrá ningún problema en este aspecto ya que los encontrados en nuestras calles son mayores que el de los buses.

Se diseño buses de diferente tamaño y capacidad de acuerdo a la demanda de pasajeros previamente calculado ya que el circuito externo que es la línea roja tiene mayor demanda su tipo de bus será C que cuenta con un radio de giro mínimo de 8.7 metros que comparados con los que se va encontrar en su trayecto no tendría ningún problema al transitar por la misma y los dos internos que son la línea amarilla y verde su tipo de bus será B que tiene un radio de giro mínimo de 7.4 m al igual que el anterior no se tendrá problemas en este aspecto ya que el encontrado a lo largo de sus rutas son de 7.3 metros como mínimos y llegan hasta 11 metros esto quiere decir que al momento que entre en operación el transporte masivo los vehículos van a poder realizar giros en una sola maniobra y no tendrá ningún problema al momento que entren en operación.

Cualquier solución de transporte público mediante buses, que se plantee en la ciudad como Tarija, con calles de 4 m e incluso menores de calzada obliga a eliminar a estacionamiento de dicha vía como se lo hizo en el cálculo de nivel de servicio del

presente trabajo dando como resultado flujos estables y en algunos casos flujos libres por lo que se debe prever en las ordenanzas y reglamentos respectivos la obligatoriedad de construir estacionamientos en cualquier edificio privado o público que se desee construir en el área central de la ciudad.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda incrementar la oferta de infraestructura al implementar carriles de giro exclusivos en los lugares por donde se pretende que circule el transporte masivo y también tomar en cuenta otras vías a parte de las ya mencionadas, lo que permitirá que los vehículos puedan movilizarse de una manera más eficiente.

Se debería tener una nueva configuración de los dispositivos de control en las intersecciones semaforizadas ya que a simple observación se ve que no están sincronizados en la calle Bolívar existe intersecciones con 50 segundos de tiempo de ciclo otras de 40 segundos y otras de 42 por eso se debe elaborar un proyecto serio de semaforización de la ciudad, en base a un estudio de tráfico real, que mejore la circulación en el área crítica del centro de la ciudad. De Tarija.

A largo plazo se deberá estudiar un proyecto con buses de mayor tamaño y mayor capacidad que circulen por otras nuevas rutas troncales para que den mayor confort al aumento inevitable de pasajeros que se produce por el paso de los años.

Se debería elaborar una propia norma boliviana para el diseño de buses que se adecue a los diferentes factores y condiciones que se presentan en nuestro país como ser las calles angostas y las intersecciones con radios de giros pequeños.

Necesitamos estudios de tiempos más largos para medir la demanda en distintos meses del año además de utilizar distintas horas y distintos días, y además se debe realizar un estudio de origen y destino de los viajes realizando encuestas en los hogares de los distintos barrios y distritos, para poder optimizar el diseño de las rutas troncales. Se debe complementar el presente proyecto con la realización de encuestas durante mayor tiempo en todo un año sobre todo para ajustar los resultados y permitir optimizar el presente diseño.