

CAPÍTULO I
PERFIL DE LA INVESTIGACION

1. PERFIL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.INTRODUCCIÓN

El gran crecimiento de la población y del parque automotor en la ciudad ha ocasionado conflictos de circulación tanto para vehículos como para peatones en diversas vías urbanas. La necesidad de desplazamiento y la deficiencia del transporte público han llevado a un aumento en la adquisición de vehículos particulares, superando la capacidad de las calles urbanas y periurbanas de Tarija. Esto ha provocado problemas como el congestionamiento vehicular, especialmente durante las horas pico.

Históricamente, en Tarija no ha existido un plan vial general orientado a descongestionar el tráfico vehicular. Los problemas de circulación se han abordado de manera improvisada con personal de tránsito y la instalación puntual de semáforos, a solicitud de presidentes de barrio o tras accidentes de tráfico, sin basarse en estudios de tráfico formales y sistemáticos. La falta de planificación ha perpetuado los problemas de congestión en la ciudad, según la información obtenida de instituciones locales y testimonios de los residentes.

El objetivo de esta investigación es estudiar el tráfico vehicular para analizar detalladamente el comportamiento del flujo vehicular para desarrollar soluciones basadas en datos que mejoren la circulación y reduzcan los congestionamientos. Este estudio pretende implementar sistemas de semaforización y señalización adecuados y bien diseñados, permitiendo a las autoridades responsables de la viabilidad urbana realizar intervenciones efectivas y duraderas.

Desde el punto de vista académico, este estudio se fundamenta en teorías de ingeniería civil relacionadas con la optimización del flujo vehicular y la planificación de sistemas de semaforización y señalización. Se aplicarán principios de diseño de sistemas de tráfico y tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y seguridad del transporte urbano. Además, disciplinas como la planificación urbana y la sociología jugarán un papel crucial en el análisis de los patrones de movilidad y en la implementación de soluciones que consideren las necesidades de la comunidad local.

El impacto social de este proyecto será significativo, mejorando la calidad de vida de los residentes al reducir los tiempos de desplazamiento y disminuir la congestión vehicular. Se espera aumentar la seguridad vial para conductores y peatones, creando un entorno urbano más ordenado y accesible. La implementación de un sistema de tráfico más eficiente beneficiará tanto a usuarios de vehículos como a peatones, facilitando la movilidad diaria, promoviendo un desarrollo urbano más sostenible y mejorando la percepción de la infraestructura vial en la comunidad.

1.2.ANTECEDENTES

El congestionamiento vehicular es un problema común en ciudades que han superado ciertos límites de capacidad en sus vías. Cuando el ingreso de nuevos usuarios a una vía excede su capacidad para mantener una circulación fluida, se produce congestión. Este fenómeno afecta tanto a ciudades en crecimiento como a aquellas en vías de desarrollo. El presente estudio pretende abordar uno de los problemas más persistentes que afectan la calidad de la circulación en el circuito de transporte, mejorando la comodidad tanto para conductores como para peatones en el área de influencia.

Diversas entidades y estudios previos han abordado el problema del tráfico vehicular en zonas urbanas, destacando aspectos como la topografía, el tipo de tráfico, la fluidez y otros factores relevantes. Por ejemplo, investigaciones realizadas por la Secretaría de Movilidad Urbana de la ciudad de Tarija y estudios académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho han identificado la relación entre el congestionamiento y parámetros como velocidades, volúmenes de tráfico, densidad y capacidad de las vías. Estos trabajos proporcionan una base importante para nuestro estudio, que buscará evaluar el estado actual del tráfico vehicular en esta zona y ofrecerá beneficios tanto académicos como sociales. La aplicación práctica de estos estudios permitirá determinar parámetros clave y proponer mejoras o nuevos diseños de ingeniería para optimizar la circulación vehicular en el área de estudio.

1.3.JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Académica

El departamento de Tarija al igual que todas las ciudades, se enfrentan directamente a serios problemas de tráfico vehicular que son parte del vivir de los individuos y su desempeño en la sociedad, la ciudad de Tarija, por lo cual justifica el estudio principalmente por los principios fundamentales de la ingeniería civil, específicamente en el ámbito de la ingeniería de tráfico. Esta disciplina se erige como un pilar esencial para comprender, analizar y resolver los desafíos que emergen en el diseño, gestión y optimización de las redes viales. En este contexto, la teoría principal que respalda esta investigación reside en el análisis exhaustivo de las evaluaciones de tráfico, que detectan las deficiencias en la funcionalidad de las infraestructuras viales y proponen soluciones innovadoras para mitigar los problemas de congestión, accidentes y otros riesgos asociados.

La aplicación de esta teoría en el presente estudio no solo enriquecerá los conocimientos académicos, sino que también brindará una valiosa oportunidad para adquirir experiencia práctica en el campo. A través del análisis de datos y la implementación de técnicas de modelado y simulación de tráfico, los estudiantes podrán desarrollar habilidades técnicas y metodológicas que son cruciales para su futuro desempeño profesional. Además, este proyecto académico contribuirá a cerrar la brecha entre la teoría y la práctica al proporcionar soluciones tangibles y aplicables a los problemas reales que enfrenta la ciudad de Tarija en términos de movilidad y transporte.

1.3.2. Justificación sobre la aplicación Técnica – Practica

La aplicación técnica-práctica de los procesos propuestos en el estudio de tráfico vehicular se centra en la implementación de metodologías y herramientas que permitan analizar de manera exhaustiva el flujo vehicular y sus implicaciones en la infraestructura vial. Esto implica la recopilación de datos mediante técnicas de muestreo y observación en campo. Además, se llevará a cabo un análisis detallado de las condiciones de las vías y de la señalización vial existente, con el fin de identificar áreas de mejora y proponer recomendaciones pertinentes.

La factibilidad de las recomendaciones más pertinentes se evaluará en función de su viabilidad técnica, económica y social. Se buscará implementar soluciones que sean prácticas y realistas, teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias y la aceptación por parte de la comunidad. Esto podría implicar la reorganización del flujo vehicular, la optimización de los tiempos de semáforos, la implementación de nuevas señalizaciones y la mejora de la infraestructura vial en puntos críticos. Asimismo, se explorarán medidas para promover una cultura vial más segura y responsable entre los conductores y peatones.

En última instancia, el objetivo de esta aplicación técnica-práctica es proporcionar alternativas de solución concretas y efectivas a los problemas de tráfico vehicular en la zona estudiada. Estas recomendaciones se respaldarán con datos y análisis rigurosos, así como con la experiencia práctica adquirida durante el desarrollo del proyecto. Se espera que estas medidas contribuyan significativamente a mejorar la fluidez, seguridad y eficiencia del transporte en la zona, beneficiando así a toda la sociedad que transita por esta área.

1.3.3. Justificación e importancia social

La justificación e importancia social del estudio de tráfico vehicular radica en su potencial para mejorar significativamente la calidad de vida de los ciudadanos y promover un entorno urbano más seguro y eficiente. El creciente problema de congestión vehicular en esta área no solo afecta la movilidad de los residentes y trabajadores, sino que también tiene un impacto directo en la salud pública, el medio ambiente y la economía local. Los congestionamientos prolongados pueden aumentar el estrés y la frustración de los conductores, así como contribuir a la contaminación atmosférica y la generación de gases de efecto invernadero. Además, la ineficiencia en el transporte puede obstaculizar el acceso a servicios básicos y oportunidades laborales, exacerbando las desigualdades socioeconómicas en la comunidad.

La implementación de mejoras en el diseño y gestión del tráfico en el circuito de transporte estudiado no solo aliviará la presión sobre las vías congestionadas, sino que también promoverá un entorno más seguro y accesible para todos los usuarios de la vía, incluyendo peatones y ciclistas. La optimización de la infraestructura vial y la aplicación de medidas de seguridad vial contribuirán a reducir la incidencia de accidentes y lesiones, protegiendo

así la vida y el bienestar de los habitantes de Tarija. Además, la mejora en la fluidez del tráfico puede estimular el desarrollo económico local al facilitar el acceso a áreas comerciales y de servicios, promoviendo el turismo y fomentando la actividad empresarial en la zona de estudio. En conjunto, estas mejoras sociales y económicas resultantes del estudio de tráfico vehicular tendrán un impacto positivo duradero en la comunidad de Tarija y contribuirán a su desarrollo sostenible a largo plazo.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1. Situación problemática

La congestión vehicular en el Distrito 12 de la ciudad de Tarija, se manifiesta por la saturación del flujo vehicular debido a una demanda excesiva de las vías. Esto genera aumentos significativos en los tiempos de viaje y embotellamientos, especialmente durante las horas pico del día. Factores como las características geométricas de las vías, el tipo de superficie, el estado de deterioro vial y la falta de dispositivos de control del tránsito contribuyen a la complejidad del entorno vial.

La exploración del tráfico vehicular en esta región específica tiene como objetivo planificar y gestionar eficientemente el flujo vehicular. Este estudio busca mejorar la seguridad vial y optimizar la movilidad urbana al considerar variables de flujo, proporcionando datos cruciales para tomar decisiones informadas y para implementar medidas que promuevan una circulación más segura.

La falta de acciones efectivas para mitigar la congestión vehicular en este circuito proyecta un futuro cercano marcado por desafíos sustanciales en la movilidad urbana, con un aumento significativo en los tiempos de desplazamiento, agravamiento de la complejidad del tráfico y una reducción en la calidad de vida de los residentes. La inacción frente a este problema podría resultar en un entorno urbano menos habitable y eficiente, afectando negativamente la dinámica cotidiana de la comunidad.

1.4.2. Delimitación temporal y espacial

1.4.2.1. Delimitación temporal

Tabla 1. Delimitación temporal

Fecha aproximada	Evento	Como tributa este dato?
Agosto del 2023	Exploracion del tema	Debido al congestionamiento vehicular que se presenta en el distrito 12 de la ciudad de Tarija, se pretende mejorar la situacion.
Septiembre del 2023	Se inicia la planificacion	En base a los parametros
8 de noviembre del 2023	Se da precedente el titulo de la propuesta	Esto es en junta de departamento de la carrera.
16 de diciembre del 2023	Se aprueba la asignatura CIV 501	Perfil de investigacion aprobado en el diseño; teorico y metodologico.
12 de marzo del 2024	Se comienza con las mediciones competentes	Con el debido conocimiento de las tecnicas y normas a emplear se procede a levantar datos de los parametros mediante observacion, toma de aforos y medicion.
22 de abril del 2024	Comienza el diseño	Teniendo los datos necesarios se procede al calculo de los parametros fundamentales de un estudio de trafico.
6 de mayo del 2024	Selección de alternativa optima	Se verifica la validez de la investigacion.
20 de mayo del 2024	Entrega de borrador	Borrador completo para ser revisado por el docente.
7 de junio del 2024	Entrega de limpio	Se preparo el anillado con sus respectivas correcciones para ser presentado al director de la carrera y obtener su aprobacion.
A partir de junio	Pre defensa	Predefensa con tribunales.

Fuente: Elaboración propia

1.4.2.2. Delimitación espacial

El presente estudio se llevará a cabo en el circuito de transporte del Distrito 12 de la ciudad de Tarija.

La delimitación espacial incluye las siguientes arterias viales: Av. Héroes de la Independencia, Av. Los Sauces, Av. Los Callejones, Av. General Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo.

Estas áreas representan los puntos principales de análisis para evaluar la congestión vehicular y su impacto en la movilidad urbana para un enfoque preciso y contextualizado de la problemática de tráfico durante el periodo de febrero a junio de 2024.

1.4.3. Problema

¿De qué manera un estudio de tráfico puede coadyuvar a establecer la situación actual de parte del distrito 12 de la ciudad de Tarija?

1.5.OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Estudiar el tráfico vehicular del circuito de la Avenida Héroes de la Independencia, Avenida Los Sauces, Avenida Los Callejones, Avenida General Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo; considerando los aforos en intersecciones críticas de mayor tráfico, de tal manera, se logre optimizar el flujo vehicular mediante propuestas de solución.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recolectar datos de flujo vehicular en intersecciones críticas mediante aforos.
- Identificar intersecciones más congestionadas con alta demanda y problemas de flujo.
- Analizar factores que generan congestión vehicular en el circuito de transporte.
- Evaluar la capacidad y nivel de servicio de tramos específicos mediante análisis técnico.
- Analizar el uso y la eficiencia del transporte público dentro del área delimitada.
- Realizar un análisis de estacionamiento en intersecciones críticas.
- Proponer soluciones para optimizar el flujo vehicular en el circuito de transporte, mediante ajustes en la señalización y la implementación de semáforos.

1.6.HIPÓTESIS

El estudio de tráfico vehicular del circuito de transporte de la Av. Héroes de la Independencia, Av. Los Sauces, Av. Los Callejones, Av. General Martín Miguel de

Güemes y Calle Hermanos Uriondo, refleja adecuadamente la realidad del flujo vehicular en la zona.

1.7.VARIABLES

Dada la naturaleza descriptiva de este estudio, se establece la premisa de que debe limitarse a una única variable de estudio, una práctica académica que promueve la claridad y la coherencia en la investigación.

1.7.1. Identificación de variables

- Variable → Flujo del Tráfico vehicular

1.7.2. Definición operacional

Tabla 2. Definición operacional

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicador	Valor/Acción
Flujo del Tráfico vehicular	El flujo de tráfico vehicular se define como el patrón dinámico de movimiento de vehículos en una vía específica durante un intervalo de tiempo determinado, abarcando aspectos como volumen, velocidad y densidad para comprender la eficiencia y comportamiento del tráfico.	Volumen Velocidad Densidad Capacidad Nivel de Servicios Geometría	Vehículo/hora Km/hora Adimensional Vehículo/hora Tipo de nivel A, B, C, D, E Metros	Mediante observación, toma de aforos y medición.

Fuente: Elaboración propia

1.8.ALCANCE DEL ESTUDIO DE APLICACIÓN

El alcance del presente proyecto es evaluar las condiciones actuales del flujo vehicular en las intersecciones críticas del circuito vehicular, del Distrito 12 de Tarija, con el propósito de establecer soluciones apropiadas basadas en los resultados obtenidos.

El estudio se centrará en comprender los elementos fundamentales del tráfico, como los usuarios, las vías y los vehículos, junto con sus características y tipos específicos. Se analizarán parámetros esenciales del tráfico, tales como la velocidad, el volumen o intensidad del tráfico, la densidad del tráfico, así como la capacidad y el nivel de servicio de las vías. La evaluación incluirá la determinación de los diferentes niveles de servicio de las vías estudiadas.

Para lograr estos objetivos, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Mediciones en campo de los parámetros del tráfico, evaluando la velocidad en puntos específicos y en tramos de recorrido, registrando los volúmenes de tráfico mediante aforos, Estos datos permitirán el cálculo de todos los parámetros relevantes de la ingeniería de tráfico, incluidos la velocidad de punto y de recorrido, los volúmenes de tráfico, la capacidad y los niveles de servicio.
- Análisis del transporte público existente en la zona, incluyendo las líneas de transporte que pasan por el área de estudio y los puntos de parada más importantes.
- Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de los tramos específicos mediante análisis técnico.
- Estudio de los estacionamientos, la semaforización y la señalización en el circuito vehicular.

Una vez recolectados y analizados todos los datos, se realizará un análisis detallado de los resultados de cada parámetro. Este análisis permitirá identificar las intersecciones más congestionadas y los factores que contribuyen a la congestión vehicular.

Al finalizar el trabajo sobre el “ESTUDIO DE TRÁFICO VEHICULAR APLICADO EN LA ZONA DEL DISTRITO 12 PARA EL CIRCUITO DE TRANSPORTE DE LA AV. HÉROES DE LA INDEPENDENCIA, AV. LOS SAUCES, AV. LOS CALLEJONES, AV. GENERAL MARTÍN MIGUEL DE GÜEMES Y CALLE HERMANOS

URIONDO”, se obtendrán resultados precisos para cada parámetro de tráfico evaluado. Estos resultados permitirán formular conclusiones y recomendaciones dirigidas a mejorar la movilidad urbana, optimizar el flujo vehicular y aumentar la seguridad vial en la zona estudiada.

CAPÍTULO II
ESTADO DE CONOCIMIENTO

2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Estudio de tráfico

Cuando se desea analizar y resolver los problemas de circulación de vehículos se requiere conocer profundamente las variables que la representa y que se denomina en forma genérica parámetros fundamentales del tráfico. Pero estas variables, para ser definidas completamente, necesita conocer varias características como el número de vehículos que circulan en la unidad de tiempo por una sección transversal de la vía, su variación a lo largo del día, de la semana, del mes o del año, la composición vehicular, las maniobras que realizan, el tiempo que tarda en recorrer una distancia, entre otras.

2.1.2. Metodología de estudio de tráfico vehicular

Para realizar un estudio de tráfico se deben seguir cuatro pasos sucesivos que permitirán el planteamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Los cuatro pasos necesarios son los siguientes:

2.1.2.1. Recopilación de datos

Para iniciar un estudio de tráfico requerimos información de campo que puede ser eminentemente técnica o también complementaria dependiendo del tipo de estudio y su magnitud, la recolección de datos abarcara aforos de velocidades, aforos de volúmenes de tráfico, demanda y oferta de estacionamientos, comportamiento de semáforos, ascenso y descenso de pasajeros en vehículos públicos, señalización, etc.

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

2.1.2.2. Procesamiento y análisis

Toda información que se obtenga de la recolección de datos serán procesados, para lo cual programas informáticos pueden ser de mucha utilidad para que la información sea procesada en tablas, gráficos que ayuden a mostrar visualmente al análisis del problema.

En cuanto al presente proyecto se realizará un análisis de toda la información procesada tratando siempre en lo posible establecer relaciones entre todos los factores que se obtengan del procesamiento de la información a manera de ser lo más técnico posible.

2.1.2.3.Planteamiento de soluciones

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

2.1.2.4.Seguimiento y control de resultados

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

2.1.3. Parámetros fundamentales de un estudio de trafico

2.1.3.1.Volumen

Se entiende por volumen de tráfico, como el número de vehículos automotores que pasa por un tramo de carretera en un determinado tiempo.

Las unidades de tiempo para este volumen de tráfico son: el año, el mes, el día, la hora. Así se tiene el volumen de tráfico anual, volumen de tráfico mensual, volumen de tráfico diario, volumen de tráfico horario.

$$\text{Volumen} = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (intervalo de tiempo)}}$$

2.1.3.2.Tráfico promedio diario anual (TPDA)

Es el promedio de 24 horas de conteo efectuados cada día en un año el TPDA se utiliza en varios análisis de tráfico y transporte como ser:

- ❖ Estimación del número de usuarios en una carretera
- ❖ Computo de los índices de accidentes
- ❖ Establecimiento de la tendencia del volumen del tráfico
- ❖ La evaluación de la viabilidad económica de la carretera

- ❖ Desarrollo de autopistas y sistemas arteriales de calles

$$TPDA = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (365 días)}}$$

2.1.3.3. Trafico promedio diario (TPH)

Es el número máximo de vehículos que pasan por un tramo de carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos el TPH se utiliza para:

- ❖ Clasificaciones funcionales de las carreteras.
- ❖ Diseño de las características geométricas de la carretera, por ejemplo, número de carriles, señalización de intersecciones o canalización.
- ❖ Análisis de la capacidad.
- ❖ Desarrollo de programas relacionados con las operaciones del tráfico, por ejemplo, sistemas de una calle unidireccional o el encaminamiento del tráfico.
- ❖ Desarrollo de las regulaciones del estacionamiento.

$$TPH = \frac{N \text{ (numero de vehículos)}}{T \text{ (1 hora)}}$$

Cuando no es posible tener información sobre el tránsito promedio horario de una carretera o calle urbana se puede utilizar la relación establecida por la AASTHO y por la AIPCR organismos que han estudiado el efecto del volumen del tráfico quienes establecen la siguiente relación:

$$TPH = (12\% \text{ a } 15\%) * TPD$$

2.1.3.4. Composición de un volumen de trafico

Si bien es importante conocer el número de vehículos que circula por una sección de carretera o calle en periodos de tiempo definidos resulta también importante tener una relación del tipo de vehículo que circulen en ese periodo de tiempo entendiéndose como la composición del tráfico. Una composición casi del tipo universal es la que se subdivide en (automóviles, camiones, autobuses, motocicletas y bicicletas).

En nuestro país, la composición vehicular del parque automotriz es muy diversa. Existen vehículos de todo tipo y características. El antiguo Servicio Nacional de Caminos de

Bolivia (S.N.C) hoy en día ABC para simplificar esa diversidad de vehículos los ha clasificado en 4 grupos.

- ❖ Vehículos livianos: Automóviles, camionetas hasta 1500 kg
- ❖ Locomoción colectiva: Buses rurales e interurbanos
- ❖ Camiones: Unidad simple para transporte de carga
- ❖ Camión con semirremolque o remolque: Unidad compuesta para transporte de carga

Según sea la función del camino la composición del tránsito variará en forma importante de una a otra vía.

2.1.3.5. Clasificación de vehículos según norma de diseño

Tabla 3. Clasificación vehicular según S.N.C

Grupo de clasificación	Características del vehículo	Ancho (m)	Largo (m)	Radio mínimo de rueda	
				Delantera	Trasera
VP	Automóviles	2,10	5,80	7,30	4,70
CO	Autobuses y camiones	2,60	9,10	12,80	8,70
O	Autobuses interurbanos	2,60	12,20	12,80	7,10
SR	Camiones semirremolque	2,60	16,80	13,70	6,00

Fuente: Servicio nacional de caminos

2.1.3.6. Recuento de volumen de tráfico

Existen diferentes tipos para obtener datos sobre volúmenes de tráfico, podemos mencionar los siguientes:

2.1.3.6.1. Método manual

El aforo de tráfico mediante el uso de planillas de conteo. - El conteo manual es un método para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tráfico. Los aforos manuales son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos. El método

manual permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes y otras características. Registro de movimiento de vueltas y otros movimientos, tanto vehiculares como de peatones. Los conteos manuales son usados frecuentemente para comprobar la exactitud de los contadores mecánicos.

Este tipo de recuento también es necesario cuando los requisitos para el mismo son poco comunes. Por ejemplo, cuando se necesitan conteos durante periodos de tiempo corto. Algunas veces las malas condiciones de tiempo interfieren con el uso de contadores mecánico de tráfico y, claro está, si no se dispone de equipo automático, el aforo deberá realizarse manualmente.

El personal de campo registra los datos del conteo en formularios diseñados específicamente para cada caso particular.

A continuación, se presenta un modelo de formulario de conteo manual:

Tabla 4. Tabla para tipo de aforo manual

Aforo de vehiculos hojas de campo							
Ubicación						Fecha	
Aforador						Hoja N°	
Horas							
Desde - Hasta	Tipo	Gira al sud	Va hacia el sud	Gira al oeste	Va hacia el oeste	Totales	
	Totales						

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de transito

2.1.3.6.2. Método automático

Los métodos de conteo automáticos son métodos para obtener datos de volúmenes de tráfico a través del uso de detectores superficiales tales como: Membrana eléctrica, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, magnético, ultrasónico, infrarrojo, etc.

Estos detectan el vehículo que pasa y transmiten la información a un registrador, que está ubicado a un lado del camino.

- **Membrana eléctrica.** - Una membrana eléctrica es un dispositivo que se coloca transversalmente a la calle en el punto que se va hacer el aforo esa membrana está conectada en serie a un contador que por cada impulso abarca una unidad lo que quiere decir que cada vehículo de dos ejes va a producir dos impulsos y por lo tanto las lecturas se van a tener en el contador dividido por dos, nos dará el número de vehículos registrados en el periodo establecido.
- **Bucles electromagnéticos.** - El bucle electromagnético es otro dispositivo que se utiliza para el aforo del tráfico que consiste en colocar un laso en el carril de aforo que está conectado, a un contador automático cuyo laso produce en su interior un campo electromagnético el cual actúa para movilizar el contador ante la presencia de un vehículo.
- **Sensores.** - El avance tecnológico de la electrónica y la informática ha permitido que se pueda usar sensores de diversos tipos que actúan ante la presencia de los vehículos que son registrados por contadores automáticos que están ya conectados un sistema informático la posibilidad de los videos de los rayos láser radares y programas informáticos permite con todo este sistema no solo la cantidad de vehículos que pasa por una sección sino información sobre la composición vehicular intervalos entre vehículos densidad, velocidad, etc. Por supuesto estas grandes centrales de tráfico tienen una inversión económica muy alta que no es accesible en todas las ciudades.

2.1.3.7.Periodo de aforo

El periodo de aforo depende mucho del estudio específico que se quiere realizar estos varían por las condiciones y la necesidad, se optan por aforos manuales y automáticos según el tiempo del estudio estos pueden ser:

Aforos permanentes. - Son aquellos que se realizan generalmente con contadores automáticos que han sido instalados en una sección de la carretera que se van registrando diariamente los volúmenes para luego procesarlos, tener las variaciones semanales, mensuales y anuales.

Aforos periódicos. - Cuando no se puede disponer de equipo permanente para toda la red vial en la que se realice el trabajo del recuento de volúmenes.

Se debe establecer que es muy útil realizar recuentos periódicos en ciertas épocas del año que nos den valores contables y significativos cuya correlación nos permita adoptar como valores promedio del año.

Aforos de tiempo específico. - Son aquellos que se realizan en un determinado sector del trazo urbano generalmente entre 5 y 30 días las 24 horas y proyectarlas a volúmenes diarios mensuales y anuales.

Conteos en Intersecciones. - Los conteos de intersecciones se utilizan para determinar clasificaciones de vehículos (movimientos y giros en las intersecciones). Estos datos se utilizan principalmente en la determinación de las longitudes de las señales horizontales y las duraciones de ciclos para las señalizaciones en las intersecciones, en el diseño para la canalización de las intersecciones, y en el diseño general de las mejoras en las intersecciones.

Tabla 5. Aplicación parámetro volumen

Tipo de Volumen	Aplicación
Volumen medio diario (VMD) o volumen total de tránsito.	Estudio de tendencias; Planeación de carreras; Programación de carreteras; Selección de rutas; Cálculos de tasas de accidentes; Estudio fiscales; Evaluaciones económicas.
Volumen clasificado por tipo de vehículo, número de ejes y/o peso.	Análisis de capacidad; Diseño geométrico; Diseño estructural; Cómputos de estimados de recolección de impuestos de los usuarios de vialidades.
Volumen durante periodos de tiempo específico: durante horas pico, horas valle y por dirección.	Aplicación de dispositivos de control de tránsito; Vigilancia selectiva; Desarrollo de reglamentos de tránsito; Diseño geométrico.

Fuente: Bibliografía ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

2.1.3.8. Velocidad

La velocidad vehicular es la relación entre la distancia recorrida por un determinado vehículo y el tiempo que se tarda en recorrerla, usualmente expresado en kilómetros por hora (km/h). El concepto de velocidad parte de la necesidad del usuario de movilizarse de

manera más rápida y se constituye el indicador más usado para medir la eficiencia y calidad de operación de un determinado sistema vial.

Cuando se incrementa la congestión vehicular en un tramo vial, la velocidad de circulación se reduce y se genera largas colas de vehículos que impiden realizar maniobras y giros libremente.

2.1.3.9. Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto, conocida también como velocidad de diseño, es la máxima velocidad a la cual pueden circular los vehículos de manera segura por un tramo específico de vía, cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto son las que gobiernan la circulación. La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la vía, volúmenes de tránsito, configuración topográfica, uso del suelo y la disponibilidad de los recursos económicos.

Tabla 6. Velocidad de proyecto para tipo de carretera

Categoría	Sección transversal		Velocidades de proyecto (Km/Hr)	Código tipo	
	Nº Carriles	Nº Calzadas			
Autopista	(O)	4 +UD	2	120 - 100- 80	A(n) - xx
Autoruta	(I.A)	4+ UD	2	100 - 90 - 80	AR (N) - xx
Primario	(I.B)	4+ UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector	(II)	4+ UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
Local	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo		2BD	1	50 - 40 - 30	D - xx

Fuente: Manual de diseño de carreteras de la ABC vol.1

Velocidad de proyecto, según el tipo de superficie topográfica en emplazamiento:

- Terreno llano a ondulado medio = 120 km/hr
- Terreno ondulado fuerte = 100 km/hr
- Terreno montañoso = 80 km/hr

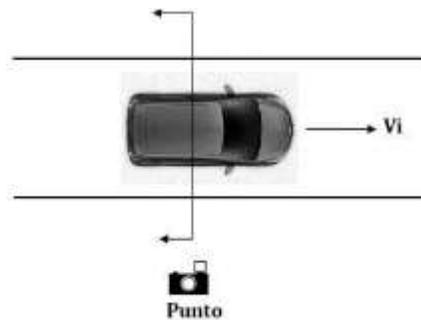
2.1.3.10. Velocidad de punto

Se define como la velocidad de punto aquella que se obtiene en carretera o calle cuyo intervalo de distancia esta previamente definido, siendo usuales la utilización de distancias de 25, 50, 75 y 100 metros.

$$V_p = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}} = \frac{\text{Km}}{\text{Hr}}$$

Las características principales de este tipo de velocidad es que la distancia definida se toma al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

Imagen 1. Velocidad de punto o instantánea



Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

El uso más frecuente de los estudios de velocidad de punto es el de determinar el efecto o la necesidad de diversos dispositivos para el control de tráfico, tales como señales preventivas, señales restrictivas de velocidad y zonificación de la velocidad.

Ubicación del estudio. - La localización para los estudios de la velocidad de punto depende del uso anticipado de los resultados. Los estudios de velocidad usualmente se llevan a cabo en los siguientes lugares:

- En intersecciones y otros puntos a mitad de la cuadra, que registran alta frecuencia de accidentes.
- En puntos donde se propone la instalación de semáforos y señales de “PARE”.
- En todas las arterias principales.
- En puntos representativos escogidos para el estudio de datos básicos.

Tiempo y duración del estudio. - La hora para conducir un estudio de la velocidad depende del propósito del estudio. En general, cuando el propósito del estudio es establecer límites de velocidad fijados, observar tendencias de la velocidad, o recoger datos básicos, se recomienda que el estudio esté conducido sobre el tráfico libre, generalmente durante horas pico. Sin embargo, cuando un estudio de la velocidad se conduce en respuesta a quejas del ciudadano, es útil que el período seleccionado para el estudio refleje la naturaleza de las quejas. Típicamente, la duración es por lo menos 1 hora y el tamaño de muestra es por lo menos 30 vehículos

2.1.3.11. Velocidad de cruceo

La velocidad de cruceo también es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo efectivamente en movimiento.

Del tiempo de recorrido se deberán descontar todos aquellos tiempos en que el vehículo se hubiera detenido por cualquier causa.

$$V_c = \frac{D_r}{T_c} = \frac{K_m}{H_r}$$

Donde:

D_r = Distancia de recorrido

T_c = Tiempo de circulación

V_c = Velocidad de cruceo

2.1.3.12. Velocidad de recorrido total

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, considerando los tiempos de circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico. A diferencia de la velocidad de punto la velocidad de recorrido total establece una distancia mucho mayor que en carreteras generalmente se toma la distancia entre accesos y las zonas urbanas la distancia de recorrido total generalmente es aquella que nos define los flujos direccionales.

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

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

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

La relación que nos permite determinar la velocidad de recorrido total es la siguiente:

$$V_{\text{recorrido total}} = \frac{D}{T_c + T_d}$$

Donde:

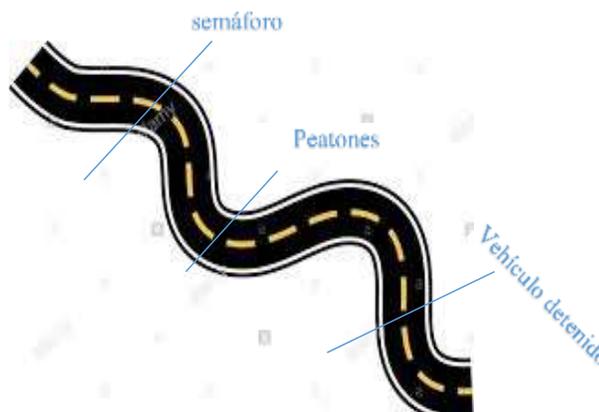
V_r = Velocidad de recorrido total (Km/Hr)

T_c = Tiempo de circulación (Hr)

T_d = Tiempo de demoras (Hr)

D = Distancia de recorrido (Km)

Imagen 2. Factores que intervienen en la velocidad



Fuente: Elaboración propia.

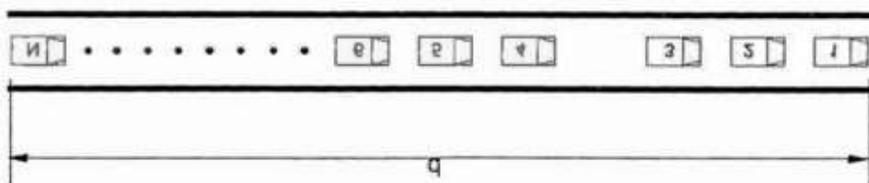
Interpretación del parámetro velocidad. - cómo podemos observar existe diferentes tipos de velocidades que se pueden estudiar en un estudio de tráfico, cada una indicando diferentes factores, de esta manera se puede conocer u obtener algunos indicadores para calificar el comportamiento del tráfico en la zona de estudio.

Velocidad de punto > Velocidad de crucero > Velocidad de recorrido total

2.1.3.13. Densidad

Rara vez se mide pues se puede calcular a partir de los parámetros de velocidad y Volumen. Densidad de tráfico es número de vehículos que ocupan un tramo de una calle o carretera de longitud dada. Cuya relación es directamente proporcional al volumen de tráfico e inversamente proporcional a la velocidad que imprimen los vehículos. Se suele expresar en vehículos / kilómetros.

Imagen 3. Parámetros densidad de tráfico



Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

El valor máximo de la densidad tiene lugar cuando todos los vehículos están en fila sin espaciado entre ellos y lógicamente depende de la longitud media de los vehículos. Es difícil medir directamente la densidad en el campo, pues es necesario contar con un punto elevado desde donde se pueda fotografiar, video filmar, o divisar tramos de vía de longitud significativa. Sin embargo, se puede calcular a través de la velocidad media de recorrido y de la intensidad de circulación, que son más sencilla de medición, a partir de la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Velocidad}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Km/Hr}} = \frac{\text{Veh}}{\text{Km}}$$

2.1.3.14. Capacidad

La capacidad vial, también conocida como oferta vial, es la cantidad máxima de vehículos que pueden circular por un determinado punto o sección de un sistema vial durante un período de tiempo específico, el cual está gobernado por las condiciones de tránsito y las características geométricas de la carretera.

Este valor de la capacidad definido para las condiciones imperantes difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. El volumen máximo posible depende de factores tales como la composición vehicular, la velocidad de circulación y las condiciones atmosféricas, que pueden cambiar en cualquier momento. (INVIAS, 1996)

Congestión: Se presenta cuando el volumen horario excede a la capacidad de la vía. Demanda/oferta >1 .

2.1.3.15. Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo se usa el concepto de nivel de servicio, una medida cualitativa del efecto que pueden tener en la capacidad muchos factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tráfico, la libertad de maniobras, la seguridad, los costos de operación, etc.

Los estudios realizados por la junta de investigación vial de los Estados Unidos fijan seis niveles, los cuales eran aplicados por el antiguo Servicio Nacional de Caminos de Bolivia hoy conocida como ABC, dichos niveles son:

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.

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.

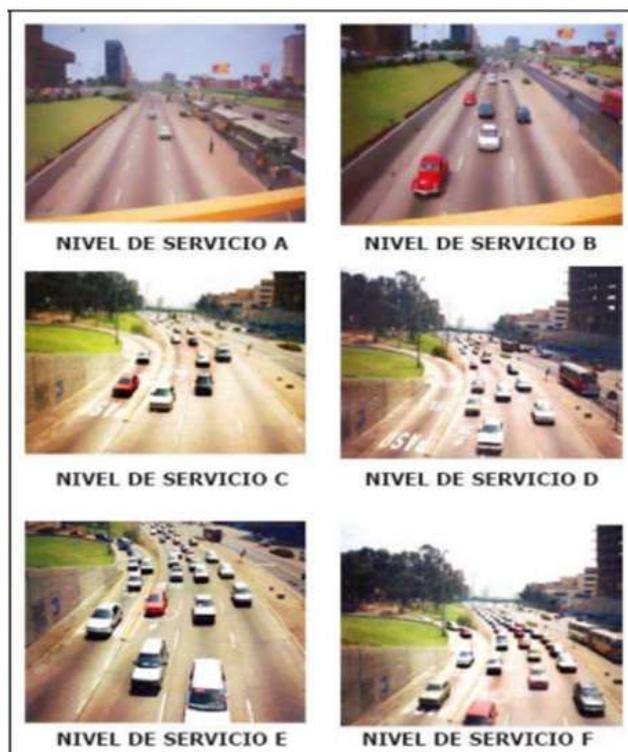
Nivel de servicio C. -Corresponde a las condiciones de circulación aun en un flujo estable, pero con velocidades en maniobras que resultan más controladas por los mayores volúmenes, ya no existe libertad para elegir la velocidad, cambiar carriles o realizar acciones de rebase. Sin embargo, se considera 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.

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.

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.

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.

Imagen 4. Clasificación de niveles de servicio



Fuente: Manual 2005 VCHI de diseño geométrico.

2.1.3.16. Relación de la capacidad y el nivel de servicio

El nivel de servicio una medida cualitativa que califica la calidad de servicio que ofrecen las vías urbanas o carreteras donde intervienen diferentes factores tales como el volumen la velocidad los estacionamientos y las dimensiones de una vía.

Es posible calificar de manera directa con simplemente la observación de la circulación vehicular en las horas de máxima demanda, sin embargo, expertos en la materia de tráfico lograron con éxito determinar una relación directa entre el volumen y la capacidad dando como resultado una tabla que califica el nivel de servicio de acuerdo al porcentaje que se obtenga de la relación volumen/capacidad.

Tabla 7. Nivel de servicio

Nivel de servicio	Tipo de circulación	Índice de congestión
A	Libre	0,00
B	Estable	$0,00 < I_c \leq 0,10$
C	Estable	$0,10 < I_c \leq 0,30$
D	Casi inestable	$0,30 < I_c \leq 0,70$
E	Inestable	$0,70 < I_c \leq 1,0$
F	Forzada	$I_c > 1,00$

Fuente: Apuntes de la materia ingeniería de tráfico

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Veh/Hr}}$$

Cabe resaltar que en Bolivia cualquier tipo de carretera es diseñado para cumplir o satisfacer la demanda vehicular, brindando un nivel de servicio C, donde se prevé que la circulación se estable donde los conductores tengan la posibilidad de realizar maniobras de manera segura y sin riesgo.

2.1.4. Elementos fundamentales del tráfico

La ingeniería de Tráfico, por definición, es aquella rama de la ingeniería civil que estudia y analiza bajo un enfoque técnico los problemas originados por el movimiento de los vehículos, en estrecha relación con sus componentes que son:

- El peatón
- El conductor
- El vehículo
- La vía

La ingeniería de tráfico involucra estos elementos por el hecho de que todos colaboran en los problemas de tráfico y de igual manera todos son responsables de poder lograr un tráfico fluido en cualquier tipo de calle o carretera, a continuación, definiremos a cada elemento.

2.1.4.1.El peatón

El peatón o transeúnte es la persona que camina a pie utilizando espacios adecuados para trasladarse de un lugar a otro en calles, avenidas y eventualmente en algunas carreteras. Es importante estudiar al peatón porque no solamente es víctima del tránsito, sino también una de sus causas. Actualmente en los centros urbanos hay un elevado número de vehículos motorizados, por ello en estos centros urbanos los peatones accidentados ocupan cifras importantes.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico en el área urbana y no así en carreteras donde su incidencia es casi mínima, aunque vale la pena comentar que, si existe un accidente en carretera con un peatón, por lo general llega a ser fatal.

El peatón es el primero en infringir las normas de los dispositivos de controles de tránsito, colocándose en constante peligro, es por esto que se ha visto una gran necesidad de promover la educación vial orientada al mejor comportamiento de las normas y reglamentaciones vigentes para que a través de ellos se pueda aminorar los accidentes donde la causa sean los peatones.

2.1.4.2.El conductor

Es otro de los elementos básicos y fundamentales para el estudio de tráfico, debido a que es un elemento que incide directamente en el funcionamiento del tráfico.

Se define como conductor al usuario del automóvil que circula en el tráfico y éste tiene influencia directa en el movimiento y circulación del tráfico vehicular. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

2.1.4.3. Vehículo

Siendo el vehículo uno de los tres factores primordiales del tráfico, se hace necesario estudiarlo con todo detalle. Ya vimos en el primer capítulo el desarrollo que ha tenido, ahora vamos a citar, como parte inicial, el número existente actualmente.

2.1.4.4. Composición vehicular

Existen vehículos de todo tipo y características. El antiguo Servicio Nacional de Caminos de Bolivia (S.N.C) hoy conocido como ABC, para simplificar esa diversidad de vehículos los ha clasificado en 3 grupos. Sin embargo, existen otras clasificaciones para otro tipo de servicios, por ejemplo:

Para el cobro de peaje se clasifican los vehículos por su tonelaje, por el número de ejes, por las dimensiones, etc. En cambio, en el transporte urbano existe otra clasificación: taxis, buses, minivans, automóviles particulares, camionetas, etc.

Tabla 8. Clasificación de los vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	
<p>Vehículo Liviano</p> <p>VP = Vehículos livianos como automóviles, camionetas, vagonetas, minibuses, etc.</p>	
<p>Vehículo Mediano</p> <p>CO= Vehículos comerciales de dos ejes, comprenden a camiones y autobuses comerciales, normalmente de dos ejes y 6 ruedas.</p>	

TIPO DE VEHÍCULO	
<p>Vehículo Pesado</p> <p>O= Automóviles de mayores dimensiones, y camiones de mayores dimensiones. Los autobuses empleados generalmente para viajes de largas distancias y turismo. Estos vehículos son de mayor longitud que las CO y pueden contar con 3 ejes</p>	

Fuente: Texto del alumno de ingeniería de tráfico.

Tabla 9. Dimensiones de vehículo tipo

CARACTERÍSTICAS DEL VEHICULO	Automóviles VP	Autobuses y camiones CO	Autobuses interurbanos O	Camiones semirremolque SR
Ancho (m)	2.10	2.60	2.60	2.60
Largo (m)	5.80	9.40	12.20	16.80

Fuente: Servicio nacional de caminos (S.N.C)

En la actualidad para realizar estudios de tráfico en vías urbanas la composición vehicular más conocida es la siguiente:

- ❖ Vehículos livianos
- ❖ Vehículos medianos
- ❖ Vehículos pesados
- ❖ Motos

Distinguiendo si el vehículo es de transporte público o privado, de igual forma adoptaremos esta composición para el estudio de nuestro proyecto.

2.1.4.5. Camino

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 la cuales coinciden con la practica en otros países.

2.1.4.6. Clasificación de la transitabilidad

En lo general corresponde a etapas de construcción y se dividen en:

- ❖ Camino pavimentado. – Tratamiento superficial o concreto
- ❖ Camino revestido. – Transitado en todo el tiempo
- ❖ Camino de tierra. – Transitado en tiempo seco

Esta clasificación es casi universal, por lo cual es usada en la cartografía y se presenta de la siguiente manera:

Imagen 5. Tipo de rodadura en cartografía



Fuente: Obtenido de Google.

2.1.4.7. Elemento Vía

El elemento vía es aquel que físicamente permite el espacio necesario para la circulación de los vehículos vía urbana o calle y en las zonas rurales a la carretera.

Las características de la vía que esta relaciona con la problemática del tráfico, son básicamente:

2.1.4.8. Características geométricas

Entre las características geométricas de la vía que están caracterizadas tenemos las siguientes:

2.1.4.8.1. Ancho de carril

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

Tabla 10. Anchos de carril

VIAS URBANAS	CARRETERAS
2.5m	2.50m
3.0m	3.05m
3.5m	3.35m
4.0m	3.50m
	3.65m

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

2.1.4.8.2. Ancho de calzada

Los anchos de calzada de vías están relacionados con el número de carriles por sentido que pueda tener la vía urbana de carretera. Se tienen algunos valores:

Tabla 11. Anchos de calzada

VIAS URBANAS	CARRETERAS
5 m	5 m
6 m	6.10 m
7 m	6.70 m
8 m	7.0 m
9 m	7.30 m
10 m	10.50 m

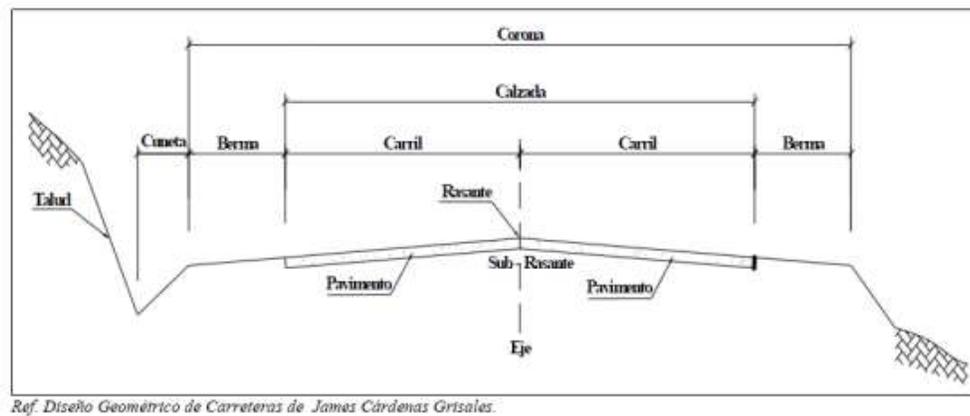
Fuente: Libro de ingeniería de tránsito de Rafael Cal y Mayor R. (7° Edición)

2.1.4.8.3. Sección transversal

La sección transversal de una carretera o de una vía urbana está relacionada con los dos aspectos anteriores es decir el ancho de carril y el ancho de calzada y otros elementos geométricos adicionales como ser:

Aceras, bordillos, jardineras, talud de corte, talud de relleno, etc.

Imagen 6. Sección transversal de una carretera



Fuente: Diseño geométrico de James Cárdenas Grisales

2.1.4.8.4. Pendiente

Otro de los aspectos geométricos que influyen en la circulación de los vehículos es la pendiente longitudinal de las vías es decir a mayor pendiente menor velocidad y menor volumen de tráfico y a menor pendiente mayor velocidad y mayor volumen de tráfico.

Las pendientes que se utilizan en vías urbanas están en el orden de 0.5% a 4% y en las carreteras de 0.5% a 12%.

2.1.4.8.5. Intersección

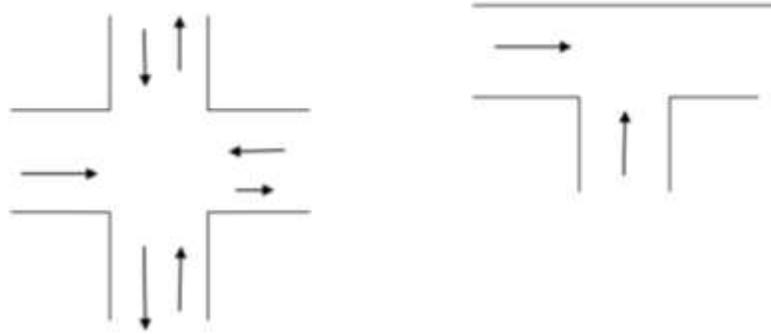
Es un elemento geométrico particular de las vías urbanas y ocasionalmente en carreteras, es donde confluyen dos flujos vehiculares en distintos sentidos por lo tanto es un elemento fundamental del análisis del tráfico.

Según el número de accesos que haya en una intersección esta puede ser:

- Simple – Simple

- Simpe – Doble
- Doble – Doble
- En T

Imagen 7. Ejemplo de intersección

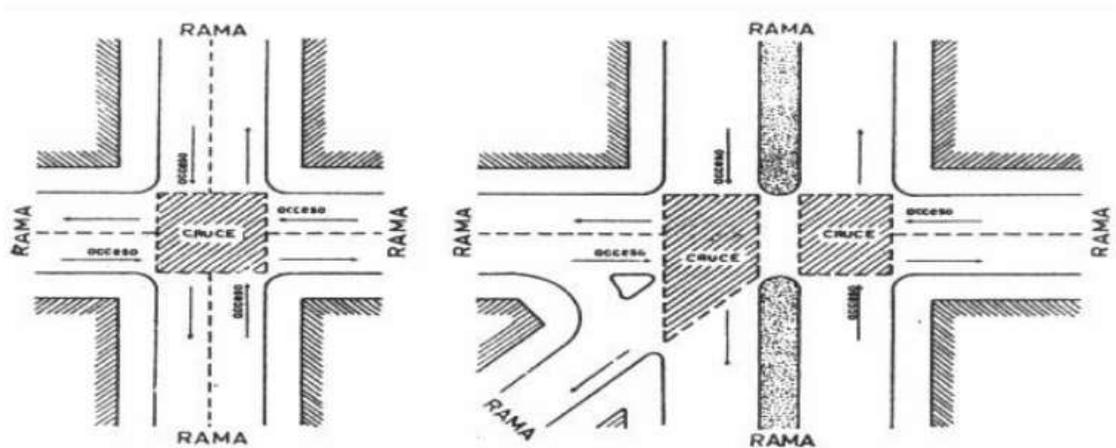


Fuente: Obtenido de Google.

2.1.4.9. Características de circulación

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

Imagen 8. Características de circulación



Fuente: Obtenido de Google.

Otro aspecto que afecta el comportamiento del tráfico en las características de vía es el tipo de capa de rodadura pudiendo ponerse rodaduras de tipo pavimentado, (asfáltico, rígido y articulado) y rodadura de carpeta de grava o tierra cuanto mejor son las condiciones de rodadura mayor serán las velocidades y volúmenes de tráfico mientras que la rodadura es de mala calidad reducirán las velocidades y volúmenes de tráfico.

2.1.5. Problemas del tráfico vehicular

El parque automotor, una población que cada día crece más y más sin que exista algún control por parte de las autoridades competentes, la necesidad que tienen las personas de transportarse de un lugar a otro y la deficiencia del transporte público hacen que las personas obtén por la compra de un vehículo, además las facilidades que ofrecen las empresas de venta de automóviles donde facilitan la compra de un vehículo en cómodas cotas ocasionan que el incremento de vehículos en circulación sea demasiado para la capacidad con la que fueron diseñadas las calles urbanas y periurbanas de la ciudad de Tarija, todas estas causas ocasionan problemas como el congestionamiento vehicular, que generalmente se presentan en las horas pico de la ciudad.

Los problemas más frecuentes que enfrenta la población día a día tanto conductores y como peatones, es el mal estado de las carreteras y calles urbanas además del congestionamiento vehicular generado por el alto crecimiento del parque automotor, genera accidentes menores y fatales por lo que el poder distinguir indicadores del crecimiento de estos problemas es muy importante.

2.1.5.1. Congestionamiento

¿Qué es el congestionamiento?

La palabra “congestión” es utilizada frecuentemente en el contexto del tránsito vehicular, tanto por técnicos como por los ciudadanos en general. El diccionario de la lengua española (Real Academia Española, 2001) la define como “acción y efecto de congestionar o congestionarse”, en tanto que “congestionar” Significa “obstruir o entorpecer el paso, la circulación o el movimiento de algo” que, en nuestro caso, es el tránsito vehicular. Habitualmente se entiende como la condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente.

En breves palabras congestionamiento es:

- Movimiento deficiente de vehículos
- Saturación vehicular
- Pérdida de tiempo y velocidad
- Pérdida económica

Para conocer el grado de congestionamiento de una vía, investigamos el tiempo de recorrido y tiempo de retardo. Además, analizamos la velocidad promedio de cruce.

Imagen 9. Congestionamiento vehicular en la ciudad de Tarija



Fuente: Elaboración propia

2.1.5.2. Métodos de medición

Los métodos técnicos para medir la velocidad y el retardo y por consecuencia el congestionamiento de una vía, son básicamente tres:

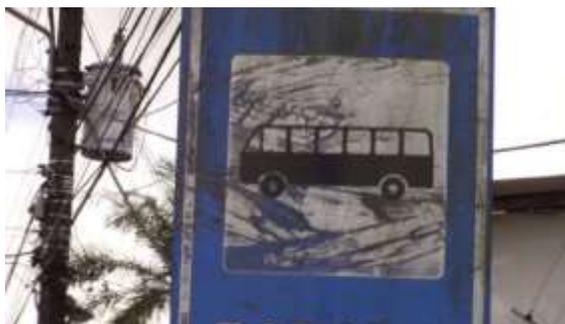
- ❖ **Método de observaciones a cierta altura.** - Desde un edificio o en algún punto alto, se miden los tiempos de recorrido de los vehículos en la corriente de tráfico sobre un trayecto cuya longitud se ha medido previamente. Con un cronometro se toma el tiempo que tarda cada vehículo en recorrer la longitud total. Con otro cronometro se miden los tiempos de retardo cada vez que hace alto, por cualquiera que sea la causa.
- ❖ **Flotando en el tráfico.** - En este método el observador forma parte de la corriente de tráfico; mete su vehículo en la ruta que previamente ha fijado con un punto inicial y un punto final, procurando siempre mantener los movimientos normales. Personalmente va midiendo sus tiempos totales y de retardo.

- ❖ **Mediciones dentro de la corriente.** - En este método el observador también forma parte de la corriente de tráfico, pero no se mide a sí mismo, sino que hace el recorrido varias veces y cada vez escoge al vehículo o los vehículos más cercanos a él y va observando sus tiempos totales y de retardo.

2.1.5.3. Falta de señalización y semaforización

La importancia de la señalización y semaforización, en países sub desarrollados donde el incremento del parque automotor es significativo debe ser considerado como prioritario por parte de las autoridades, siendo una medida de solución a los problemas de tráfico y accidentes de tránsito, es vital que todo el sistema vial tenga una buena señalización.

Imagen 10. Señalización en mal estado



Fuente: Obtenida de Google

Imagen 11. Semáforos defectuosos



Fuente: Obtenida del sitio web la patria.

2.1.6. Tipos de solución al problema de tráfico

En Bolivia, la tasa de accidentes de tránsito por cada cien mil habitantes en el año 2019 fue de 179 por debajo del promedio comunitario; asimismo, comparado con el año anterior significó un descenso de 6,5 accidentes de tránsito por cada cien mil habitantes.

2.1.6.1.Solución integral

Si nuestro problema es causado por un vehículo moderno sobre caminos antiguos, la solución integral consistirá en crear nuevos tipos de caminos que sirvan a este vehículo, dentro de la previsión posible. Necesitaremos crear ciudades con trazo nuevo, revolucionario; calles destinadas a alojar al vehículo de motor, con todas las características inherentes al mismo.

Esta solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales, ya que necesitaríamos barrer con todo lo existente. Los caminos actuales tendrían que ser sustituidos por otros, cuya velocidad de proyecto fuese de 200 kilómetros por hora.

2.1.6.2.Solución parcial de alto costo

Esta solución equivale a sacar el mejor partido posible de lo que actualmente tenemos, con ciertos cambios necesarios que requieren fuertes inversiones. Los casos críticos, como calles angostas, cruces peligrosos, obstrucciones naturales, capacidad restringida, falta de control en la circulación, etc., pueden atacarse mediante la inversión necesaria que es, siempre muy elevada. Entre las medidas que pueden tomarse están: el ensanchamiento de calles; modificar intersecciones rotatorias; creación de intersecciones canalizadas; sistemas de control automático con semáforos; estacionamientos públicos y privados, etc.

2.1.6.3.Solución parcial de bajo costo

Equivale al aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con el mínimo de obra material y el máximo en cuanto a regulación funcional del tránsito, a través de técnica depurada, así como disciplina y educación por parte del usuario. Incluye, entre otras cosas, la legislación y reglamentación adaptadas a las necesidades del tránsito, las medidas necesarias de educación vial; el sistema de calles con circulaciones un sentido; el estacionamiento de tiempo limitado; el proyecto específico y apropiado de señales de

tránsito y semáforos; la canalización del tránsito a bajo costo; las facilidades para la construcción de terminales y estacionamientos; etc.

2.1.7. Bases de solución

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

Son los cuatro elementos que, trabajando simultáneamente, nos van a dar lo que deseamos: un tránsito seguro y eficiente.

2.1.7.1.La ingeniería de tráfico

La ingeniería de tráfico es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir del análisis de estos, se plantean soluciones reales y adecuados.

Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de la circulación actual en el área de estudio.

2.1.7.2.Educación vial

Es un pilar importante porque el conjunto de los usuarios ya sean estos peatones o conductores deben tener un mínimo de educación vial que permita un mejor accionar en cada una de las actividades dentro de la circulación, la falta de educación vial hace que usuarios cometan errores e infracciones a reglamentos que en algunos casos son causantes de accidentes.

2.1.7.3.Normalización y reglamentación

La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuados a las condiciones de los vehículos que circulan y a las condiciones de necesidad del usuario.

Estas normas deber ser revisadas periódicamente de acuerdo a la evolución que vaya teniendo el tráfico en vías urbanas y carreteras para tratar en lo posible de que obedezca a las condiciones reales y actualizados.

2.1.7.4. Vigencia y control policial

Para hacer cumplir las normas y reglamentos vigentes y hacer que la planificación cumpla sus objetivos se hace necesario un control policial cuya labor es recomendada a los organismos operativos de tránsito dependientes de la policía nacional.

2.1.8. Semaforización

Los semáforos son señales luminosas que controlan la circulación del tráfico y el paso de peatones que cruzan las calzadas. Los semáforos se encuentran principalmente en las intersecciones de calles en zonas urbanas, donde el continuo tránsito de vehículos y peatones debe ser coordinado.

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

2.1.8.1. Ventajas y desventajas

Si la instalación y operación de los semáforos es correcta, éstos podrán aportar diversas ventajas. En cambio, si uno o más semáforos son deficientes, servirán para entorpecer el tránsito, tanto de vehículos como de peatones. Es muy importante que antes de seleccionar y poner a funcionar un semáforo, se efectúe un estudio completo de las condiciones de la intersección y del tránsito y, se cumpla con los requisitos que la experiencia ha fijado. También es importante que después que el sistema de semáforos empieza a funcionar, se compruebe que éste responde a las necesidades del tránsito y, en su caso, que se hagan los ajustes pertinentes.

Un semáforo o un sistema de semáforos, que opere correctamente, tendrá una o más de las siguientes:

2.1.8.2. Ventajas

- Ordena la circulación del tránsito y, en muchos casos, mediante una asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza la capacidad de las calles.
- Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener una circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta

determinada. En algunos casos, esa velocidad constante es conveniente reducirla para fines de seguridad.

- Permiten interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.
- En la mayoría de los casos representan una economía considerable por su mayor habilidad en el control del tránsito con respecto a la utilización de otras formas de control, como por ejemplo señales o policías de tránsito.

2.1.8.3.Desventajas

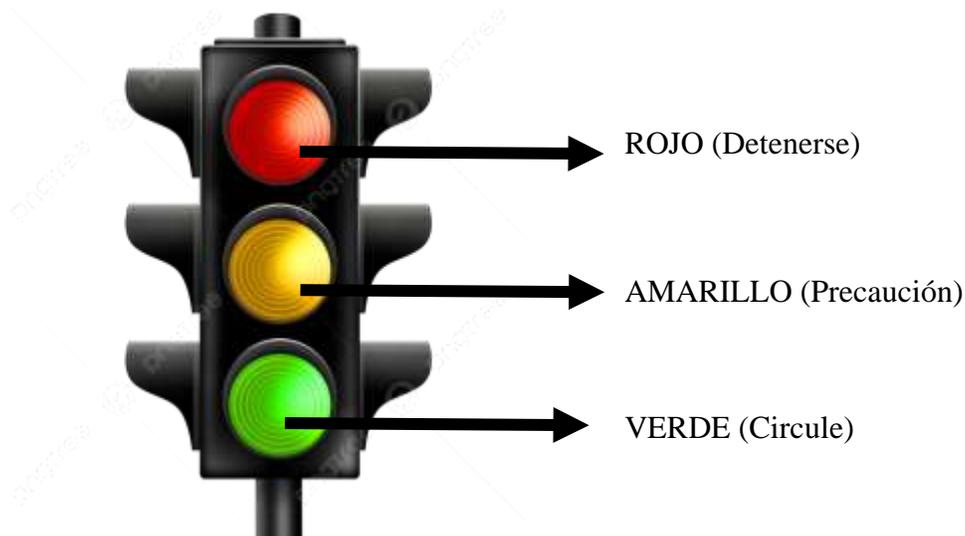
Cuando el proyecto o la operación de un semáforo o sistema de semáforos es deficiente, ya sea por falta de elementos de juicio, o bien porque se ha abusado de los semáforos, puede presentarse una o varias de las siguientes:

- Se incurre en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- Causan demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesiva duración de luz roja o del tiempo total del ciclo.
- Producen reacción desfavorable en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o hacia las autoridades.
- Incrementan el número de accidentes del tipo alcance, por cambios sorpresivos de color.
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las horas del día, cuando se presentan escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos.
- Aumentan o frecuencia gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, especialmente en casos de focos fundidos o interrupciones del servicio eléctrico.
- En intersecciones rurales, la aparición intempestiva de un semáforo ocasiona accidentes cuando no hay avisos previos adecuados.

2.1.8.4.Significado de los colores

Los tres colores que se utilizan en los semáforos son:

Imagen 12. Semáforos 1C/3L



Fuente: Obtenida de Google

2.1.8.5. Semáforos para tránsito de vehículos

2.1.8.5.1. Semáforos fijos

Los semáforos fijos constan de una luz intermitente de color amarillo o de color rojo.

El color amarillo intermitente en una intersección o en un tramo de camino significa que los vehículos deberán circular con suma precaución.

El color rojo intermitente en una intersección significa que los vehículos deberán detenerse antes de entrar en la intersección o cruce de caminos y el conductor actuará igual que al encontrarse con una señal de pare, cediendo el paso a los vehículos que se aproximan por ambos lados de la intersección.

2.1.8.5.2. Semáforos variables

Los semáforos compuestos constan principalmente de un semáforo simple con luces adicionales consistentes en flechas de color verde que señalan direcciones diferentes.

Estas flechas tienen por objeto permitir el paso del tráfico en ciertas direcciones al mismo tiempo que la luz roja del semáforo está encendida. En este caso las flechas constituyen excepciones a la prohibición que señala la luz roja.

Los conductores de los vehículos que tengan vía libre mediante una luz o flecha verde y tengan que efectuar un giro en una intersección donde exista un paso para peatones, deberán dar paso a éstos mientras el semáforo de peatones indique paso libre.

2.1.8.5.3. *Semáforo para paso de peatones*

Los semáforos que controlan el paso de peatones son de forma rectangular y tienen dos luces solamente. En la parte superior tienen escrita la palabra alto de color rojo, que prohíbe a los peatones cruzar la calzada y en la parte inferior tienen escrita la palabra siga de color verde, que les permite cruzar la calzada.

2.1.8.6. Condiciones de instalación

Primera condición volumen mínimo de vehículos:

Aquí la intensidad del tránsito de las vías que se cruzan es la principal justificación. Se llena este requisito cuando en cualesquiera de las ocho horas de un día representativo, se presenten los volúmenes mínimos indicados a continuación.

Los volúmenes para las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. El sentido del tránsito de mayor volumen en la calle secundaria puede ser para un acceso durante algunas horas y del otro sentido las restantes.

Tabla 12. Condición uno de semaforización

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

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Segunda condición interrupción del tránsito:

Se aplica cuando las condiciones de operación de la calle principal son de tal naturaleza que el tránsito en la calle secundaria sufre demoras, o riesgos excesivos, al entrar o cruzar la calle principal. El requisito se satisface cuando durante cada una de cualesquiera ocho

horas de un día representativo, en la calle principal y en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria, se tienen los volúmenes mínimos y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito.

Tabla 13. Condición dos de semaforización

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

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Tercera condición volumen mínimo de peatones:

Se satisface este requisito si durante cada una de cualesquiera de las ocho horas de un día representativo se tienen los siguientes volúmenes: 600 o más vehículos por hora en ambos sentidos en la calle principal, o bien 1000 o más vehículos por hora si la calle principal tiene camellón; y si durante las mismas ocho horas cruzan 150 o más peatones por hora, en el cruce de mayor volumen.

Cuando la velocidad promedio del 85% del tránsito exceda de 60 km/ h o si la intersección está en una población de menos de 10 000 habitantes, el requisito se reduce al 70% de los valores indicados. El semáforo que se instale conforme a este requisito en una intersección aislada, debe ser del tipo accionado por el tránsito con botón para uso de los peatones.

Tabla 14. Condición tres de semaforización

Tipo de intersección	Vehículos por hora en calle con		Total Peatones por hora	Periodo de mantenimiento
	Calle no dividida	Calle dividida con cantero centra		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área escolar	800	-	2500	2

Fuente: Libro Ingeniería de tráfico por “Rafael Cal de Mayor y James Cárdenas.

Cuarta condición circulación progresiva:

Este requisito se satisface en calles aisladas de un sentido y donde los semáforos, en caso de haber, están muy distantes entre sí para conservar los vehículos agrupados y a la velocidad deseada, y en el caso de una calle de doble circulación donde los semáforos existentes no permiten el grado deseado de control, agrupamientos, velocidades, etc. En los sistemas alternos el espaciamiento entre un semáforo y los adyacentes, debe estar relacionado con la duración del ciclo (verde, ámbar y rojo), y con la velocidad de proyecto. No se debe considerar la instalación de semáforos bajo este requisito, si resultan espaciamentos menores de 300 metros.

Quinta condición antecedentes acerca de los accidentes:

Para cumplir con esta condición es necesario que se verifique los siguientes eventos:

- a) Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados.
- b) Que no existan ninguna medida preventiva adecuada.
- c) Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

Sexta condición combinaciones de los requisitos anteriores:

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

2.1.8.7. Asignación de tiempos

La asignación de tiempos en semáforos comprende la determinación del tiempo del ciclo entendiéndose a este como la sumatoria del tiempo de fase verde o más el tiempo de fase roja más el tiempo de fase amarilla de ida y vuelta, y los tiempos de las fases correspondientes.

2.1.8.8. Asignación tiempo de ciclo

La elección del tiempo que dure el ciclo es un a priori, ya que es difícil de determinar en un prediseño un tiempo de ciclo óptimo, sin embargo, de acuerdo a estudios que se han realizado en varios sistemas de semaforización se ha establecido que el rango de duración de un ciclo varía entre 35 - 120 segundos.

Para la determinación de tiempos de fases es importante tomar en cuenta las siguientes variables:

- a) Volumen de la demanda vehicular
- b) Composición del tráfico (vehículos livianos, medianos, pesado)
- c) Volumen de la demanda peatonal
- d) Movimiento de giro

2.1.8.9. Asignación fase amarilla

La fase amarilla tiene como objetivo avisar al conductor que va a aparecer la fase roja a la fase verde y permitirle un tiempo suficiente para detener el vehículo o culminar una maniobra del cruce de la intersección.

2.1.8.10. Asignación de tiempo rojo y verde

Adoptado el valor del ciclo y determinado el tiempo de fase amarilla se procede a determinar los tiempos de fase roja y fase verde y en realidad son tiempos cuyo objetivo es el proporcionar un tiempo razonable para que unos conjuntos de vehículos puedan cruzar la intersección de tal manera que se procure tener un flujo continuo.

Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dado por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección

En esta correlación ya se conoce o se da por entendido que el valor del ciclo estará dado por los tiempos de fase verde en ambos sentidos y los tiempos de fase amarilla en ambos accesos dándonos como tiempo resultante para la asignación de fase verde y fase roja.

$$C = \text{Ciclo} - \text{Tam(ida)} - \text{Tam(retorno)}$$

$$\text{CICLO} = \text{Trojo} + \text{Tverde} + \text{Tam(ida)} + \text{Tam(retorno)}$$

Donde:

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

Tam (ida) = Tiempo de fase amarilla ida

Tam (retorno) = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

$$\frac{V_a * \text{Tam(ida)}}{T_{va}} = \frac{V_b * \text{Tam(retorno)}}{T_{vb}}$$

Donde:

V_a= Volumen horario acceso principal

V_b= Volumen horario acceso secundario

T_{va}= Tiempo de verde acceso principal

T_{vb}= Tiempo de verde acceso secundario

Tiempo de ciclo según la longitud de intersección:

$$\text{Ciclo} = \frac{L_{int}}{Vel} = \frac{\text{Longitud de intersección}}{\text{Velocidad media de circulación}}$$

Según la metodología HCM:

Cálculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

L_{veh}= Longitud de vehículo tipo (m)

a= Aceleración (m/s²)

W= Longitud de paso intersección (m)

Máxima relación de flujos (Y_i):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo máximo}}{\text{Flujo de saturación}} = \frac{\text{Veh/Hr}}{\text{Veh/Hr}}$$

Ciclo Optimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - \Sigma Y_i}$$

Donde:

L= Tiempos de perdida (s)

Y_i= Máxima relación flujo (-)

2.1.9. Señalización

Las señales son símbolos, figuras y palabras pintadas en tableros colocados en postes que transmiten un mensaje visual a los conductores de vehículos. En vías de dos sentidos, las señales están colocadas a la derecha del sentido de avance de los vehículos y de cara al conductor para ser visibles claramente, sin distraer su atención.

En vías de un solo sentido y con más de un carril, las señales están colocadas a la derecha e izquierda del pavimento y su significado es aplicable a los vehículos que circulan por dichos carriles.

Estas señales tienen la característica de ser visibles durante el día y por la reflexión de las luces de los vehículos, también durante la noche.

La señalización básicamente se divide en señalización vertical y horizontal:

Señales verticales. - Es aquella que está colocada en postes verticales sobre la superficie del pavimento en lugares adecuadamente ubicados.

Señalización horizontal. - Consiste en marcas pintadas sobre la superficie del pavimento o con elementos que sobresalen muy poco de este pavimento.

2.1.9.1. Objetivo de las señalizaciones

Debido al constante incremento del parque vehicular en ciudades y carreteras es necesario adoptar algunos Sistemas de Control de Tráfico con el objeto:

- De reducir el número de accidentes.
- De mejorar la seguridad del usuario.
- De dar mayor comodidad al usuario.

2.1.9.2. Tipos de señalización

Los tipos de señalización están englobados en dos grupos:

2.1.9.2.1. Señalización vertical

Por su significado, las señales verticales se clasifican en tres grupos, manteniéndose una igualdad de formas y colores en cada uno de ellos.

Señales restrictivas →Limitativas

→Prohibitivas

Señales preventivas

Señales informativas →Identificación

→Destino

→Servicio

Significado de las formas y los colores

Es fácil diferenciar los grupos de señales por su forma y color. Las formas de las señales son circulares, cuadradas y rectangulares y sus colores son rojo, amarillo, azul y verde.

Las señales compuestas básicamente por una orla circular roja significan una restricción o prohibición y pertenecen al grupo de las señales restrictivas. Las señales de pare y ceda el paso son las únicas señales restrictivas que tienen forma distinta para resaltar su importancia.

Imagen 13. Señal restrictiva



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

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

Imagen 14. Cuadro de señal preventiva



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

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

Imagen 15. Señales informativas



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico

Imagen 16. Señales de prohibición e informativas



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Imagen 17. Señales de precaución



Fuente: Obtenida de Google

2.1.9.2.2. *Señalización horizontal*

Las marcas son rayas, símbolos y letras pintadas sobre la superficie del pavimento y sobre obstáculos que sobresalen de la calzada; sirven para dirigir y orientar a los usuarios que transitan por calles y caminos. Estas marcas tienen la finalidad de indicar ciertos riesgos, peligros y prohibiciones, canalizar el tránsito y complementar las indicaciones de otras señales que controlan el tránsito. Sus características, al igual que las señales las hacen visibles durante el día y la noche, manteniéndose su significado igual en ambos casos.

Clasificación.

Las marcas son de diferentes tipos y tienen diferentes significados; su clasificación es la siguiente:

- Rayas centrales
- Rayas limitadoras de la calzada
- Rayas separadoras de carriles
- Rayas canalizadoras
- Rayas de parada
- Rayas de cruces para peatones
- Rayas de aproximación a obstáculos
- Rayas en cruces de ferrocarril
- Marcas en cruces de ferrocarril
- Marcas de estacionamiento permitido
- Marcas de estacionamiento prohibido
- Marcas indicadoras de peligro
- Marcas limitadoras de isletas
- Postes delineadores

2.1.9.3. Significado de las formas y colores

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

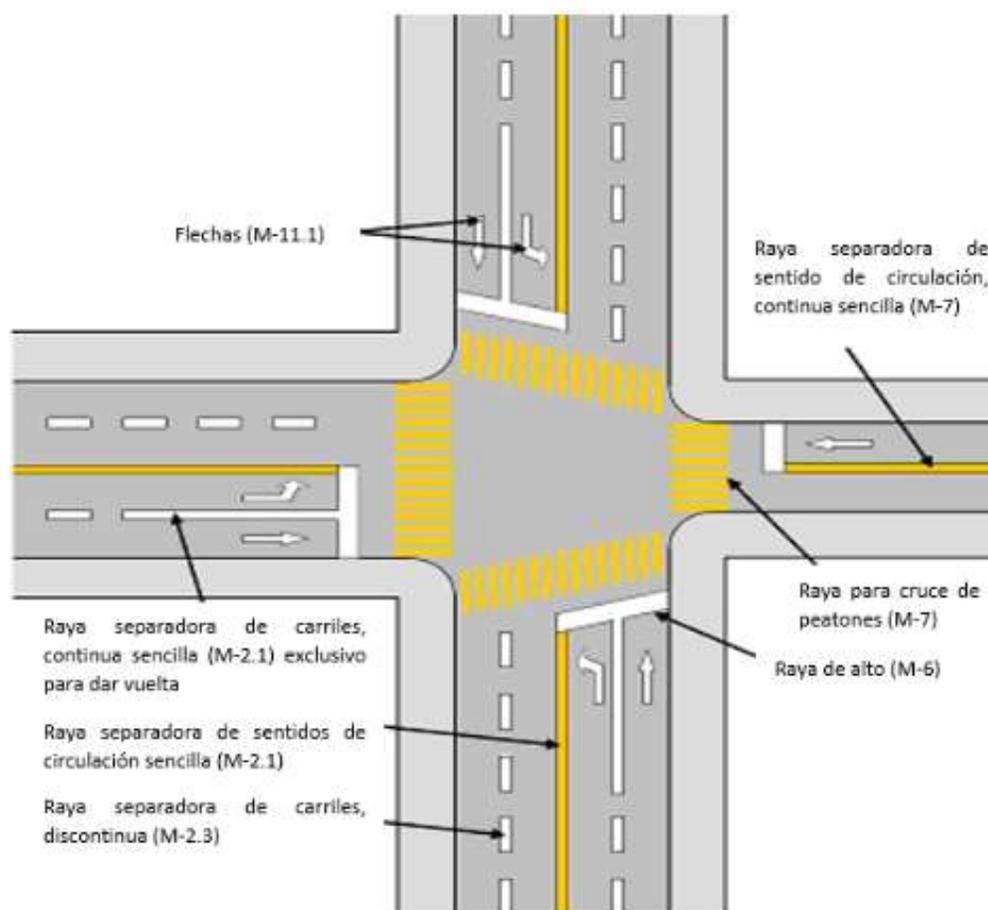
- Prohibición
- Indicación
- Peligro

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

Las rayas de color blanco pintadas sobre el pavimento en forma continua o discontinua significan una indicación. Los vehículos podrán rebasar o cruzar una raya discontinua en caso de adelantamiento o cambio de carril, debiendo abstenerse de rebasar o cruzar las rayas continuas, excepto cuando estas están colocadas a través de la calzada, indicando una precaución.

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

Imagen 18. Señalización horizontal



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

2.1.10. Estacionamientos

El problema del estacionamiento de vehículos es muy importante en todos los centros urbanos. Gran parte del congestionamiento es causado por el estacionamiento inadecuado de vehículos. Con el aumento del parque vehicular el problema del estacionamiento y de los congestionamientos es cada vez mayor.

2.1.10.1. Estudio de estacionamiento

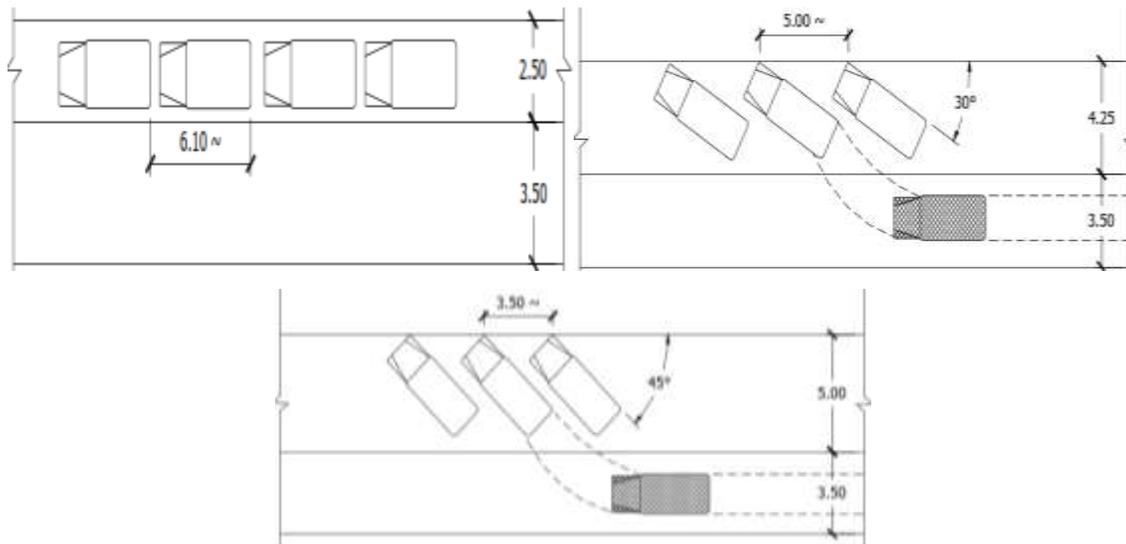
Cualquier vehículo que viaja en una carretera quiere contemporáneamente parquearse por un tiempo relativamente corto o un tiempo mucho más largo, dependiendo de la razón para el estacionamiento. La disposición de las instalaciones de estacionamientos es por lo tanto un elemento esencial del modo de transporte de la carretera. La necesidad de espacios de parqueo es generalmente muy grande en las áreas donde el uso suelo incluyen las áreas de negocios, residenciales, o actividades comerciales.

El abastecimiento del espacio adecuado de estacionamiento para resolver la demanda para parquear en el centro de la ciudad puede hacer necesaria la disposición de espacios de estacionamiento a lo largo de las aceras, que reducen la capacidad de las calles y puede afectar el nivel del servicio de ésta. Este problema enfrenta generalmente al ingeniero del tráfico de la ciudad. La solución no es simple, puesto que la asignación del espacio disponible dependerá de las metas de la comunidad, a que el ingeniero del tráfico debe tomar en la consideración al intentar solucionar el problema. Los estudios de estacionamiento por lo tanto se utilizan para determinar la demanda, la fuente de instalaciones del estacionamiento en un área, la proyección de la demanda, y opiniones de los varios grupos de interés en cuál es la mejor solución posible para el problema. Antes de que discutamos los detalles de los estudios de estacionamiento, es necesario discutir los diversos tipos de instalaciones de estacionamiento.

2.1.10.2. Estacionamiento en calles urbanas

En las Figuras de a continuación se muestran varios tipos de estacionamientos en la calle, desde la ubicación paralela o formando ángulo con la vía.

Imagen 19. Estacionamiento en vía urbana



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico

Los estacionamientos paralelos, de 30°, de 45° no presentan mucho conflicto a la circulación de los carriles adyacentes.

Los ángulos de 60° y 90° interfieren el tráfico vecino al incorporarse o salir del estacionamiento. La capacidad de estacionamiento es mayor que la del estacionamiento paralelo a la calle, pero en cambio presenta puntos de conflicto con el tráfico vecino.

2.1.10.3. Metodología de estudio de estacionamiento

Un estudio comprensivo del estacionamiento implica generalmente:

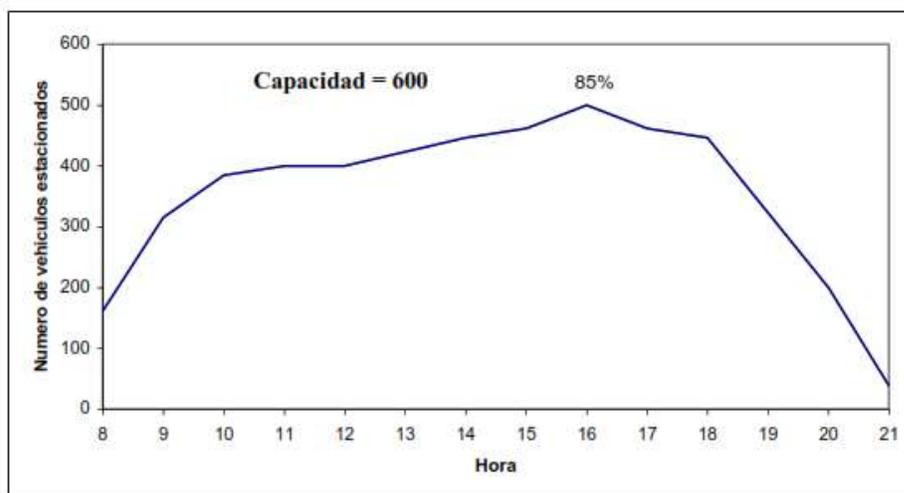
- El inventario de instalaciones existentes del estacionamiento
- Recolección de datos sobre la acumulación del estacionamiento, volumen de ventas del estacionamiento, duración del estacionamiento
- Identificación de los generadores del estacionamiento
- Recolección de información de la demanda del estacionamiento

2.1.10.4. Recolección de datos de estacionamiento

Acumulación. - Los datos de la acumulación son obtenidos comprobando la cantidad de parqueo durante intervalos regulares en diferentes días de la semana. Los chequeos se realizan generalmente en cada hora o 2 horas base entre las 6:00 a.m. y las 8:00 p.m. La

selección de los tiempos depende del tiempo de operación de las actividades que se realizan en una determinada área, que actúan como generadores del estacionamiento. La información obtenida se utiliza para determinar variaciones horarias del estacionamiento y temporadas altas de la demanda del estacionamiento.

Imagen 20. Representación gráfica de máxima demanda



Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

2.1.10.5. Análisis de los datos de estacionamiento

2.1.10.5.1. Dimensiones mínimas de caja de estacionamiento

En estudios realizados por el departamento del distrito federal (México) se analizaron las dimensiones de los automóviles registrados en la ciudad y el país. Tomando en cuenta el pronóstico de los porcentajes de los tipos de automóviles, se recomiendan como dimensiones mínimas de cajones de estacionamiento las indicadas a continuación:

➤ Automóviles grandes y medianos

En batería: 5,00m x 2,40m

En cordón: 6,00m x 2,40m

➤ Automóviles pequeños

En batería: 4,20m x 2,20m

En cordón: 5,00m x 2,00m

2.1.10.5.2. Dimensiones mínimas para los pasillos de circulación del estacionamiento

Tomando en cuenta el pronóstico de los porcentajes de los tipos de automóviles, se recomiendan como dimensiones mínimas de los pasillos de circulación del estacionamiento las indicadas a continuación:

Tabla 15. Dimensiones de estacionamiento

Angulo del cajón	Anchura del pasillo en metros	
	Automóviles	
	Grandes y medianos	Chicos
30°	3,00	2,70
45°	3,30	3,00
60°	5,00	4,00
90°	6,00	5,00

Fuente: Texto de ingeniería de tráfico.

Demanda:

Número de placas contadas no repetidas en una hora

$$\text{Demanda} = \text{N}^\circ \text{de placas contadas no repetidas en una hora}$$

Oferta:

La oferta es la cantidad máxima de vehículos que permite estacionar a lo largo de la avenida potosí dependiendo del diseño y dimensiones de los cajones dispuestos en paralelo al margen derecho de la vía.

$$\text{Oferta} = \frac{L}{L_c} - 2 = \frac{\text{Longitud de cuadra}}{\text{Longitud de casilla}} = \text{N}^\circ \text{casillas posibles}$$

Índice de ocupación:

Es el índice del uso de un espacio del estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen del estacionamiento para un período especificado por el número de los espacios del estacionamiento.

$$I_o = \frac{\text{Demanda}}{\text{Oferta}} = \frac{\text{N}^\circ \text{vehiculos estacionados}}{\text{N}^\circ \text{casilla posibles}}$$

MARCO NORMATIVO

La comprensión del transporte, tráfico y vialidad se ve enriquecida al situarla dentro del marco normativo correspondiente. Este marco otorga las atribuciones y competencias que los gobiernos municipales poseen para llevar a cabo acciones en este ámbito. Es crucial respetar la jerarquía normativa, comenzando desde:

- Constitución Política del Estado
- Ley N° 031 Marco de Autonomías "Andrés Ibáñez"
- Ley N° 482 de Gobiernos autónomos y Municipalidades
- Ley N° 165 General de Transporte
- Ley Municipal N° 117 de Movilidad Urbana y Transporte
- Ley Municipal N° 144 Ley de modificaciones a la Ley municipal N° 117 de movilidad urbana y transporte
- Código de Transito

2.1.11. Constitución política del estado

Con el propósito de llevar a cabo un análisis exhaustivo del tráfico vehicular, se otorga una consideración ponderada a las normativas pertinentes, iniciando con la legislación macro, la Constitución Política del Estado.

Dentro del contexto de la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, se reconoce al Estado como la entidad responsable de garantizar un sistema integral de transporte eficiente, eficaz y beneficioso para usuarios y proveedores, según lo establecido en el artículo 76 de la CPE. La tercera parte de la constitución, que aborda la estructura organizacional territorial del Estado, especifica las atribuciones y competencias de las diversas autonomías, destacando las competencias exclusivas de los gobiernos municipales en relación con la investigación.

2.1.12. Ley N° 031 marco de autonomías "Andrés Ibáñez"

La Ley Marco de Autonomías y Descentralización "Andrés Ibáñez" establece un marco normativo para la autonomía y la descentralización en Bolivia, con el objetivo de garantizar la igualdad y la justicia social en todo el territorio nacional.

En el tema de transporte y movilidad urbana la Ley Marco de Autonomías y Descentralización "Andrés Bóñez" establece competencias exclusivas para los diferentes niveles de gobierno en Bolivia en relación con el transporte y la movilidad urbana. El nivel central del Estado tiene la responsabilidad de planificar, diseñar, construir, mantener y administrar las carreteras, líneas férreas y ferrocarriles de la red fundamental, así como establecer los criterios de clasificación de la red fundamental, departamental vecinal y comunitaria y clasificar las carreteras de la red fundamental.

2.1.13. Ley N° 482 de gobiernos autónomos y municipalidades

La Ley de Gobiernos Autónomos Municipales de Bolivia tiene como objetivo regular la estructura y funcionamiento de los gobiernos autónomos municipales en el país, estableciendo sus competencias y atribuciones en diferentes áreas, como la planificación territorial, la gestión ambiental, la administración de recursos económicos, entre otras. La Ley de Gobiernos Autónomos Municipales de Bolivia establece algunas disposiciones respecto con la movilidad urbana y el transporte público.

En el Capítulo III, que se refiere a la planificación territorial, se establece que los gobiernos autónomos municipales deben elaborar el Plan de Ordenamiento Territorial, que incluirá la formulación de los esquemas del Ordenamiento Territorial y Urbano a corto, mediano y largo plazo, la asignación de usos de suelo, la determinación de patrones de asentamiento, normas de edificación, urbanización y fraccionamiento, y los mecanismos y modalidades de planificación estratégica que viabilicen su ejecución.

En el Capítulo IV, que se refiere a la gestión ambiental, se establece que los gobiernos autónomos municipales deben promover la movilidad urbana sostenible, fomentando el uso de medios de transporte no motorizados y el transporte público eficiente y seguro. Además, se establece que los gobiernos autónomos municipales tienen la competencia para regular y controlar el transporte público en su jurisdicción, incluyendo la autorización de rutas y servicios, la fijación de tarifas, la regulación de la calidad del servicio y la seguridad de los usuarios.

2.1.14. Ley N° 165 general de transporte

La Ley General de Transporte establece un marco normativo para el sistema de transporte integral en el país. Entre los puntos que trata la ley, se encuentran aquellos relacionados con el análisis de tráfico vehicular, el manejo de la movilidad urbana y todo referente al manejo de tránsito para la vía.

En cuanto al análisis de tráfico vehicular, la ley trata en el Capítulo III, en el Artículo 224, donde se establece que la autoridad competente del nivel central del Estado promoverá la implementación del Sistema Nacional de Revisión Técnica Vehicular, a fin de precautelar la calidad del aire en el territorio nacional.

En cuanto al manejo de la movilidad urbana, la ley trata en el Capítulo III, en el Artículo 224, donde se establece que los gobiernos autónomos municipales deben establecer una red de aceras y pasos peatonales que brinden seguridad vial a los peatones frente a los automotores, las mismas deberán estar debidamente equipadas, señalizadas y libres de obstáculos, garantizando la libre movilidad de los peatones.

Además, la planificación del servicio público de transporte automotor terrestre urbano de pasajeros se trata en el Capítulo IV, en el Artículo 233, donde se establece que la planificación del servicio público de transporte automotor terrestre urbano de pasajeros estará enmarcada en función al crecimiento de la demanda y ordenamiento territorial, reduciendo tiempos de espera y de viaje. Además, se busca disminuir la congestión vial, a través del control de la cantidad de vehículos asignados por ruta y la correspondiente demanda de pasajeros.

En cuanto al manejo de tránsito para la vía, la ley trata en el Capítulo IV, en el Artículo 234, donde se establece que la autoridad competente debe controlar al menos los siguientes aspectos: humano, vehicular y vías, por medio de acciones que contemplen las áreas, normativa, operativa y de control, educativa y equipamiento. Además, se establece la obligatoriedad de la implementación de señalización vial y semáforos en las vías públicas, así como la promoción de la educación vial y la prevención de accidentes de tránsito.

2.1.15. Ley municipal N° 144 de movilidad urbana y transporte

La Ley Municipal de Movilidad Urbana y Transporte de Tarija tiene como objetivo fomentar y promover el uso de la bicicleta como medio de transporte seguro y responsable en el municipio. Para ello, se establecen medidas para planificar y desarrollar el transporte en bicicleta, brindar seguridad vial a los ciclistas y conformar una estructura organizativa del sistema de seguridad vial.

En cuanto al análisis de tráfico vehicular, se establece que el Órgano Ejecutivo Municipal debe elaborar un Plan de Movilidad Sostenible para el uso de la bicicleta en base a un estudio técnico que establezca lineamientos de ordenamiento, educación vial y seguridad. Este plan debe incluir ciclovías u otra infraestructura que dé preferencia al uso de la bicicleta en armonía con el medio ambiente. Este tema se trata en el Capítulo III, en los artículos 15 y 16.

En el Capítulo II, en los artículos 15 y 16 se trata el tema de manejo de movilidad urbana, donde se establecen medidas para implementar programas de educación vial para establecer una cultura del uso de la bicicleta como medio de transporte y esparcimiento, así como para promover y concientizar sobre el uso de implementos de seguridad para el ciclista. También se establecen medidas para controlar, monitorear y garantizar la seguridad en las ciclovías municipales de acuerdo con la reglamentación de la presente ley.

En los puntos 2, 3, 4 y 5, se trata el tránsito para la vía, donde se establecen medidas para brindar seguridad vial a los ciclistas, conformar una estructura organizativa del sistema de seguridad vial y aportar a que la seguridad y educación vial sea parte importante de la cultura ciudadana.

2.1.16. La ley municipal N° 144 ley de modificaciones a la ley municipal N° 117 de movilidad urbana y transporte

La Ley Municipal N° 144 de Tarija sobre modificaciones a la Ley de Movilidad Urbana y Transporte tiene como objetivo reducir la contaminación y el consumo de combustibles fósiles en la ciudad y la provincia Cercado. En cuanto al Programa Municipal de Transporte, se establece que es un instrumento técnico que contiene un diagnóstico de los

problemas de vialidad del Municipio y las medidas estratégicas para la concreción de políticas específicas. Este programa debe ser elaborado y aprobado por la instancia municipal competente y todas las acciones de ejecución deben tener basamento técnico en el referido programa.

En cuanto a la seguridad vial, se establece que el Concejo Municipal de Tarija tiene la responsabilidad de velar por el cumplimiento de los criterios de prestación del servicio, verificar que las tarifas cumplan el procedimiento establecido para su fijación, hacer seguimiento al cumplimiento de los derechos y obligaciones de los usuarios, ciclistas, peatones y conductores, efectuar seguimiento al cumplimiento de los objetivos y las políticas de transporte y tránsito de la presente Ley, verificar si se cumplen los objetivos de protección ambiental del municipio en materia de transporte y tránsito, cooperar al Gobierno Autónomo Municipal, en toda otra implementación de políticas públicas en materia de transporte y tránsito, y proponer la ejecución de obras, en el marco de los instrumentos de planificación del transporte municipales.

2.1.17. Código de Tránsito

El Código de Tránsito de Bolivia fue creado mediante el Decreto Ley N° 10135 el 16 de febrero de 1973. Este código fue sancionado por el entonces presidente de facto, General Hugo Banzer Suárez, junto con varios otros funcionarios de su gobierno. El código fue promulgado para regular el tránsito por las vías terrestres de Bolivia y garantizar una circulación segura y ordenada.

El Código de Tránsito de Bolivia tiene como objetivo principal regular el tránsito por las vías terrestres de la República de Bolivia, que están abiertas a la circulación pública. Esto incluye avenidas, calles, pasajes, autopistas, vías expresas, carreteras, caminos y sendas de circulación pública. Además, establece que el Servicio Nacional de Tránsito, como organismo integrante de la Policía Nacional, es responsable de ejecutar y hacer cumplir las disposiciones del Código.

Por tanto, el objetivo del Código de Tránsito es garantizar la seguridad, eficiencia y orden en la circulación vial, asegurando que todos los usuarios de las vías cumplan con las normativas establecidas para proteger la vida y los bienes de las personas

MARCO REFERENCIAL

El presente estudio sobre el tráfico vehicular en el Distrito 12 de Tarija se fundamenta en una revisión exhaustiva de trabajos relacionados al concepto de congestión vehicular. Estos trabajos aportan valiosos datos y enfoques metodológicos que enriquecen la investigación y proporcionan una base sólida para el análisis y la propuesta de soluciones.

Uno de los trabajos es la tesis de Mendoza Ríos, L. V. (2023), titulada "Estudio de Tráfico y Mejora de Señalización Vial de la Av. Julio Delio Echazú entre Av. Circunvalación y Avenida Jaime Paz Zamora," defendida en la Universidad Católica Boliviana San Pablo. Este estudio aborda la problemática del tráfico en una de las principales arterias de Tarija y se centra en la mejora de la señalización vial para optimizar el flujo vehicular. Los resultados mostraron que la implementación de nuevas señales y la mejora de las existentes pueden reducir significativamente los tiempos de viaje y mejorar la seguridad vial.

Otra referencia importante es el análisis realizado por Verónica Sardiñas Peña (2023) en su tesis "Análisis del Comportamiento de Tráfico Vehicular en la Avenida Petrolera de la Ciudad de Bermejo." Este estudio, también defendido oficialmente, examina el tráfico en la Avenida Petrolera de Bermejo, identificando los principales factores que contribuyen a la congestión vehicular. La investigación incluyó la medición de volúmenes de tráfico, la evaluación de la capacidad vial y la propuesta de medidas correctivas, como la reconfiguración de intersecciones y la implementación de controles de tráfico.

Adriel Alejandro Sosa Gorena (2023) presentó su trabajo titulado "Estudio Tráfico Vehicular Avenida Potosí Prolongación Calle Méndez - Av. Los Membrillos mediante los Parámetros Fundamentales de un Estudio de Tráfico," el cual se centra en la Avenida Potosí y sus intersecciones con la Calle Méndez y la Avenida Los Membrillos. Utilizando parámetros fundamentales como velocidad, volumen y densidad de tráfico, este estudio analiza la capacidad y el nivel de servicio de las vías. Las recomendaciones incluyeron la mejora de la infraestructura vial y ajustes en la señalización para aliviar la congestión.

Además de estas tesis, se consultó el texto didáctico "Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico," elaborado por estudiantes de la

Universidad Mayor de San Simón, Juan Gabriel Tapia Arandia y Romel Daniel Veizaga Balta. Este texto, aunque no es una tesis, es un recurso académico oficial que proporciona una guía completa sobre los conceptos y técnicas de ingeniería de tráfico, ofreciendo una base teórica y práctica para el análisis de la congestión vehicular.

Estas referencias son fundamentales para la presente investigación, ya que permiten identificar patrones comunes en la congestión vehicular y las soluciones propuestas en contextos similares. Por ejemplo, la importancia de una señalización adecuada y el rediseño de intersecciones son temas recurrentes que han demostrado ser efectivos en otros estudios dentro de Tarija. Estos trabajos también destacan la necesidad de un enfoque integral que considere tanto la infraestructura como la gestión del tráfico.

ANÁLISIS DEL APORTE TEÓRICO (POR EL AUTOR)

En el desarrollo de esta investigación, se ha seleccionado un conjunto de respaldos científicos y marcos conceptuales basados en criterios de relevancia, pertinencia y aplicabilidad al estudio del tráfico vehicular en el Distrito 12 de Tarija. La selección de estos autores y sus obras se realizó considerando su contribución específica al campo de la ingeniería de tráfico y la movilidad urbana.

2.1.18. Criterios de Selección y Categoría de Importancia

A continuación, vemos criterios de selección para el marco conceptual.

2.1.18.1. Relevancia Académica y Científica

Pudimos seleccionar teoría sobre Cal y Mayor y Cárdenas (2018) que ofrecen fundamentos y aplicaciones prácticas directamente aplicables al análisis de la capacidad y niveles de servicio en las vías del Distrito 12. Valderrama Soto (2022) presenta metodologías útiles para el análisis de capacidad y niveles de servicio con alternativas de solución para mejorar el flujo vehicular.

2.1.18.2. Aplicabilidad Práctica y Contextualización

Cárdenas Capcha (2018) aporta una perspectiva crucial sobre el deterioro de las infraestructuras viales bajo condiciones de tráfico pesado. Mejía Regalado (2017) propone soluciones integrales al congestionamiento vehicular en Cuenca, ofreciendo un enfoque

práctico para el diseño de soluciones específicas para problemas de congestión similares en Tarija. Mamani Limachi (2022) proporciona ejemplos concretos de medidas que pueden ser adaptadas a nuestro contexto.

2.1.19. Selección de Normativas

La selección de normativas se basó en su relevancia para las características específicas del estudio y su aplicabilidad a la problemática del tráfico vehicular en Tarija. Las normativas utilizadas incluyen la Constitución Política del Estado, que proporciona el marco general para las competencias y atribuciones en materia de transporte; la Ley N° 031 Marco de Autonomías "Andrés Bólvares", que establece las competencias exclusivas para la planificación y gestión del transporte a nivel municipal; la Ley N° 482 de Gobiernos Autónomos y Municipalidades, que regula la estructura y funcionamiento de los gobiernos municipales, incluyendo la movilidad urbana y el transporte público; la Ley N° 165 General de Transporte, que proporciona directrices para la gestión del tráfico vehicular, la movilidad urbana y el manejo del tránsito; y las Leyes Municipales N° 117 y N° 144, que fomentan el uso sostenible de medios de transporte y establecen medidas específicas para la planificación y mejora de la movilidad urbana en Tarija.

Cada normativa seleccionada cumple un rol específico en el análisis exhaustivo del tráfico vehicular, desde el nivel macro (Constitución Política del Estado) hasta las directrices locales específicas (Ley Municipal N° 144). La consideración ponderada de estas normativas asegura un enfoque integral y riguroso en el estudio, garantizando la aplicabilidad de las recomendaciones propuestas.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLOGICO Y

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

3. APLICACIÓN METODOLÓGICA DE UN ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Unidad De Muestra; Población Y Muestra

Unidad elemental de muestra: Son las intersecciones del circuito vehicular.

Población: La población son todas las intersecciones de estudio con una población finita de 38 intersecciones en ambos carriles de entrada y salida.

Muestra: La muestra será las intersecciones analizadas

3.1.2. Muestra

La muestra de nuestro estudio es una pequeña parte de la población identificada, específicamente la muestra que será objeto de nuestra medición son la cantidad de vehículos que circulan o ingresan al circuito de transporte del distrito 12 clasificadas de la siguiente manera:

- Vehículos livianos: Automóviles, vagonetas de transporte público y privado jeeps y camionetas
- Vehículos medianos: Vagonetas grandes y micros
- Vehículos pesados: Camiones, volvos y vehículos de recreo

3.1.3. Método y técnicas empleadas

Se realizará el conteo manual de los vehículos que ingresaran en el circuito de transporte del distrito 12, en cada una de las intersecciones, clasificándolas de acuerdo al tipo de vehículo que este sea (liviano, mediano, pesado) y las maniobras que estas realicen si giran a la izquierda si giran a la derecha o si estos siguen de frente todo dentro del área estudiada, las intersecciones a aforar son:

- ❖ Intersección N°1 Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo
- ❖ Intersección N°2 Av. General Martin Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto
- ❖ Intersección N°3 Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre
- ❖ Intersección N°4 Av. General Martin Miguel de Güemes – Av. Los Callejones
- ❖ Intersección N°5 Av. Los Callejones – Av. Los Sauces
- ❖ Intersección N°6 Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas

- ❖ Intersección N°7 Av. Los Sauces – Calle Sucre
- ❖ Intersección N°8 Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas
- ❖ Intersección N°9 Av. Los Sauces - Av. Héroes de la Independencia
- ❖ Intersección N°10 Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto
- ❖ Intersección N°11 Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo
- ❖ Intersección N°12 Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales

El enfoque cuantitativo de este estudio se basa en la recolección y análisis de datos numéricos para comprender y solucionar problemas específicos relacionados con el tráfico en el Distrito 12. Este método consta de varios pasos esenciales:

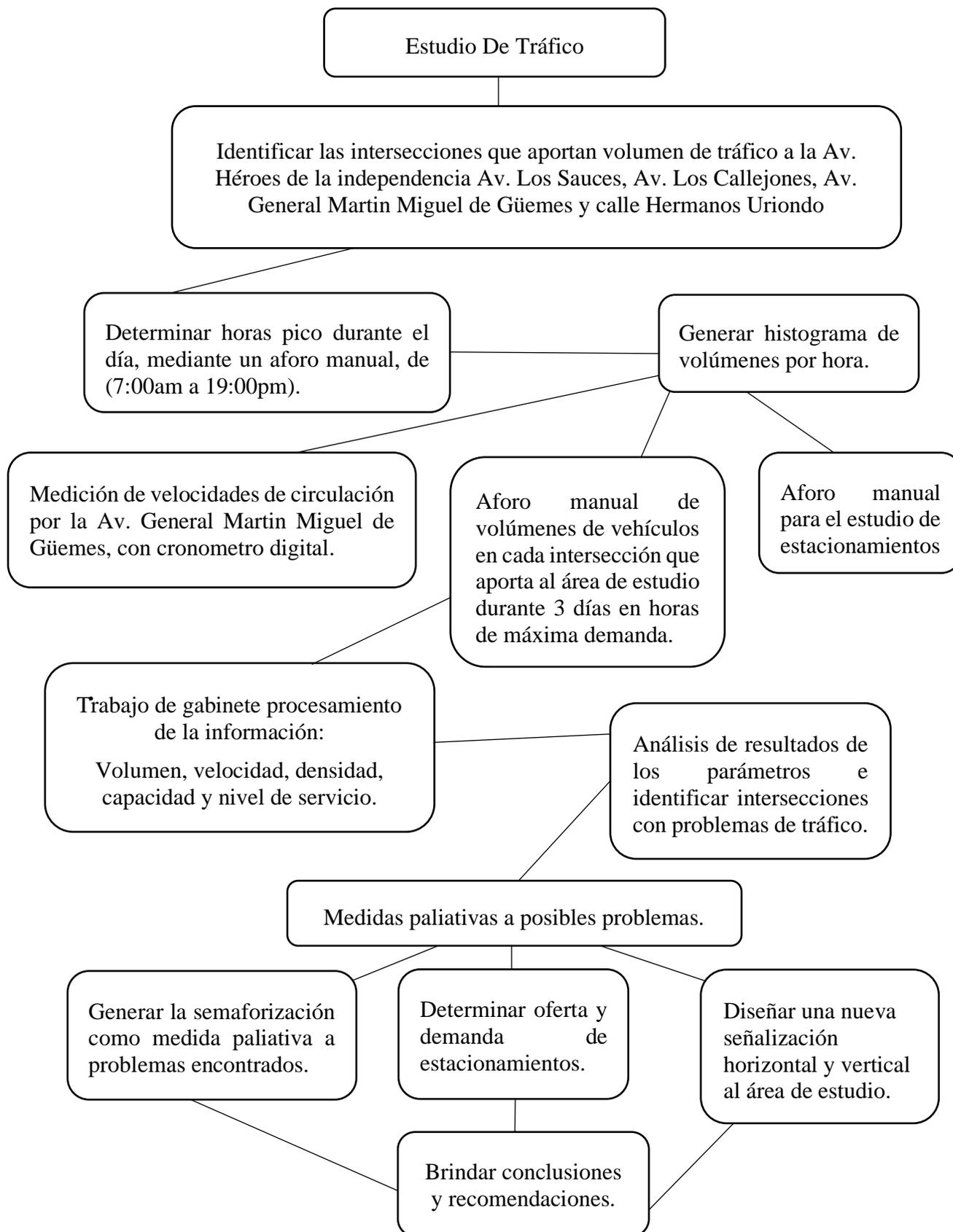
- **Observación Inicial y Definición del Problema:** Comenzamos con la identificación del problema específico del tráfico en el circuito de transporte del Distrito 12 y sus intersecciones. Esta etapa implica una observación preliminar que nos proporciona una comprensión básica de la situación actual.
- **Recolección de Datos Cuantitativos:** Se lleva a cabo un registro sistemático de datos cuantitativos relacionados con el tráfico, como el volumen de vehículos, la velocidad promedio, los tiempos de espera en las intersecciones, y la frecuencia de congestión. Los datos se recopilan mediante técnicas como el conteo de vehículos, estudios de tiempo de viaje y encuestas estructuradas.
- **Análisis Estadístico de los Datos:** Utilizamos métodos estadísticos para analizar los datos recolectados, identificando patrones y tendencias significativas. Este análisis permite establecer relaciones entre diferentes variables y comprender el impacto del tráfico en las intersecciones estudiadas.
- **Propuesta de Soluciones Basadas en Evidencia:** A partir del análisis de datos, desarrollamos y probamos soluciones potenciales mediante simulaciones y modelos matemáticos. Estas soluciones se ajustan según los resultados obtenidos para optimizar el flujo vehicular.
- **Validación de la hipótesis:** Se realiza una validación de las propuestas o de la hipótesis mediante una prueba de hipótesis.

Este proceso organizado y cuantitativo permite abordar los problemas de tráfico de manera objetiva y basada en datos, facilitando la identificación de las mejores estrategias para

mejorar el flujo vehicular en el Distrito 12 y sus intersecciones. Las soluciones propuestas beneficiarán a la comunidad al optimizar la calidad del transporte en la zona.

En nuestro caso, la experimentación se aplicará para plantear alternativas de solución basadas en los resultados del análisis de datos. Estas alternativas serán evaluadas y seleccionadas de acuerdo con su efectividad demostrada a través de métodos cuantitativos rigurosos, beneficiando así a la comunidad y mejorando la calidad del transporte en la zona.

En nuestro caso, el análisis de la situación de estudio se aplicará para plantear alternativas de solución basadas en los resultados del análisis de datos. Estas alternativas serán evaluadas y seleccionadas de acuerdo con su efectividad demostrada a través de métodos cuantitativos rigurosos.



3.2.ZONA DE ESTUDIO

El estudio de tráfico fue realizado en la ciudad de Tarija, conformado por un circuito de tráfico que conforma las avenidas principales que son:

- Avenida Héroes De La Independencia
- Avenida Los Sauces
- Avenida Los Callejones
- Avenida General Martín Miguel De Güemes
- Calle Hermanos Uriondo

Este circuito cuenta con avenidas de doble vía y presenta intersecciones críticas que se tomó en cuenta para hacer el respectivo estudio de tráfico. La primera ubicada en el puente san martín, la segunda en la construcción del nuevo puente 4 de julio, la tercera en el puente bicentenario y la cuarta en la bajada del mirador héroes de la independencia.

Imagen 21. Área de estudio



Fuente: Captura de Google Earth

Imagen 22. Intersecciones criticas



Fuente: Captura de Google Earth

El departamento de Tarija al igual que todas las ciudades del mundo se enfrentan directamente a serios problemas de tráfico vehicular que son parte del vivir de los individuos y de su desempeño en la sociedad; la ciudad de Tarija convive con este gran inconveniente, el cual se va incrementando el crecimiento urbano, como también el parque automotriz se incrementa, hace que se tenga que realizar estudios de tráfico en sus avenidas.

3.2.1. Características del área de estudio

El circuito de estudio comprende 3 avenidas principales que serían la Avenida general martín miguel de Güemes, avenida héroes de la independencia y avenida los sauces

- **Avenida Héroes De La Independencia.** – una avenida bastante antigua que une dos distritos que son el distrito 12 y el distrito 13 de la ciudad de Tarija. El comercio se desarrolla de manera normal ya que en esta avenida cuenta con negocios que ofrecen productos para la canasta familiar, así también existe el negocio de venta de ropa, servicios técnicos, estaciones de servicio, entre otros para el uso diario.

Imagen 23. Estación de Servicios Tarija S.R.L



Fuente: Imagen de Google

- **Avenida Los Sauces.** – una avenida que tuvo su apertura hace un par de años con el fin de ampliar la construcción en este sector, actualmente una avenida que cuenta con todos los servicios básicos. A la apertura de esta avenida se dio la construcción de un ambiente de formación académica conocida como la

Universidad Privada Domingo Savio que alberga una gran cantidad de personas tanto universitarios como plantel administrativo, así también es una avenida con elevado flujo vehicular ya que en ella se puede encontrar centros de salud y estéticos, complejos deportivos, estaciones de servicio entre otros que generan movimiento vehicular.

Imagen 24. Universidad Privada Domingo Savio



Fuente: Imágenes de Google

- **Avenida General Martin Miguel De Güemes.** – o también conocida como “Avenida la Banda”, la cual fue inaugurada el 4 de julio del 2012. La avenida La Banda, vincula el puente San Martin con el puente Peregrino en una superficie que supera los 1.400 metros, cuenta con dos carriles, señalización vertical y horizontal, alumbrado y obras de drenaje, descongestionando de esta forma el tráfico vehicular en esta parte de la ciudad. En la actualidad esta avenida fue ampliada hasta la zona de San Blas pasando por Miraflores en la parte sur y hacia el norte pasa el barrio San Martin, Aranjuez hasta llegar a Obrajes.

Esta avenida La Banda tiene como fin para descongestionar el tráfico vehicular de la avenida Jaime Paz como también la zona del Puente San Martín ya que en esa zona es muy congestionada en sus horas picos debido a que es una zona muy comercial y cuenta con establecimientos de formación académica como es la Universidad Privada Domingo Savio y el Instituto Técnico Domingo Savio. De

esta manera la avenida la Banda está ayudando bastante a solucionar este tipo de problema que se ocasionaba en esta zona.

Imagen 25. Mercado San Martin



Fuente: Imagen de Google

3.3.RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Mediante el aforo manual se procedió a recolectar la información necesaria para realizar el estudio de tráfico. Inicialmente se identificó las características de las intersecciones, donde se realizarán los aforos correspondientes, tomando en cuenta el ancho de los accesos, el número de accesos, los tipos de vehículos que circulan por la zona y si estas intersecciones presentan paradas de buses.

INTERSECCIÓN I: PUENTE SAN MARTIN - AV. GENERAL MARTIN MIGUEL DE GUEMES

Esta intersección cuenta con:

➤ Coordenadas:

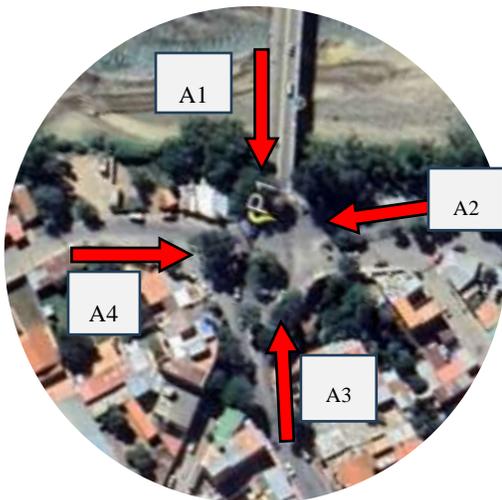
UTM: 319569.00 m E; 7617856.00 m S

GMS: -21.533145°; -64.742079°

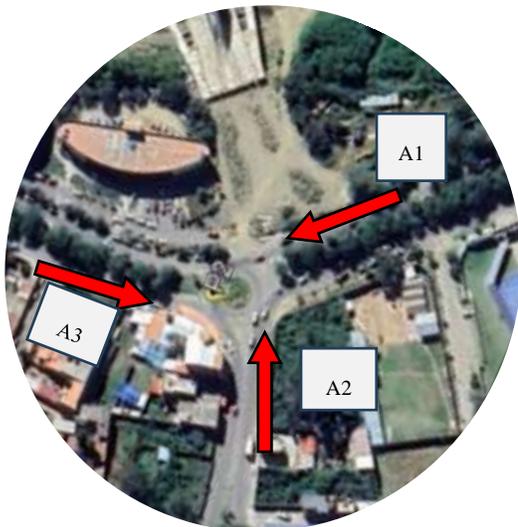
➤ 4 accesos

➤ Acceso 1 cuenta con parada de micros antes de la intersección

➤ Acceso 3 cuenta con parada de micros



INTERSECCIÓN II: AV. GENERAL MARTIN MIGUEL DE GUEMES – PJE. 6 DE AGOSTO

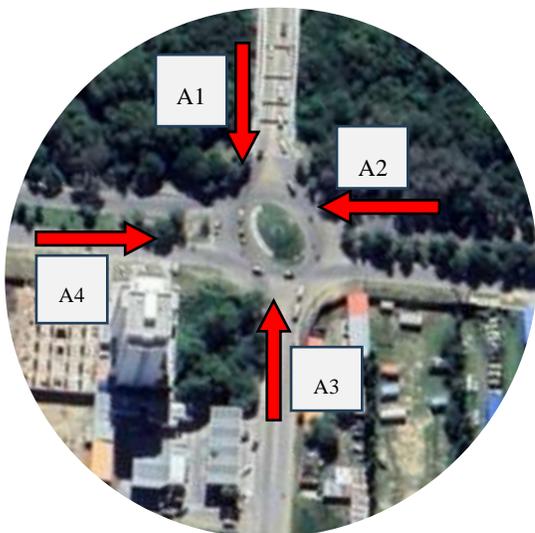


Fuente: Elaboración propia

Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
 - UTM: 319607.00 m E; 7617569.00 m S
 - GMS: -21.535706°; -64.741219°
- 3 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros
- Doble carril
- Jardinera en el medio

INTERSECCIÓN III: AV. GENERAL MARTIN MIGUEL DE GUEMES - C. SUCRE

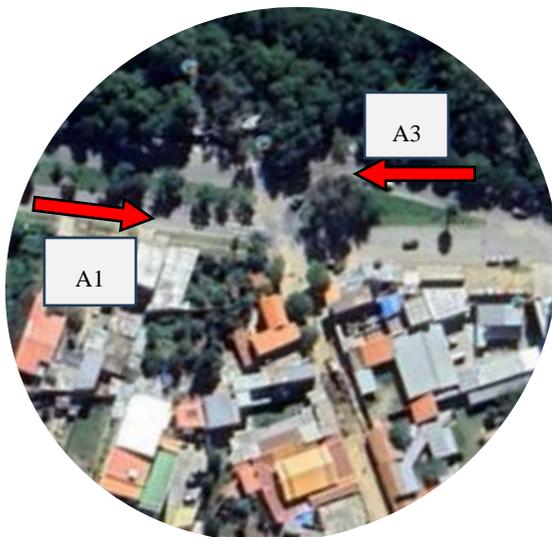


Fuente: Elaboración propia

Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
 - UTM: 320126.00 m E; 7617100.00 m S
 - GMS: -21.539615°; -64.736339°
- 4 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros
- Doble carril
- Jardinera en el medio

INTERSECCIÓN IV: AV. GENERAL MARTIN MIGUEL DE GUEMES – AV. LOS CALLEJONES

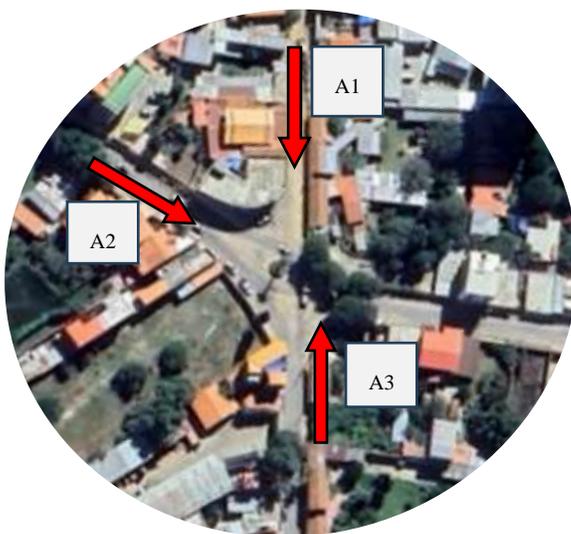


Fuente: Elaboración propia

Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 320427.00 m E; 7616830.00 m S
GMS: -21.542360°; -64.733949°
- 2 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros
- Doble carril
- Jardinera en el medio

INTERSECCIÓN V: AV. LOS CALLEJONES – AV. LOS SAUCES

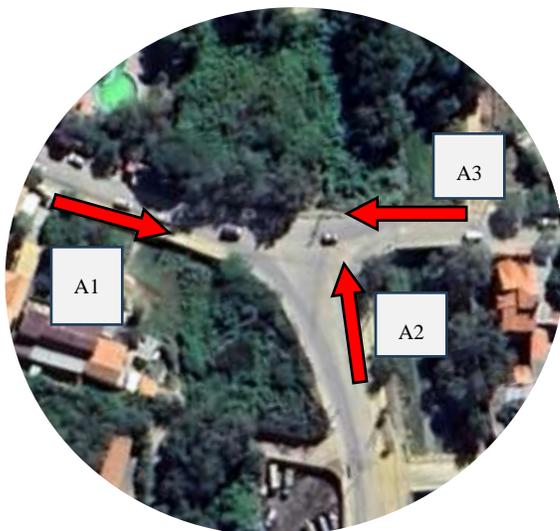


Fuente: Elaboración propia

Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 320402.00 m E; 7616714.00 m S
GMS: -21.543132°; -64.734073°
- 3 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros
- Doble carril
- Jardinera en el medio

INTERSECCIÓN VI: AV. LOS SAUCES – AV. OSCAR VARGAS

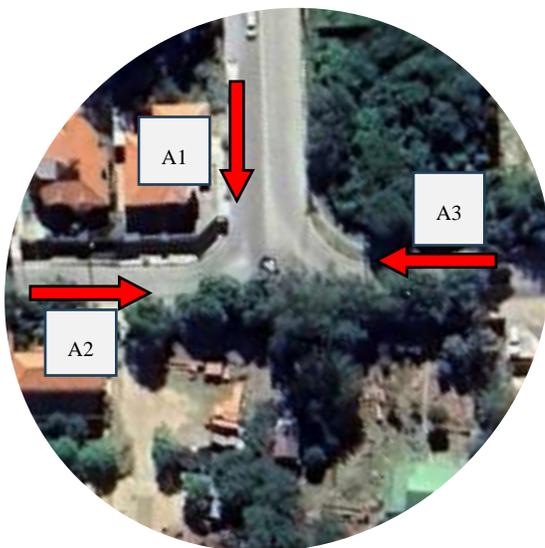


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 320125.00 m E; 7616861.00 m S
GMS: -21.541790°; -64.736078°
- 3 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN VII: AV. LOS SAUCES – C. SUCRE

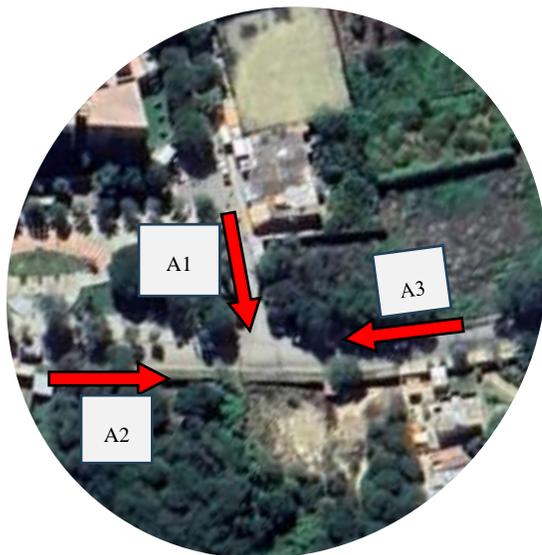


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 320007.00 m E; 7616959.00 m S
GMS: -21.541156°; -64.738210°
- 3 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN VIII: AV. LOS SAUCES – C. FABIAN RUIZ HERBAS

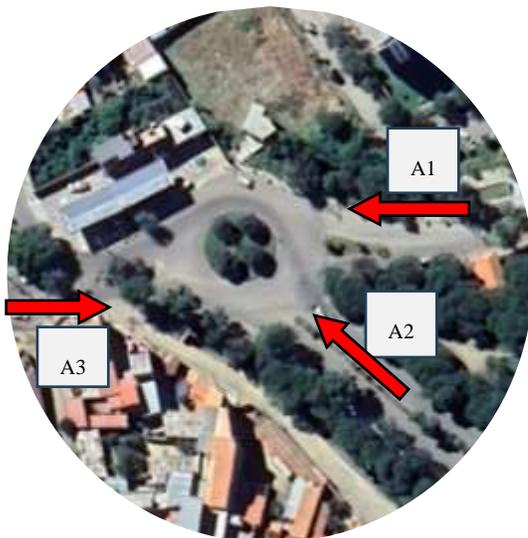


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 319583.00 m E; 7617312.00 m S
GMS: -21.537875°; -64.741330°
- 3 accesos
- Esta intersección no cuenta con parada de micros

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN IX: AV. LOS SAUCES – AV. HÉROES DE LA INDEPENDENCIA

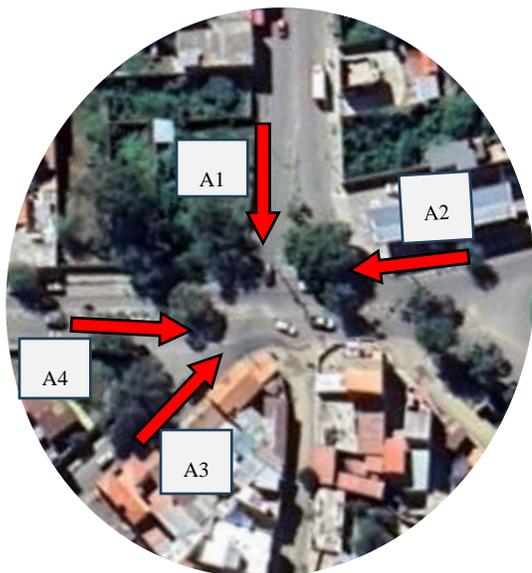


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 319525.00 m E; 7617469.00 m S
GMS: -21.536346°; -64.740187°
- 3 accesos
- Esta intersección cuenta con parada de micros de la línea 5,6,11,D.

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN X: AV. HÉROES DE LA INDEPENDENCIA – PJE. 6 DE AGOSTO

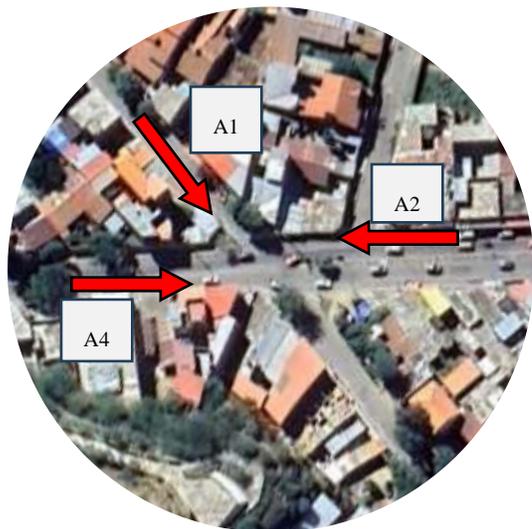


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 319506.00 m E; 7617536.00 m S
GMS: -21.535189°; -64.740706°
- 4 accesos
- Esta intersección cuenta con parada de micros de la línea 5,6,11,D. En los accesos 2 y 4.

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN XI: AV. HÉROES DE LA INDEPENDENCIA – C. 25 DE MAYO

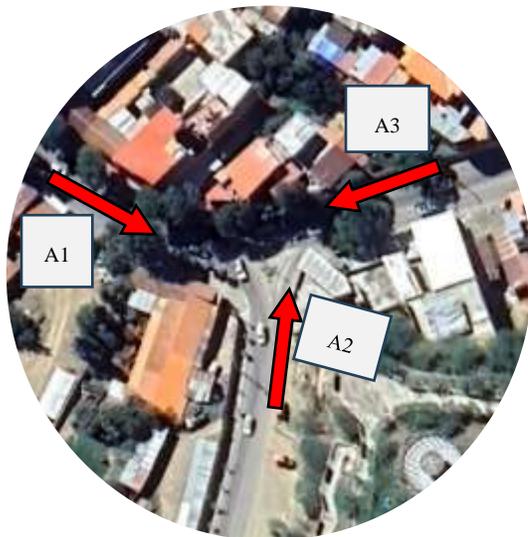


Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 319470.00 m E; 7617664.00 m S
GMS: -21.534183°; -64.741662°
- 3 accesos
- Esta intersección cuenta con parada de micros de la línea 5,6,11,D. En el acceso 2.

Fuente: Elaboración propia

INTERSECCIÓN XII: AV. HÉROES DE LA INDEPENDENCIA – AV. LOS PARRALES



Esta intersección cuenta con:

- Coordenadas:
UTM: 319442.00 m E; 7617741.00 m S
GMS: -21.533145°; -64.742079°
- 3 accesos
- Esta intersección cuenta con parada de micros de la línea 5,6,D. En el acceso 1.

Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Aforo para determinar horas pico en el día

La metodología aplicada para la recolección de datos será la norma AASHTO, la cual nos indica que la información de volumen vehicular en horas pico es la información más crítica que representa la situación del tráfico vehicular en cualquier zona de estudio por ende se procedió a realizar el aforo manual de vehículos que circulan por el área del circuito delimitado, durante un periodo de 12 horas continuas, comenzando a las 7:00am y terminando a horas 19:00pm del día.

La duración de esta investigación tuvo un tiempo de realización de 4 días, puesto que los puntos involucrados fueron 4:

- PUNTO 1. – Av. General Martin Miguel De Güemes, altura de la gruta de la Virgen de Chaguaya.
Coordenadas UTM: 320427.00 m E; 7616830.00 m S
Coordenadas GMS: -21.542360°; -64.733949°
- PUNTO 2. – Av. Héroes de la Independencia
Coordenadas UTM: 319454.26 m E; 7617783.10 m S
Coordenadas GMS: -21.533414°; -64.742450°

- PUNTO 3. – Av. Los Sauces
Coordenadas UTM: 320087.42 m E; 7616880.03 m S
Coordenadas GMS: -21.541696°; -64.736818°
- PUNTO 4. – Av. Los Sauces altura de la Universidad Privada Domingo Savio
Coordenadas UTM: 319552.39 m E; 7617349.19 m S
Coordenadas GMS: -21.537477°; -64.741977°

Donde la fecha de inicio fue 12/03/2024 y culmino el 15/03/2024, a continuación, se muestra un resumen de la información levantada y las conclusiones a las que llegamos.

Tabla 16. Resultado de horas pico del circuito de estudio

HORA	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
07:00-08:00	1173	1605	879	1312
08:00-09:00	936	1596	864	982
09:00-10:00	739	1273	790	703
10:00-11:00	711	1288	783	1153
11:00-12:00	800	1455	761	1162
12:00-13:00	922	1752	915	1424
13:00-14:00	499	1657	882	1193
14:00-15:00	579	1601	814	1108
15:00-16:00	577	1613	961	1119
16:00-17:00	570	1651	773	930
17:00-18:00	692	1734	810	1080
18:00-19:00	995	2508	1120	1388

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el circuito de la Av. General Martin Miguel De Güemes, Av. Héroes de la independencia, presenta casi una homogeneidad en cuanto a sus horas pico.

Por la mañana en horas 7:00 a 8:00 am, periodo donde se puede presenciar el mayor movimiento de flujo de vehículos debido al ingreso del personal a sus diferentes fuentes de trabajo, el ingreso a las diferentes unidades educativas instituciones de formación académica.

Por el medio día se observó que los puntos analizados indican que la hora pico se presenta durante las 12:00 a 13:00 pm tiempo en el cual se ve gran Cantidad de flujo vehicular y por ende la generación de conflictos en su circulación.

Durante la tarde se tiene fijada la hora pico que presenta este circuito la cual comenzaría a las 18:00 a 19:00pm, horario habitual donde coinciden en fin de las actividades del día como ser salidas de colegio, instituciones de formación académica y fin de jornada laboral.

Imagen 26. Horas pico por punto designado



Fuente: Elaboración propia

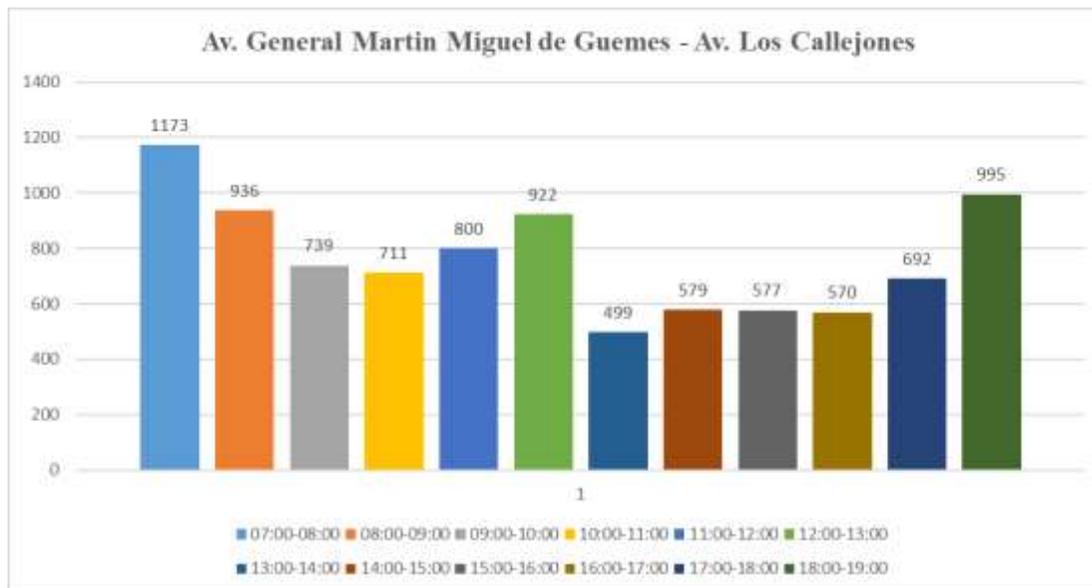
A continuación, se muestra las horas pico que representa cada punto:

Tabla 17. Volumen vehicular Av. G. M. Miguel De Güemes – Av. Los Callejones

PUNTO 1	
HORA	Vol.
07:00-08:00	1173
08:00-09:00	936
09:00-10:00	739
10:00-11:00	711
11:00-12:00	800
12:00-13:00	922
13:00-14:00	499
14:00-15:00	579
15:00-16:00	577
16:00-17:00	570
17:00-18:00	692
18:00-19:00	995

Fuente: Elaboración propia

Imagen 27. Histograma de volumen Punto 1



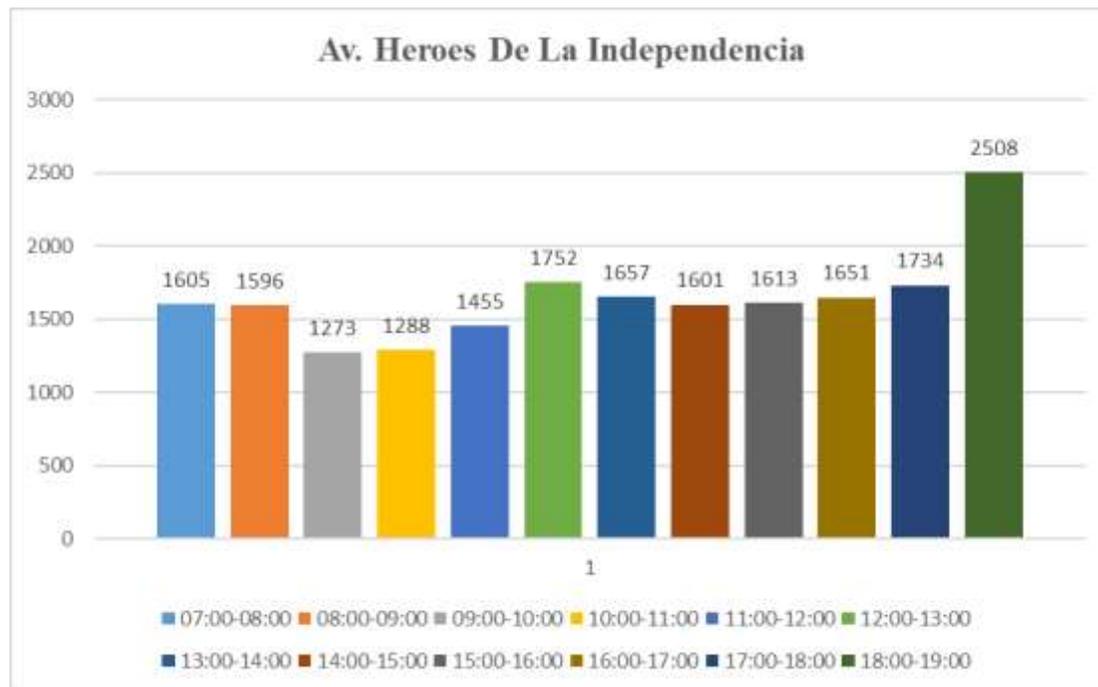
Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Volumen vehicular Av. Héroes de la Independencia

PUNTO 2	
HORA	Vol.
07:00-08:00	1605
08:00-09:00	1596
09:00-10:00	1273
10:00-11:00	1288
11:00-12:00	1455
12:00-13:00	1752
13:00-14:00	1657
14:00-15:00	1601
15:00-16:00	1613
16:00-17:00	1651
17:00-18:00	1734
18:00-19:00	2508

Fuente: Elaboración propia

Imagen 28. Histograma de volumen Punto 2



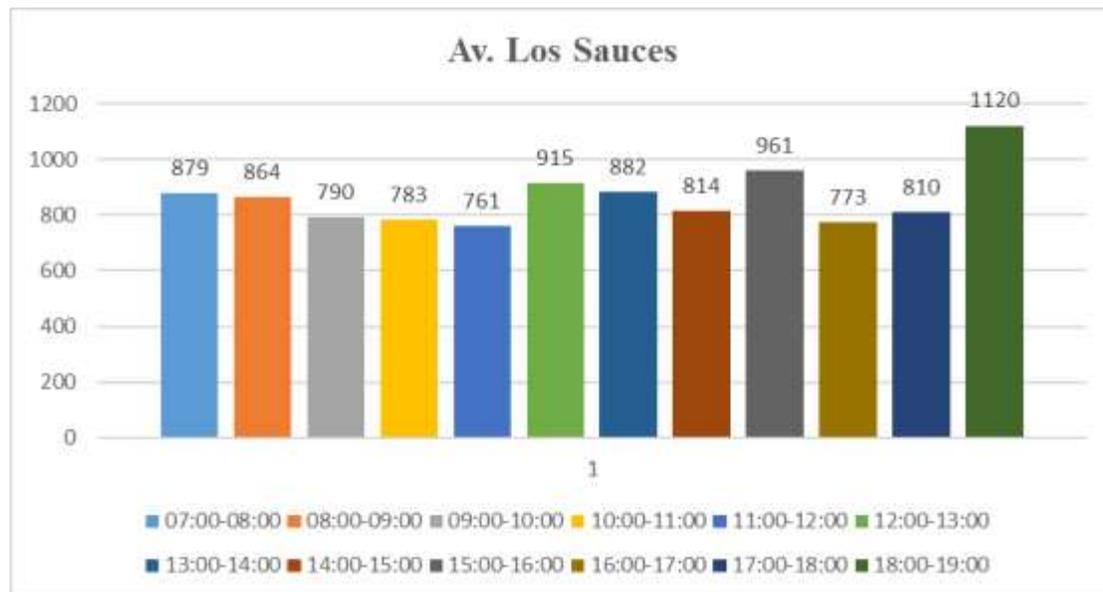
Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Volumen vehicular Av. Los Sauces

PUNTO 3	
HORA	Vol.
07:00-08:00	879
08:00-09:00	864
09:00-10:00	790
10:00-11:00	783
11:00-12:00	761
12:00-13:00	915
13:00-14:00	882
14:00-15:00	814
15:00-16:00	961
16:00-17:00	773
17:00-18:00	810
18:00-19:00	1120

Fuente: Elaboración propia

Imagen 29. Histograma de volumen Punto 3



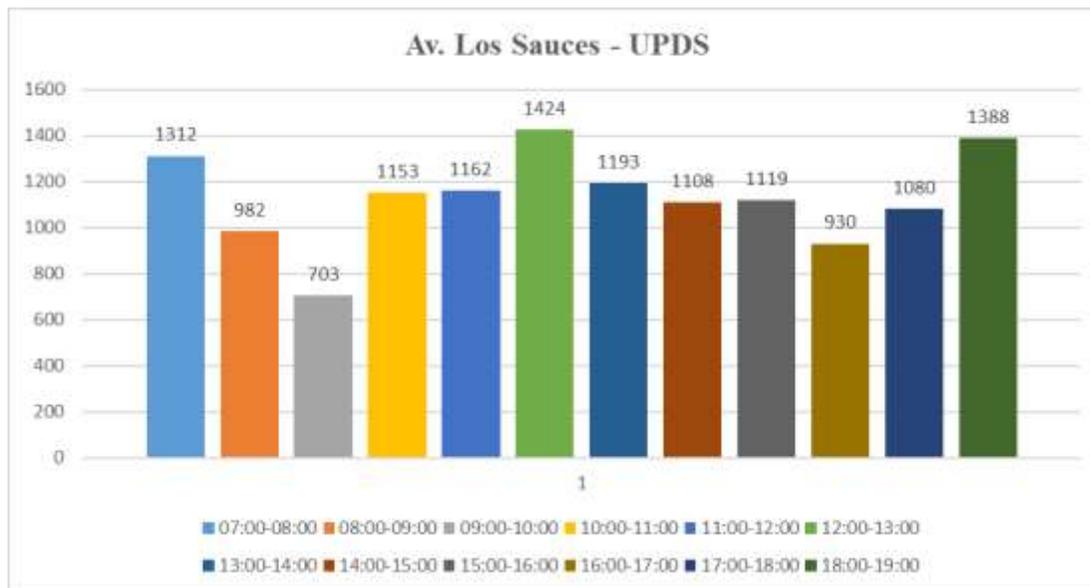
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Volumen vehicular Av. Los Sauces – UPDS

PUNTO 4	
HORA	Vol.
07:00-08:00	1312
08:00-09:00	982
09:00-10:00	703
10:00-11:00	1153
11:00-12:00	1162
12:00-13:00	1424
13:00-14:00	1193
14:00-15:00	1108
15:00-16:00	1119
16:00-17:00	930
17:00-18:00	1080
18:00-19:00	1388

Fuente: Elaboración propia

Imagen 30. Histograma de volumen Punto 4



Fuente: Elaboración propia

A más detalle del aforo de las 12 horas de los cuatro puntos se encuentra en el anexo II.

3.3.2. Aforo de vehículos en horas pico por accesos

Siguiendo la metodología AASHTO, la cual nos indica que conociendo las horas de máxima demanda es decir las horas pico, se puede realizar el aforo de volumen de tráfico vehicular en estos periodos donde se espera que los datos sean los más críticos del día con los cuales se desarrolla el cálculo para determinar parámetros como la capacidad, nivel de servicio.

Para el aforo de volúmenes se procedió a aforar de la siguiente manera:

Tabla 21. Cronograma de aforamiento

INTERSECCION	LUNES	MARTES 7:00 - 8:00 12:00 - 13:00 18:00 - 19:00	MIÉRCOLE	JUEVES 7:00 - 8:00 12:00 - 13:00 18:00 - 19:00	VIERNES	SABADO 7:00 - 8:00 12:00 - 13:00 18:00 - 19:00	DOMINGO
INTERSECCION 1		X		X		X	
INTERSECCION 2		X		X		X	
INTERSECCION 3		X		X		X	
INTERSECCION 4		X		X		X	
INTERSECCION 5		X		X		X	
INTERSECCION 6		X		X		X	
INTERSECCION 7		X		X		X	
INTERSECCION 8		X		X		X	
INTERSECCION 9		X		X		X	
INTERSECCION 10		X		X		X	
INTERSECCION 11		X		X		X	
INTERSECCION 12		X		X		X	

Fuente: Elaboración propia

Todos los aforos se los realizo tomando en cuenta el tipo de vehículo y las maniobras que realiza.

La fecha de inicio del aforo de volúmenes en las horas de máxima demanda fue el 19/03/2024 y culmino el 13/04/2024.

A continuación, se presenta una muestra de los datos levantados de la Intersección I en horas 7:00 a 8:00 am, dejando los datos de aforo vehicular en horas pico en el anexo III.

Tabla 22. Hoja de aforo de volumen Intersección I

MARTES 19/03/2024							
INTERSECCION I							
Aforo Vehicular Av. General Martin Miguel De Guemes							
Acceso 1	Hora: 7:00 - 8:00			Calle: Ingreso Puente San Martin (E-O)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	72	16	200	15	4	122	693
Mediano	0	0	48	16	0	80	
Pesado	0	0	0	0	0	0	
Motos	0	0	0	0	54	66	
Acceso 2	Hora: 7:00 - 8:00			Calle: Hermanos Uriondo (S-N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	40	180	24	24	180	32	672
Mediano	0	0	0	0	72	8	
Pesado	0	0	0	0	0	0	
Motos	0	0	0	28	52	32	
Acceso 3	Hora: 7:00 - 8:00			Avenida: Heroes De La Independencia (O-E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	12	100	204	8	80	208	942
Mediano	0	0	64	0	12	36	
Pesado	0	0	0	0	4	0	
Motos	0	0	0	18	88	108	
Acceso 4	Hora: 7:00 - 8:00			Avenida: Angel Baldivezo (N-S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	52	24	16	48	32	20	348
Mediano	0	0	0	0	0	0	
Pesado	0	0	0	0	0	0	
Motos	0	0	0	44	64	48	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Hoja de aforo de volumen Intersección II

MARTES 19/03/2024							
INTERSECCION II							
Aforo Vehicular Av. General Martin Miguel De Guemes							
Acceso 1	Hora: 7:00 - 8:00			Avenida: General Martin Miguel De Guemes (S-N)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	244	0	204	124	0	196	1121
Mediano	0	0	0	56	0	72	
Pesado	0	0	0	11	0	2	
Motos	0	0	0	96	0	116	
Acceso 2	Hora: 7:00 - 8:00			Calle: Pasaje 6 de agosto (O-E)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	112	124	0	192	204	0	1039
Mediano	0	0	0	84	64	0	
Pesado	0	0	0	2	9	0	
Motos	0	0	0	136	112	0	
Acceso 3	Hora: 7:00 - 8:00			Calle: Hermanos Uriondo (N-S)			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	0	108	76	0	168	196	896
Mediano	0	0	0	0	52	72	
Pesado	0	0	0	0	0	0	
Motos	0	0	0	0	120	104	
Acceso 4	Hora: 7:00 - 8:00			Calle:			
	Vehículos públicos			Vehículos privados			Volumen
	Giro izq.	Giro der.	Frente	Giro izq.	Giro der.	Frente	Acceso
Liviano	0	0	0	0	0	0	0
Mediano	0	0	0	0	0	0	
Pesado	0	0	0	0	0	0	
Motos	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Velocidades de circulación vehicular

Para poder lograr un buen estudio de velocidades, se procedió de la siguiente manera:

- Se realizó la medición en las horas pico con mayor demanda vehicular durante el medio día de 12:00 a 14:00 pm y por la tarde de 18:00 a 20:00pm, un lapso de horas.
- Se realizó la medición de 3 tipos de velocidades, la velocidad de punto, velocidad de crucero y la velocidad de recorrido total o también conocida como velocidad de viaje.

Velocidad de punto. – para la determinación de la velocidad de punto se tomó como medida una distancia de 25 metros y se observó que el flujo sea libre y sin obstáculos.

$$Vel. Punto = \frac{D(m)}{T(s)}$$

Velocidad de crucero. – es la velocidad ideal que debería tener un vehículo que se desplaza de un tramo a otro, para el cálculo de este tipo de velocidad se toma en cuenta solo el tiempo de circulación del vehículo.

$$Vel. Crucero = \frac{D(m)}{Tc(s)}$$

Velocidad de recorrido total. – o velocidad de viaje, es la velocidad con la que se desplaza un vehículo desde un punto a otro contemplando los tiempos en el cual el vehículo se encuentra en circulación y también los tiempos en el cual el vehículo se encuentra detenido.

$$Vel. Recorrido total = \frac{D(m)}{Tc(s) + Td(s)}$$

Donde:

Tc= tiempo de circulación (s)

Td= tiempo de demora (s)

D= distancia (m)

La velocidad de recorrido total se lo realizó en las avenidas principales que sería Av. General Martín Miguel de Güemes, Av. Los Sauces y Av. Héroes de la independencia.

Todo el estudio tuvo un tiempo de una semana, comenzando el día 22/04/2024 y culminando 27/04/2024.

3.4. TRABAJO DE GABINETE

3.4.1. Determinación parámetro volumen

En la tabla anterior se pudo observar que se tiene 9 datos del aforo realizado en una semana, los mismos que serán evaluados estadísticamente para reducir el error en la misma y volverla más homogénea para el continuo uso de la misma.

Primeramente, se realizará la obtención del volumen medio de los 9 datos de la intersección 1:

Media aritmética:

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

$$\bar{X} = \frac{693 + 812 + 864 + 662 + 902 + 924 + 559 + 537 + 753}{9} = \frac{6706}{9}$$

$$\bar{X} = 745 \text{ veh/hr}$$

Para el acceso 1 se obtuvo una media de 745.11 vehículos por hora esto en relación a los 9 datos obtenidos en una semana, la media nos servirá para poder homogenizar la información con ayuda de otro parámetro estadístico.

Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(693 - 745)^2 + (812 - 745)^2 + (864 - 745)^2 + \dots + (753 - 745)^2}{9}}$$

$$\sigma = 143$$

La desviación estándar nos ayudara a poder ver que tan dispersos están nuestros valores de los aforos obtenidos, así mismo poder identificar los valores que salgan del rango permitido que a continuación calcularemos.

Rango o limites:

$$Lim_{Max} = \bar{X} + \sigma = 745 + 143 = 888veh/hr$$

$$Lim_{Min} = \bar{X} - \sigma = 745 - 143 = 602veh/hr$$

Los datos que se encuentran fuera de nuestros límites establecidos anterior mente para la intersección I acceso 1 serán depurados y se obtendrá un volumen final del acceso con los datos que se encuentren dentro de nuestro rango calculado.

Volumen acceso 1, perteneciente a la intersección I será: **946veh/hr.**

De la misma manera se procede a realizar el análisis y depuración de los volúmenes finales de los demás accesos y las demás intersecciones encontrándolos en el anexo IV.

A continuación, se mostrará los volúmenes de los accesos de las intersecciones I-II-III y IV.

Tabla 24. Análisis y depurado de volumen de la intersección I

			Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)																
			Intersección I				Intersección II				Intersección III				Intersección IV				
			Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	
Ing. Puente San Martín (E-O)	C. Hermanos Uriondo (S-N)	Av. Héroes De La Independencia (O-E)	Av. Angel Baldiviezo (N-S)	Av. General Martín Miguel De Guemes (S-N)	Pasaje 6 de agosto (O-E)	C. Hermanos Uriondo (N-S)		C. Sucre (N-S)	Av. General Martín Miguel De Guemes (E-O)	C. Sucre (S-N)	Av. General Martín Miguel De Guemes (O-E)	Av. General Martín Miguel De Guemes (O-E)		Av. General Martín Miguel De Guemes (E-O)					
S E M A N A I	Martes 19/03/24	Mañana	693	672	942	348	1121	1039	896	0	1208	956	1472	1584	972	0	1182	0	
		Medio día	812	574	992	339	1042	1088	867	0	1358	1228	1240	1200	1134	0	1800	0	
		Noche	864	592	938	492	1044	988	965	0	1184	1080	892	1212	838	0	1512	0	
	Jueves 21/03/24	Mañana	662	614	970	391	1184	1112	992	0	1340	1150	1540	1692	738	0	956	0	
		Medio día	902	626	1054	410	1076	1164	944	0	1416	1324	1313	1108	644	0	1076	0	
		Noche	924	656	1012	536	1136	1104	1037	0	1254	906	1242	1144	564	0	784	0	
	Domingo 24/03/24	Mañana	559	446	779	207	839	758	664	0	872	640	1020	1012	344	0	448	0	
		Medio día	537	459	935	368	797	852	740	0	1274	942	1111	988	404	0	836	0	
		Noche	753	493	799	454	880	752	801	0	1027	914	1020	1004	492	0	552	0	
	Total			6706	5132	8421	3545	9119	8857	7906	0	10933	9140	10850	10944	6130	0	9146	0
	Media			745	570	936	394	1013	984	878	0	1215	1016	1206	1216	681	0	1016	0
	Desviación estandar			143	84	92	96	140	158	123	0	172	205	216	254	264	0	436	0
Media+desviacion			888	655	1027	490	1153	1142	1002	0	1386	1220	1421	1470	945	0	1452	0	
Media-desviacion			602	486	844	297	873	826	755	0	1043	811	990	962	417	0	580	0	
D E P U R A C I O N	Martes 19/03/24	Mañana	693		942	348	1121	1039	896	0	1208	956				0	1182	0	
		Medio día	812		992	339	1042	1088	867	0	1358		1240	1200		0		0	
		Noche	864		938	492	1044	988	965	0	1184	1080		1212	838	0		0	
	Jueves 21/03/24	Mañana	662		970	391		1112	992	0	1340	1150			738	0	956	0	
		Medio día			1054	410	1076		944	0			1313	1108	644	0	1076	0	
		Noche			1012	536	1136	1104		0	1254	906	1242	1144	564	0	784	0	
	Domingo 24/03/24	Mañana								0			1020	1012		0		0	
		Medio día			935	368		852		0	1274	942	1111	988		0	836	0	
		Noche	753	493		454	880		801	0		914	1020	1004	492	0		0	
	Media			3784	2899	5789	2802	6299	6183	5465	0	7618	5948	6946	7668	3276	0	4834	0
	Volumen/Acceso			946	580	965	400	1050	1031	911	0	1270	991	1158	1095	655	0	967	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Análisis y depurado de volumen de la intersección I

		Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)																
		Intersección I				Intersección II				Intersección III				Intersección IV				
		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	
	Ing. Puente San Martín (E-O)	C. Hermanos Uriondo (S-N)	Av. Héroes De La Independencia (O-E)	Av. Angel Baldiveizo (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (S-N)	Pasaje 6 de agosto (O-E)	C. Hermanos Uriondo (N-S)		C. Sucre (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)	C. Sucre (S-N)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)		Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)			
SEMANA	Martes 26/03/24	Mañana	866	744	995	443	1190	1039	896	0	924	899	1005	922	674	0	994	0
		Medio día	895	760	1009	390	1066	1108	922	0	945	842	831	1042	978	0	1052	0
		Noche	940	689	949	480	1106	1040	1022	0	1027	1116	1012	1015	844	0	1036	0
	Jueves 28/03/24	Mañana	939	780	1061	484	1270	1112	992	0	885	933	958	971	776	0	1056	0
		Medio día	1041	826	1220	443	1106	1204	984	0	1077	925	909	1184	908	0	988	0
		Noche	1013	727	1037	525	1168	1140	1080	0	1249	1177	941	969	752	0	880	0
	Sabado 30/03/24	Mañana	780	557	745	354	688	492	456	0	764	534	615	834	400	0	448	0
		Medio día	1016	697	1106	366	870	772	786	0	746	1043	862	980	520	0	896	0
		Noche	892	641	877	453	989	864	898	0	1006	1012	487	1020	680	0	716	0
	Total		8382	6421	8999	3938	9453	8771	8036	0	8623	8481	7620	8937	6532	0	8066	0
	Media		931	713	1000	438	1050	975	893	0	958	942	847	993	726	0	896	0
	Desviación estandar		84	80	136	57	179	227	185	0	156	187	181	95	183	0	200	0
Media+desviacion		1015	793	1136	495	1229	1201	1078	0	1114	1129	1027	1088	909	0	1097	0	
Media-desviacion		848	634	864	380	872	748	708	0	802	755	666	898	543	0	696	0	
DEPURADO	Martes 26/03/24	Mañana	866	744	995	443	1190	1039	896	0	924	899	1005	922	674	0	994	0
		Medio día	895	760	1009	390	1042	1088	867	0	945	842	831	1042		0	1052	0
		Noche	940	689	949	480	1044	988	965	0	1027	1116	1012	1015	844	0	1036	0
	Jueves 28/03/24	Mañana	939	780	1061	484		1112	992	0	885	933	958	971	776	0	1056	0
		Medio día				443	1076		944	0	1077	925	909		908	0	988	0
		Noche	1013	727	1037		1136	1104		0			941	969	752	0	880	0
	Sabado 30/03/24	Mañana								0						0		0
		Medio día		697	1106			852		0		1043	862	980		0	896	0
		Noche	892	641	877	453	880		801	0	1006	1012		1020	680	0	716	0
	Media		5545	5038	7034	2693	6368	6183	5465	0	5864	6770	6518	6919	4634	0	7618	0
	Volumen/Acceso		924	720	1005	449	1061	1031	911	0	977	967	931	988	772	0	952	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Análisis y depurado de volumen de la intersección I

		Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)																	
		Intersección I				Intersección II				Intersección III				Intersección IV					
		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4		
	Ing. Puente San Martín (E-O)	C. Hermanos Uriondo (S-N)	Av. Héroes De La Independencia (O-E)	Av. Angel Baldiveizo (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (S-N)	Pasaje 6 de agosto (O-E)	C. Hermanos Uriondo (N-S)		C. Sucre (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)	C. Sucre (S-N)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)		Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)				
SEMANA	Martes 02/04/24	Mañana	745	730	986	418	1208	1185	800	0	1282	996	1252	1488	696	0	928	0	
		Medio día	979	629	1052	406	1140	984	937	0	1428	1375	1402	968	724	0	856	0	
		Noche	976	629	1296	515	1128	1084	1033	0	1308	1202	1008	1248	696	0	948	0	
	Jueves 04/04/24	Mañana	778	832	1082	475	1130	1256	1104	0	1400	1089	1345	1528	732	0	920	0	
		Medio día	1011	710	935	395	1153	1200	1014	0	1534	1432	1328	1400	696	0	996	0	
		Noche	1090	702	1191	465	1223	1212	944	0	1160	1096	1160	1164	664	0	820	0	
	Sabado 06/04/24	Mañana	548	568	758	379	688	492	456	0	802	547	954	868	824	0	1060	0	
		Medio día	992	580	901	316	870	772	786	0	1404	1288	1056	1220	880	0	940	0	
		Noche	944	574	1026	433	989	864	898	0	964	1100	924	1080	784	0	880	0	
	Total			8063	5954	9227	3802	9529	9049	7972	0	11282	10125	10429	10964	6696	0	8348	0
	Media			896	662	1025	422	1059	1005	886	0	1254	1125	1159	1218	744	0	928	0
	Desviación estandar			171	89	159	59	178	255	192	0	238	260	181	226	71	0	72	0
Media+desviacion			1067	750	1184	481	1236	1260	1077	0	1492	1385	1340	1445	815	0	1000	0	
Media-desviacion			725	573	867	364	881	750	694	0	1015	865	978	992	673	0	855	0	
DEPURADO	Martes 19/03/24	Mañana	745	730	986	418	1208	1185	800	0	1282	996	1252			0	928	0	
		Medio día	979	629	1052	406	1140	984	937	0	1428	1375			724	0	856	0	
		Noche	976	629			1128	1084	1033	0	1308	1202	1008	1248	696	0	948	0	
	Jueves 21/03/24	Mañana	778		1082	475	1130	1256		0	1400	1089			732	0	920	0	
		Medio día	1011	710	935	395	1153	1200	1014	0			1328	1400	696	0	996	0	
		Noche		702		465	1223	1212	944	0	1160	1096	1160	1164		0		0	
	Domingo 24/03/24	Mañana				379				0						0		0	
		Medio día	992	580	901			772	786	0	1404	1288	1056	1220		0	940	0	
		Noche	944	574	1026	433	989	864	898	0		1100		1080	784	0	880	0	
	Media			6425	4554	5982	2971	7971	8557	6412	0	7982	8146	5804	6112	3632	0	6468	0
Volumen/Acceso			918	651	997	424	1139	1070	916	0	1330	1164	1161	1222	726	0	924	0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Análisis y depurado de volumen de la intersección I

			Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)																
			Intersección I				Intersección II				Intersección III				Intersección IV				
			Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	
	Ing. Puente San Martín (E-O)	C. Hermanos Uriondo (S-N)	Av. Héroes De La Independencia (O-E)	Av. Angel Baldiveizo (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (S-N)	Pasaje 6 de agosto (O-E)	C. Hermanos Uriondo (N-S)		C. Sucre (N-S)	Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)	C. Sucre (S-N)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)	Av. General Martin Miguel De Guemes (O-E)		Av. General Martin Miguel De Guemes (E-O)				
S E M A N A 4	Martes 09/04/24	Mañana	1138	779	1039	524	994	1176	983	0	888	984	1040	1196	792	0	1000	0	
		Medio día	910	803	1025	384	1123	1172	918	0	1192	1112	904	1100	828	0	856	0	
		Noche	1029	904	983	538	1122	1060	1154	0	1024	1152	982	1112	696	0	948	0	
	Jueves 11/04/24	Mañana	1013	831	1192	461	1072	1078	1033	0	988	1092	1124	1232	824	0	1060	0	
		Medio día	1067	871	1146	459	1166	1248	1002	0	1216	1264	970	1016	880	0	940	0	
		Noche	1135	803	1182	553	1226	1164	1216	0	1152	1216	1020	1244	784	0	880	0	
	Sabado 13/04/24	Mañana	820	619	920	369	580	534	614	0	712	632	696	744	384	0	568	0	
		Medio día	1032	578	907	336	944	960	880	0	1116	1092	1112	992	684	0	676	0	
		Noche	1767	598	821	484	954	848	1096	0	956	998	916	1056	584	0	532	0	
	Total			9911	6786	9215	4108	9181	9240	8896	0	9244	9542	8764	9692	6456	0	7460	0
	Media			1101	754	1024	456	1020	1027	988	0	1027	1060	974	1077	717	0	829	0
	Desviación estandar			269	123	130	78	191	222	177	0	163	184	129	154	154	0	191	0
Media+desviacion			1371	877	1154	534	1211	1249	1165	0	1190	1245	1103	1231	872	0	1020	0	
Media-desviacion			832	631	894	378	829	805	812	0	864	876	845	923	563	0	638	0	
D E P U R A C I O N	Martes 19/03/24	Mañana	1138	779	1039	524	994	1176	983	0	888	984	1040	1196	792	0	1000	0	
		Medio día	910	803	1025	384	1123	1172	918	0		1112	904	1100	828	0	856	0	
		Noche	1029		983		1122	1060	1154	0	1024	1152	982	1112	696	0	948	0	
	Jueves 21/03/24	Mañana	1013	831		461	1072	1078	1033	0	988	1092			824	0		0	
		Medio día	1067	871	1146	459	1166	1248	1002	0			970	1016		0	940	0	
		Noche	1135	803				1164		0	1152	1216	1020		784	0	880	0	
	Domingo 24/03/24	Mañana			920					0						0		0	
		Medio día	1032		907		944	960	880	0	1116	1092			684	0	676	0	
		Noche				484	954	848	1096	0	956	998	916	1056	584	0		0	
	Media			7324	4087	6020	2312	7375	8706	7066	0	6124	7646	5832	5480	5192	0	5300	0
Volumen/Acceso			1046	817	1003	462	1054	1088	1009	0	1021	1092	972	1096	742	0	883	0	

Fuente: Elaboración propia

3.4.1.1. Porcentaje de vehículos que realiza maniobras por acceso

Para el cálculo de porcentajes de vehículos de giro izquierda, frente y giro derecho, ya no se realizó la depuración de datos solo se sacó la media aritmética de los 3 días, de las cuatro semanas por hora pico, teniendo en el anexo V donde se observará a más detalle el porcentaje de maniobras que realizaron los vehículos por intersección.

Tabla 28. Análisis de maniobras por acceso, Intersección I

Hora: 7:00 - 8:00				MARTES 19/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	87	G.D. Liv	74	FR Liv	388				
	G.I. Med	16	G.D. Med	0	FR Med	128	2,3	0,0	18,5	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	92	G.D. Liv	412	FR Liv	88	13,7	61,3	13,1	
	G.I. Med	0	G.D. Med	72	FR Med	8	0,0	10,7	1,2	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 3	G.I. Liv	38	G.D. Liv	268	FR Liv	520	4,0	28,5	55,2	
	G.I. Med	0	G.D. Med	12	FR Med	100	0,0	1,3	10,6	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	4	FR Pes	0	0,0	0,4	0,0	
Acceso 4	G.I. Liv	144	G.D. Liv	120	FR Liv	84	41,4	34,5	24,1	
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	0	0,0	0,0	0,0	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Hora: 12:00 - 13:00				MARTES 19/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	60	G.D. Liv	104	FR Liv	492				
	G.I. Med	8	G.D. Med	0	FR Med	148	1,0	0,0	18,2	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	120	G.D. Liv	320	FR Liv	72	20,9	55,7	12,5	
	G.I. Med	8	G.D. Med	48	FR Med	4	1,4	8,4	0,7	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	2	0,0	0,0	0,3	
Acceso 3	G.I. Liv	88	G.D. Liv	180	FR Liv	560	8,9	18,1	56,5	
	G.I. Med	20	G.D. Med	12	FR Med	124	2,0	1,2	12,5	
	G.I. Pes	2	G.D. Pes	6	FR Pes	0	0,2	0,6	0,0	
Acceso 4	G.I. Liv	121	G.D. Liv	109	FR Liv	101	35,7	32,2	29,8	
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	8	0,0	0,0	2,4	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Hora: 18:00 - 19:00				MARTES 19/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	140	G.D. Liv	80	FR Liv	448				
	G.I. Med	12	G.D. Med	8	FR Med	176	1,4	0,9	20,4	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	136	G.D. Liv	324	FR Liv	60	23,0	54,7	10,1	
	G.I. Med	12	G.D. Med	48	FR Med	8	2,0	8,1	1,4	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	4	0,0	0,0	0,7	
Acceso 3	G.I. Liv	56	G.D. Liv	188	FR Liv	452	6,0	20,0	48,2	
	G.I. Med	4	G.D. Med	20	FR Med	212	0,4	2,1	22,6	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	6	FR Pes	0	0,0	0,6	0,0	
Acceso 4	G.I. Liv	160	G.D. Liv	164	FR Liv	168	32,5	33,3	34,1	
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	0	0,0	0,0	0,0	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Análisis de maniobras por acceso, Intersección I

Hora: 7:00 - 8:00				JUEVES 21/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	132	G.D. Liv	69	FR Liv	339				
	G.I. Med	10	G.D. Med	2	FR Med	110	1,5	0,3	16,6	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	96	G.D. Liv	326	FR Liv	108	614	15,6	53,1	17,6
	G.I. Med	0	G.D. Med	76	FR Med	8		0,0	12,4	1,3
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0		0,0	0,0	0,0
Acceso 3	G.I. Liv	46	G.D. Liv	276	FR Liv	532	970	4,7	28,5	54,8
	G.I. Med	0	G.D. Med	12	FR Med	100		0,0	1,2	10,3
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	4	FR Pes	0		0,0	0,4	0,0
Acceso 4	G.I. Liv	171	G.D. Liv	124	FR Liv	96	391	43,7	31,7	24,6
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	0		0,0	0,0	0,0
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0		0,0	0,0	0,0
Hora: 12:00 - 13:00				JUEVES 21/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	83	G.D. Liv	129	FR Liv	526				
	G.I. Med	8	G.D. Med	0	FR Med	156	1,0	0,0	19,2	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	136	G.D. Liv	340	FR Liv	84	574	23,7	59,2	14,6
	G.I. Med	8	G.D. Med	52	FR Med	4		1,4	9,1	0,7
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	2		0,0	0,0	0,3
Acceso 3	G.I. Liv	96	G.D. Liv	200	FR Liv	580	992	9,7	20,2	58,5
	G.I. Med	20	G.D. Med	16	FR Med	122		2,0	1,6	12,3
	G.I. Pes	10	G.D. Pes	10	FR Pes	0		1,0	1,0	0,0
Acceso 4	G.I. Liv	130	G.D. Liv	120	FR Liv	149	339	38,3	35,4	44,0
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	11		0,0	0,0	3,2
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0		0,0	0,0	0,0
Hora: 18:00 - 19:00				JUEVES 21/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	144	G.D. Liv	100	FR Liv	468				
	G.I. Med	16	G.D. Med	12	FR Med	184	1,9	1,4	21,3	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	156	G.D. Liv	344	FR Liv	76	592	26,4	58,1	12,8
	G.I. Med	12	G.D. Med	52	FR Med	12		2,0	8,8	2,0
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	4		0,0	0,0	0,7
Acceso 3	G.I. Liv	68	G.D. Liv	204	FR Liv	486	938	7,2	21,7	51,8
	G.I. Med	4	G.D. Med	20	FR Med	222		0,4	2,1	23,7
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	8	FR Pes	0		0,0	0,9	0,0
Acceso 4	G.I. Liv	162	G.D. Liv	152	FR Liv	206	492	32,9	30,9	41,9
	G.I. Med	8	G.D. Med	5	FR Med	3		1,6	1,0	0,6
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0		0,0	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Análisis de maniobras por acceso, Intersección I

Hora: 7:00 - 8:00				DOMINGO 24/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	100	G.D. Liv	73	FR Liv	265				
	G.I. Med	10	G.D. Med	2	FR Med	109	1,8	0,4	19,5	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	100	G.D. Liv	236	FR Liv	70	22,4	52,9	15,7	
	G.I. Med	0	G.D. Med	32	FR Med	5	0,0	7,2	1,1	
	G.I. Pes	3	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,7	0,0	0,0	
Acceso 3	G.I. Liv	30	G.D. Liv	162	FR Liv	392	3,9	20,8	50,3	
	G.I. Med	6	G.D. Med	10	FR Med	147	0,8	1,3	18,9	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	32	0,0	0,0	4,1	
Acceso 4	G.I. Liv	70	G.D. Liv	76	FR Liv	61	33,8	36,7	29,5	
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	0	0,0	0,0	0,0	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Hora: 12:00 - 13:00				DOMINGO 24/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	22	G.D. Liv	72	FR Liv	235				
	G.I. Med	6	G.D. Med	0	FR Med	168	1,1	0,0	31,3	
	G.I. Pes	6	G.D. Pes	4	FR Pes	24	1,1	0,7	4,5	
Acceso 2	G.I. Liv	108	G.D. Liv	241	FR Liv	68	23,5	52,5	14,8	
	G.I. Med	8	G.D. Med	28	FR Med	4	1,7	6,1	0,9	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	2	0,0	0,0	0,4	
Acceso 3	G.I. Liv	57	G.D. Liv	122	FR Liv	482	6,1	13,0	51,6	
	G.I. Med	10	G.D. Med	4	FR Med	260	1,1	0,4	27,8	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 4	G.I. Liv	126	G.D. Liv	112	FR Liv	119	34,2	30,4	32,3	
	G.I. Med	0	G.D. Med	0	FR Med	10	0,0	0,0	2,7	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	1	0,0	0,0	0,3	
Hora: 18:00 - 19:00				DOMINGO 24/03/2024			Vol. Total	%G.I	%G.D	%F
Acceso 1	G.I. Liv	108	G.D. Liv	93	FR Liv	391				
	G.I. Med	12	G.D. Med	8	FR Med	141	1,6	1,1	18,7	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	0	0,0	0,0	0,0	
Acceso 2	G.I. Liv	118	G.D. Liv	195	FR Liv	91	23,9	39,6	18,5	
	G.I. Med	12	G.D. Med	58	FR Med	15	2,4	11,8	3,0	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	2	FR Pes	2	0,0	0,4	0,4	
Acceso 3	G.I. Liv	88	G.D. Liv	172	FR Liv	332	11,0	21,5	41,6	
	G.I. Med	18	G.D. Med	29	FR Med	156	2,3	3,6	19,5	
	G.I. Pes	2	G.D. Pes	2	FR Pes	0	0,3	0,3	0,0	
Acceso 4	G.I. Liv	116	G.D. Liv	164	FR Liv	130	25,6	36,1	28,6	
	G.I. Med	6	G.D. Med	10	FR Med	12	1,3	2,2	2,6	
	G.I. Pes	0	G.D. Pes	0	FR Pes	16	0,0	0,0	3,5	

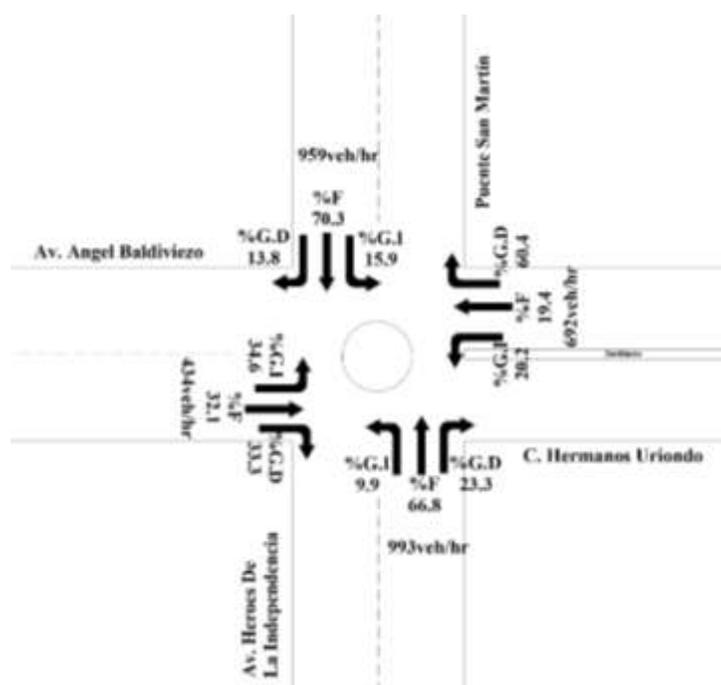
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Promedio finales de % de maniobras (G.I, Frente, G.D)

PROMEDIO DE LAS MANIOBRAS					
MANIOBRA		LIVIANO	MEDIANO	PESADO	TOTAL
Acceso 1	% G.I	14,2	1,6	0,1	15,9
	% FRENTE	51,2	17,0	2,1	70,3
	% G.D	13,2	0,5	0,1	13,8
Acceso 2	% G.I	18,7	1,4	0,0	20,2
	% FRENTE	17,4	1,7	0,3	19,4
	% G.D	51,9	8,4	0,1	60,4
Acceso 3	% G.I	8,9	0,9	0,1	9,9
	% FRENTE	50,1	14,9	1,8	66,8
	% G.D	21,3	1,6	0,3	23,3
Acceso 4	% G.I	33,0	1,6	0,0	34,6
	% FRENTE	29,6	2,0	0,5	32,1
	% G.D	32,3	1,0	0,0	33,3

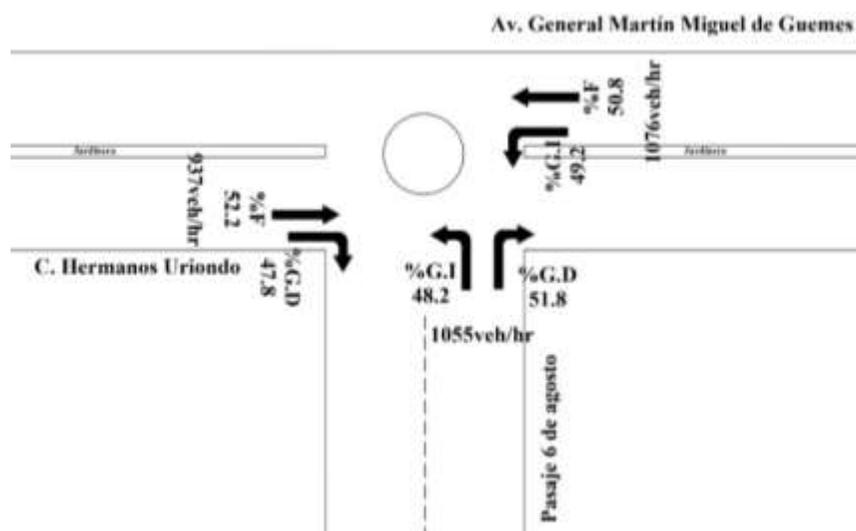
Fuente: Elaboración propia

Imagen 31. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección I



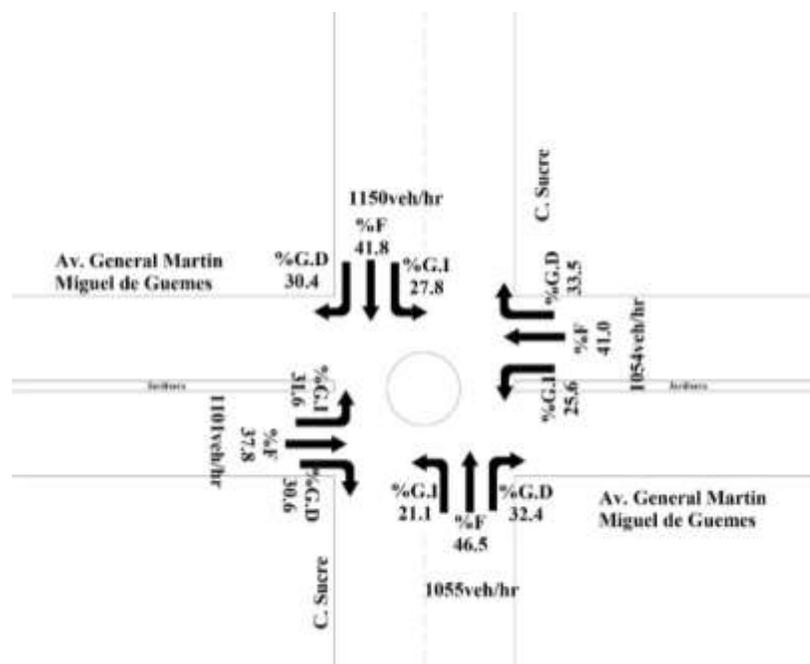
Fuente: Elaboración propia

Imagen 32. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección II



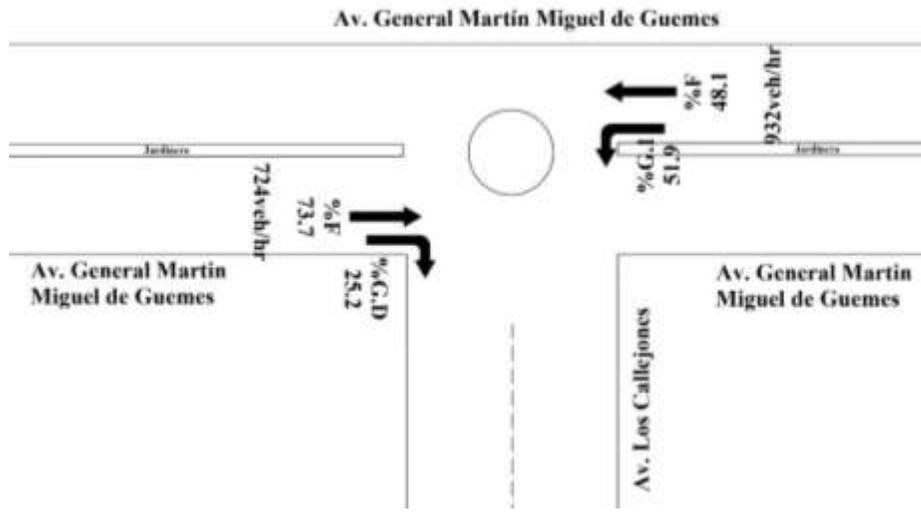
Fuente: Elaboración propia

Imagen 33. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección III



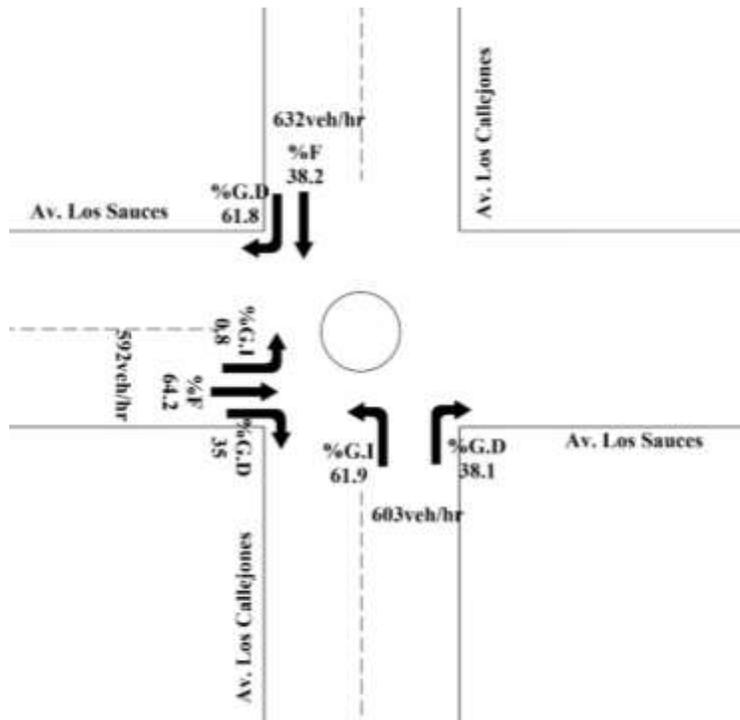
Fuente: Elaboración propia

Imagen 34. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección IV



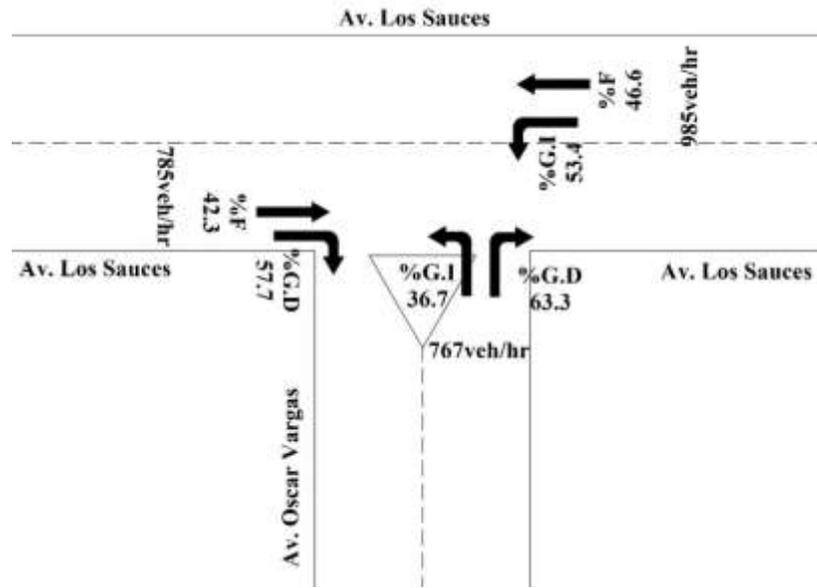
Fuente: Elaboración propia

Imagen 35. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección V



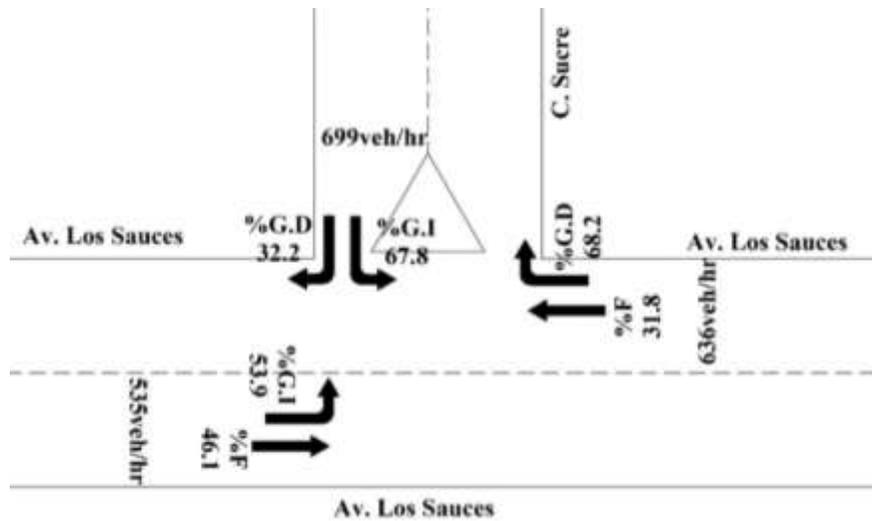
Fuente: Elaboración propia

Imagen 36. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección VI



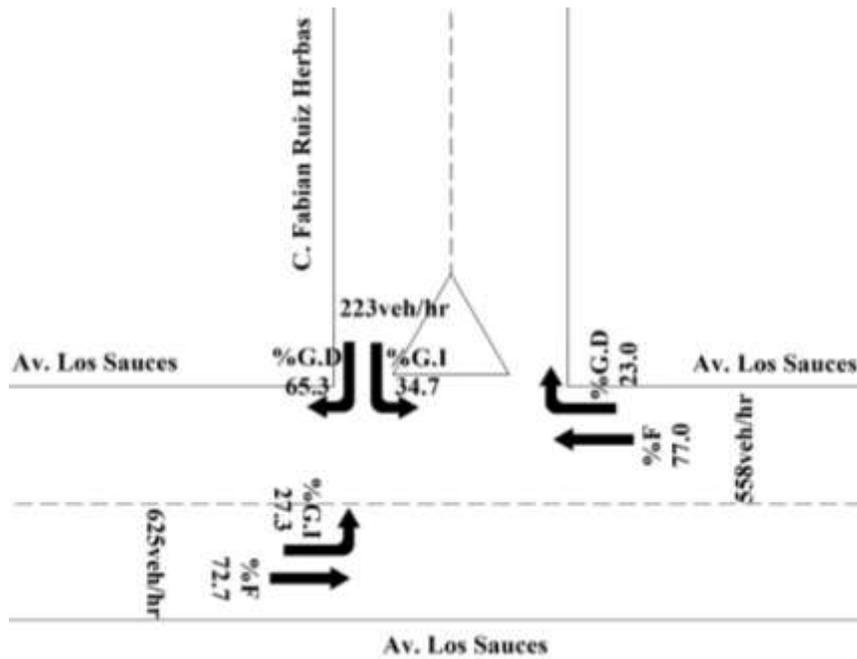
Fuente: Elaboración propia

Imagen 37. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección VII



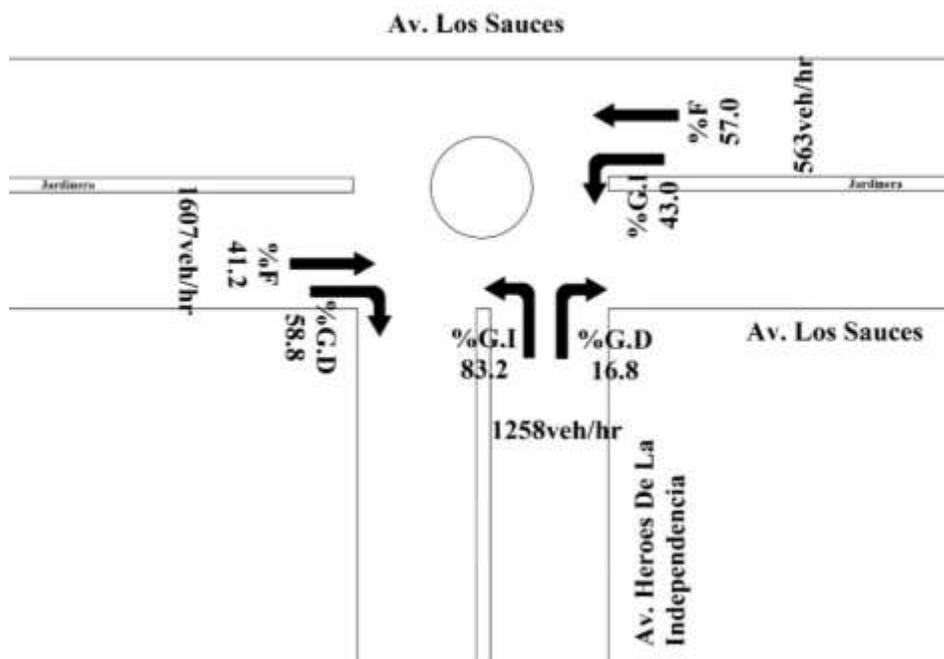
Fuente: Elaboración propia

Imagen 38. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección VIII



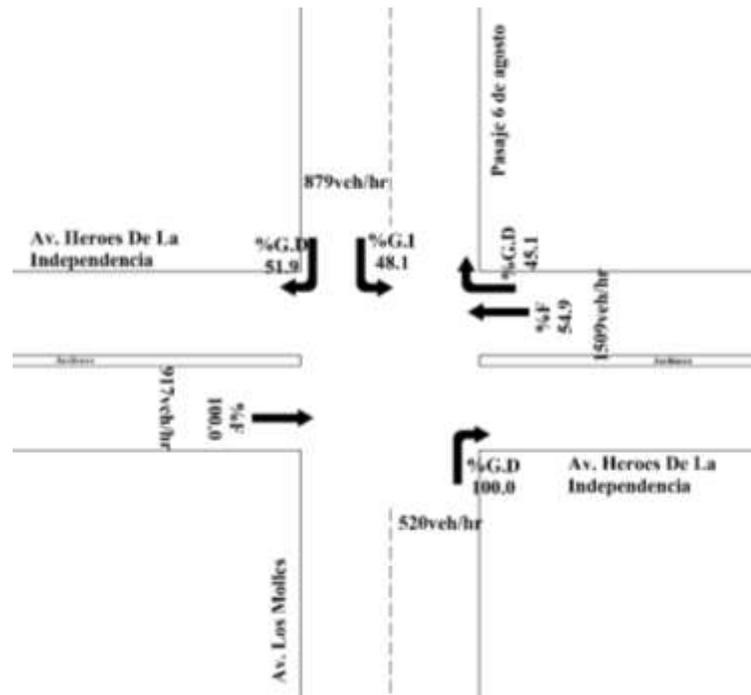
Fuente: Elaboración propia

Imagen 39. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección IX



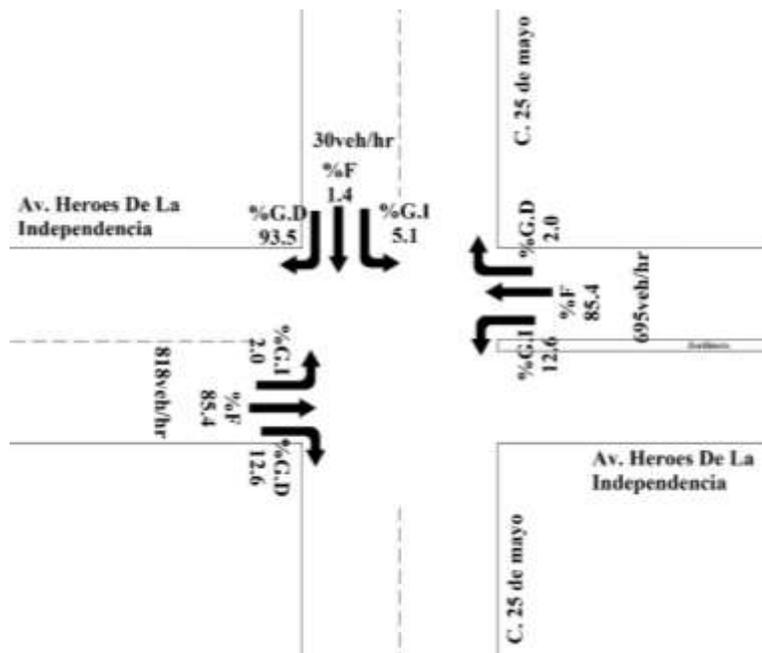
Fuente: Elaboración propia

Imagen 40. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección X



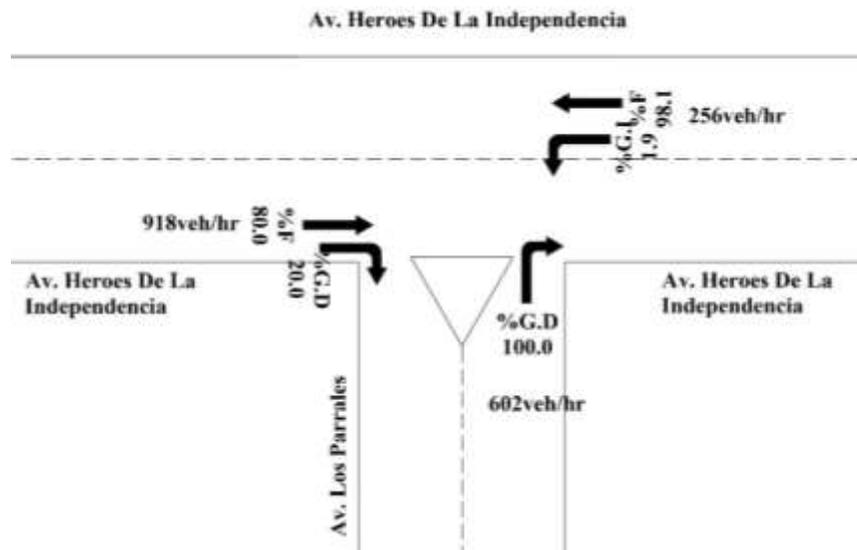
Fuente: Elaboración propia

Imagen 41. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección XI



Fuente: Elaboración propia

Imagen 42. Resumen de volumen por acceso y % de giros Intersección XII



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.2. Composición vehicular

Con los datos que se obtuvieron del aforo de horas pico de cada intersección, se pudo obtener un análisis de la composición vehicular en cada intersección, al final dándonos como resultados una gran cantidad de vehículos que son los livianos, entre estos predominan los de transporte público y por lo contrario se puede ver que el transporte pesado es muy poco la circulación por el circuito, en gran parte de las avenidas solo llega hasta un 0.1 a 2%.

Tabla 32. Composición vehicular

INTERSECCIÓN I			INTERSECCIÓN IV			INTERSECCIÓN VII			INTERSECCIÓN X		
A-1	% Liv=	79,98	A-1	% Liv=	84,1	A-1	% Liv=	86,62	A-1	% Liv=	86,67
	% Med=	19,42		% Med=	14		% Med=	11,91		% Med=	12,01
	% Pe=	0,6		% Pe=	1,9		% Pe=	1,47		% Pe=	1,31
A-2	% Liv=	88,16	A-2	% Liv=	0	A-2	% Liv=	85,63	A-2	% Liv=	85,05
	% Med=	11,54		% Med=	0		% Med=	13,12		% Med=	13,48
	% Pe=	0,3		% Pe=	0		% Pe=	1,25		% Pe=	1,47
A-3	% Liv=	81,74	A-3	% Liv=	84,67	A-3	% Liv=	87,77	A-3	% Liv=	87,55
	% Med=	17,74		% Med=	14,1		% Med=	10,4		% Med=	10,89
	% Pe=	0,53		% Pe=	1,24		% Pe=	1,83		% Pe=	1,56
A-4	% Liv=	95,12	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	81,24
	% Med=	4,63		% Med=	0		% Med=	0		% Med=	17,15
	% Pe=	0,25		% Pe=	0		% Pe=	0		% Pe=	1,61
INTERSECCIÓN II			INTERSECCIÓN V			INTERSECCIÓN VIII			INTERSECCIÓN XI		
A-1	% Liv=	87,58	A-1	% Liv=	85,23	A-1	% Liv=	91,02	A-1	% Liv=	77
	% Med=	11,35		% Med=	13,38		% Med=	10,88		% Med=	8,76
	% Pe=	1,07		% Pe=	1,4		% Pe=	0,46		% Pe=	0,35
A-2	% Liv=	85,71	A-2	% Liv=	86,9	A-2	% Liv=	83,42	A-2	% Liv=	89,76
	% Med=	13,56		% Med=	11,84		% Med=	15,44		% Med=	8,76
	% Pe=	0,73		% Pe=	1,26		% Pe=	1,12		% Pe=	1,48
A-3	% Liv=	87,26	A-3	% Liv=	87,14	A-3	% Liv=	84,87	A-3	% Liv=	0
	% Med=	12,14		% Med=	11,76		% Med=	14,18		% Med=	0
	% Pe=	0,6		% Pe=	1,1		% Pe=	0,97		% Pe=	0
A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	89,66
	% Med=	0		% Med=	0		% Med=	0		% Med=	8,44
	% Pe=	0		% Pe=	0		% Pe=	0		% Pe=	1,9
INTERSECCIÓN III			INTERSECCIÓN VI			INTERSECCIÓN IX			INTERSECCIÓN XII		
A-1	% Liv=	86,31	A-1	% Liv=	88,27	A-1	% Liv=	83,97	A-1	% Liv=	90,64
	% Med=	12,87		% Med=	9,63		% Med=	15,28		% Med=	8,03
	% Pe=	0,82		% Pe=	2,09		% Pe=	0,75		% Pe=	1,33
A-2	% Liv=	87,02	A-2	% Liv=	84,78	A-2	% Liv=	81,9	A-2	% Liv=	87,62
	% Med=	12,15		% Med=	12,72		% Med=	17,32		% Med=	10,67
	% Pe=	0,84		% Pe=	2,5		% Pe=	0,78		% Pe=	1,71
A-3	% Liv=	87,69	A-3	% Liv=	85,62	A-3	% Liv=	83,23	A-3	% Liv=	93,84
	% Med=	11,37		% Med=	11,9		% Med=	16,19		% Med=	5,36
	% Pe=	0,94		% Pe=	2,48		% Pe=	0,57		% Pe=	0,79
A-4	% Liv=	86,36	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	0	A-4	% Liv=	0
	% Med=	12,9		% Med=	0		% Med=	0		% Med=	0
	% Pe=	0,74		% Pe=	0		% Pe=	0		% Pe=	0

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Determinación de parámetro velocidad

Para este parámetro tenemos como datos 30 velocidades registradas en las horas pico de 7:00-8:00am; 12:00-13:00pm; 18:00-19:00pm. De igual manera que el parámetro de volumen se realizó la depuración de datos que salen del rango, para poder obtener una serie de datos homogéneos que nos permita acercarnos al máximo posible a la realidad. Con ayuda de algunos parámetros estadísticos realizaremos la depuración de los datos que se dispersan de la realidad.

3.4.2.1. Análisis de la velocidad de punto

Ejemplo de acceso 1 intersección I; Puente San Martín de este-oeste en horas 18:00-19:00pm:

❖ Media aritmética:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N} = \frac{25.42 + 21.13 + 22.61 + \dots + 15.90 + 15.63}{30} = 22.65$$

❖ Desviación estándar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{\frac{(25.42 - 22.65)^2 + (21.13 - 22.65)^2 + \dots + (15.63 - 22.65)^2}{30}}$$

$$\sigma = 3.79$$

❖ Rango o límites:

$$Lim_{Max} = \bar{X} + \sigma = 22.65 + 3.79 = 26.45$$

$$Lim_{Min} = \bar{X} - \sigma = 22.65 - 3.79 = 18.86$$

❖ Velocidad de punto para el acceso 1:

$$Velocidad\ final\ de\ punto\ acceso\ 1 = 22.87\text{km/h}$$

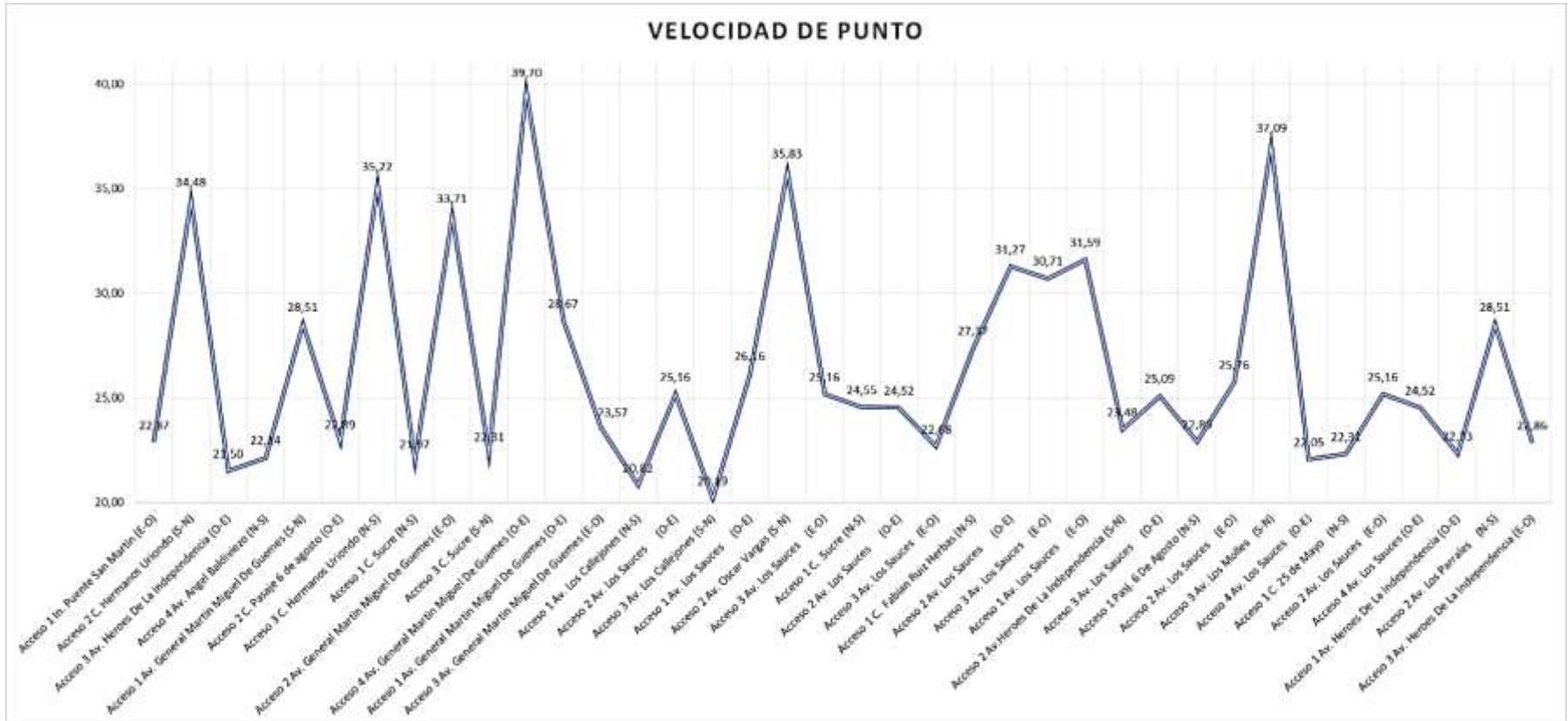
Tabla 33. Análisis y depurado de velocidad de punto intersección I

Velocidad de punto intersección I (18:00pm-19:00pm)											
Acceso 1 In. Puente San Martín (E-O)			Acceso 2 C. Hermanos Uriondo (S-N)			Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (O-E)			Acceso 4 Av. Ángel Baldivezo (N-S)		
N°	Tiempo (s)	V. Punto (km/h)	N°	Tiempo (s)	V. Punto (km/h)	N°	Tiempo (s)	V. Punto (km/h)	N°	Tiempo (s)	V. Punto (km/h)
1	3,54	25,42	1	2,17	41,47	1	2,87	31,36	1	2,99	30,1
2	4,26	21,13	2	2,47	36,44	2	2,73	32,97	2	3,03	29,7
3	3,98	22,61	3	2,8	32,14	3	3,93	22,9	3	3,48	25,86
4	4,44	20,27	4	3	30	4	3,67	24,52	4	3,59	25,07
5	3,61	24,93	5	2,86	31,47	5	4,61	19,52	5	4,02	22,39
6	4,99	18,04	6	4,23	21,28	6	5,53	16,27	6	4,53	19,87
7	5,05	17,82	7	2,54	35,43	7	6,45	13,95	7	5,45	16,51
8	4,59	19,61	8	2,55	35,29	8	4,67	19,27	8	4,87	18,48
9	3,47	25,94	9	4,79	18,79	9	3,8	23,68	9	3,88	23,2
10	3,74	24,06	10	1,93	46,63	10	4,47	20,13	10	4,35	20,69
11	3,92	22,96	11	2,6	34,62	11	4,13	21,79	11	4,21	21,38
12	3,2	28,13	12	2,27	39,65	12	4,6	19,57	12	4,51	19,96
13	4,4	20,45	13	3	30	13	4,53	19,87	13	3,54	25,42
14	4,32	20,83	14	3,67	24,52	14	4,24	21,23	14	5,29	17,01
15	3,2	28,13	15	1,97	45,69	15	3,79	23,75	15	4,87	18,48
16	4,8	18,75	16	1,87	48,13	16	2,48	36,29	16	3,58	25,14
17	3,34	26,95	17	2,35	38,3	17	5,07	17,75	17	4,71	19,11
18	4,01	22,44	18	2,66	33,83	18	4,59	19,61	18	5,01	17,96
19	4,6	19,57	19	2,14	42,06	19	3,94	22,84	19	3,99	22,56
20	3,87	23,26	20	1,88	47,87	20	4,72	19,07	20	4,73	19,03
21	3,4	26,47	21	3,9	23,08	21	3,8	23,68	21	3,81	23,62
22	3,88	23,2	22	2,73	32,97	22	4,67	19,27	22	4,66	19,31
23	3,55	25,35	23	2,41	37,34	23	4,07	22,11	23	4,11	21,9
24	4,27	21,08	24	1,94	46,39	24	4,2	21,43	24	4,22	21,33
25	3,2	28,13	25	2,13	42,25	25	3,4	26,47	25	3,58	25,14
26	3	30	26	2,9	31,03	26	2,67	33,71	26	3,61	24,93
27	3,81	23,62	27	3,2	28,13	27	4,2	21,43	27	4,18	21,53
28	4,74	18,99	28	2,28	39,47	28	3,6	25	28	3,66	24,59
29	5,66	15,9	29	3,07	29,32	29	4,6	19,57	29	4,79	18,79
30	5,76	15,63	30	2,34	38,46	30	3,2	28,13	30	3,19	28,21
Media		22,65	Media		35,4	Media		22,9	Media		22,24
Desv. Est.		3,79	Desv. Est.		7,89	Desv. Est.		5,19	Desv. Est.		3,62
Lim. Sup.		26,45	Lim. Sup.		43,29	Lim. Sup.		28,09	Lim. Sup.		25,86
Lim. Inf.		18,86	Lim. Inf.		27,52	Lim. Inf.		17,72	Lim. Inf.		18,62
V. Punto final		22,87	V. Punto final		34,48	V. Punto final		21,5	V. Punto final		22,14

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera se procedió a realizar el tratamiento de datos de velocidad de punto para todos los accesos de las demás intersecciones, encontrándolo a más detalle en el anexo VI.

Imagen 44. Velocidad de punto



Fuente: Elaboración propia

3.4.2.2. Análisis de la velocidad de recorrido total y cruceo

Tabla 34. Análisis y resultados de la velocidad de cruceo y recorrido total E-O

Av. General Martin Miguel de Güemes-Av. Los Sauces-Av. Heroes de la Independencia						
Hora	Dirección (E-O)					
	V. Recorrido Total					V. Cruceo
	km	Tt (s)	Tc (s)	Td (s)	km/h	km/h
18:00 19:00	3,25	570	545	25	20,52	21,46
	3,25	568	520	48	20,58	22,48
	3,25	450	408	42	26,03	28,71
	3,25	501	433	68	23,34	27,00
	3,25	557	508	48	21,02	23,02
	3,25	400	368	32	29,23	31,77
	3,25	418	369	49	27,96	31,67
	3,25	409	343	66	28,58	34,09
	3,25	519	431	88	22,56	27,15
	3,25	509	457	52	22,98	25,60
Promedio	3,25	490,19	438,38	51,81	24,28	27,29

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Análisis y resultados de la velocidad de cruceo y recorrido total O-E

Av. General Martin Miguel de Güemes-Av. Los Sauces-Av. Héroes de la Independencia						
Hora	Dirección (O-E)					
	V. Recorrido Total					V. Cruceo
	km	Tt (s)	Tc (s)	Td (s)	km/h	km/h
18:00 19:00	3,25	490	462	28	23,88	25,32
	3,25	488	448	40	23,98	26,12
	3,25	518	460	58	22,59	25,42
	3,25	508	440	68	23,03	26,57
	3,25	600	551	49	19,50	21,24
	3,25	500	445	55	23,40	26,32
	3,25	501	421	81	23,34	27,82
	3,25	518	440	77	22,60	26,57
	3,25	461	356	105	25,38	32,89
	3,25	529	436	92	22,14	26,82
Promedio	3,25	511,24	445,90	65,35	22,98	26,51

Fuente: Elaboración propia

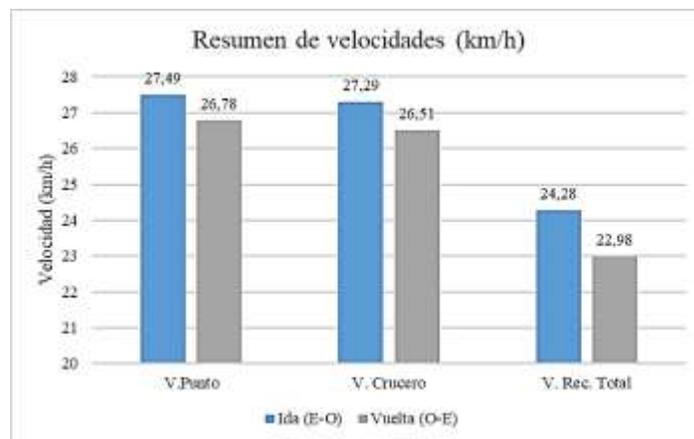
3.4.2.3. Resumen de estudio de velocidades

Tabla 36. Resumen de estudio de velocidad de crucero, velocidad de punto y velocidad de recorrido total

Resumen de velocidades (km/h)			
Dirección	V. Punto	V. Crucero	V. Rec. Total
Ida (E-O)	27,49	27,29	24,28
Vuelta (O-E)	26,78	26,51	22,98

Fuente: Elaboración propia

Imagen 45. Comparación de velocidades analizadas



Fuente: Elaboración propia

La relación que existe de las velocidades analizadas es correcta:

$$VP > VC > VRT$$

3.4.3. Determinación parámetro densidad

La relación que nos permite conocer la densidad de un acceso es:

$$Densidad = \frac{Volumen}{Velocidad} = \frac{veh/h}{km/h} = \frac{veh}{km}$$

En nuestro caso ya se realizó el estudio de los parámetros volumen y velocidad, conociendo los resultados procedemos a realizar el cálculo de la densidad vehicular:

Tabla 37. Densidad vehicular en relación al volumen y velocidad

Int.	Acceso	Vol. (veh/h)	Vel. (km/h)	Densidad (veh/km)	Densidad de Int.
N°1	Acceso 1 In. Puente San Martin (E-O)	959	22,9	41,9	46,19
	Acceso 2 C. Hermanos Uriondo (S-N)	692	34,5	20,1	
	Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (O-E)	993	21,5	46,2	
	Acceso 4 Av. Ángel Baldiviezo (N-S)	434	22,1	19,6	
N°2	Acceso 1 Av. General Martin Miguel De Güemes (S-N)	1076	28,5	37,7	46,09
	Acceso 2 C. Pasaje 6 de agosto (O-E)	1055	22,9	46,1	
	Acceso 3 C. Hermanos Uriondo (N-S)	937	35,2	26,6	
	Acceso 4	0	0	0	
N°3	Acceso 1 C. Sucre (N-S)	1150	22	52,4	52,35
	Acceso 2 Av. General Martin Miguel De Güemes (E-O)	1054	33,7	31,3	
	Acceso 3 C. Sucre (S-N)	1055	22,3	47,3	
	Acceso 4 Av. General Martin Miguel De Güemes (O-E)	1101	39,7	27,7	
N°4	Acceso 1 Av. General Martin Miguel De Güemes (O-E)	724	28,7	25,3	39,53
	Acceso 2	0	0	0	
	Acceso 3 Av. General Martin Miguel De Güemes (E-O)	932	23,6	39,5	
	Acceso 4	0	0	0	
N°5	Acceso 1 Av. Los Callejones (N-S)	632	20,8	30,4	30,36
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	592	25,2	23,5	
	Acceso 3 Av. Los Callejones (S-N)	603	20,2	29,9	
	Acceso 4	0	0	0	
N°6	Acceso 1 Av. Los Sauces (O-E)	785	26,2	30	39,14
	Acceso 2 Av. Oscar Vargas (S-N)	767	35,8	21,4	
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	985	25,2	39,1	
	Acceso 4	0	0	0	
N°7	Acceso 1 C. Sucre (N-S)	699	24,5	28,5	28,48
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	535	24,5	21,8	
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	636	22,7	28	
	Acceso 4	0	0	0	
N°8	Acceso 1 C. Fabian Ruiz Herbas (N-S)	223	27,4	8,1	19,99

Int.	Acceso	Vol. (veh/h)	Vel. (km/h)	Densidad (veh/km)	Densidad de Int.
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	625	31,3	20	
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	558	30,7	18,2	
	Acceso 4	0	0	0	
N°9	Acceso 1 Av. Los Sauces (E-O)	563	31,6	17,8	64,04
	Acceso 2 Av. Héroes De La Independencia (S-N)	1258	23,5	53,6	
	Acceso 3 Av. Los Sauces (O-E)	1607	25,1	64	
	Acceso 4	0	0	0	
N°10	Acceso 1 Pj. 6 De agosto (N-S)	879	22,9	38,4	58,58
	Acceso 2 Av. Los Sauces (E-O)	1509	25,8	58,6	
	Acceso 3 Av. Los Molles (S-N)	520	37,1	14	
	Acceso 4 Av. Los Sauces (O-E)	917	22,1	41,6	
N°11	Acceso 1 C. 25 de mayo (N-S)	30	22,3	1,3	33,37
	Acceso 2 Av. Los Sauces (E-O)	695	25,2	27,6	
	Acceso 3	0	0	0	
	Acceso 4 Av. Los Sauces (O-E)	818	24,5	33,4	
N°12	Acceso 1 Av. Heroes De La Independencia (O-E)	918	22,3	41,1	41,11
	Acceso 2 Av. Los Parrales (N-S)	602	28,5	21,1	
	Acceso 3 Av. Heroes De La Independencia (E-O)	256	22,9	11,2	
	Acceso 4	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de densidad de la Intersección I, acceso 1:

$$Densidad = \frac{959 \text{ veh/h}}{22.87 \text{ km/h}} = 41.93 \frac{\text{veh}}{\text{km}}$$

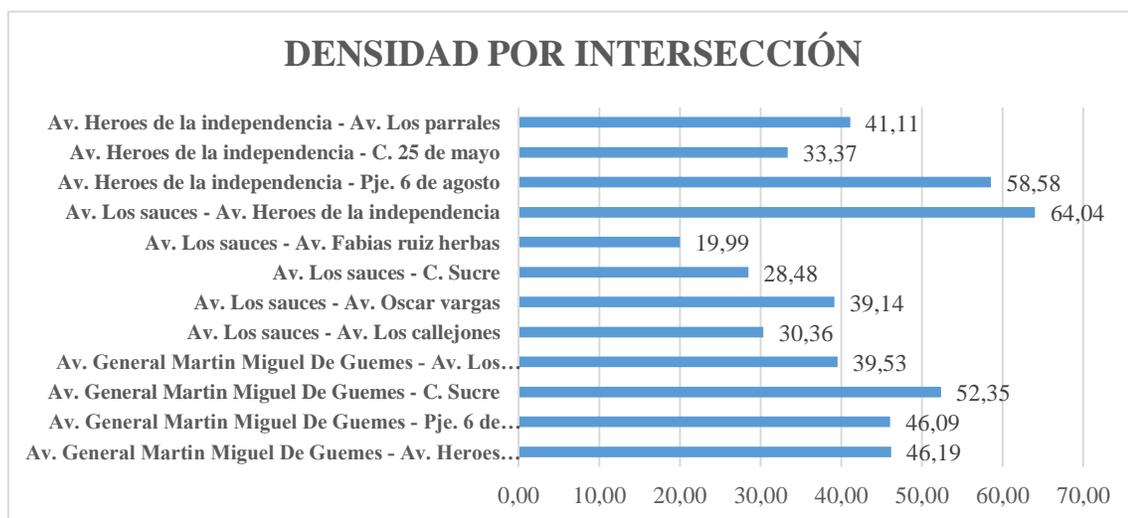
De esta manera se realizó el cálculo de capacidad para cada densidad de las intersecciones.

Tabla 38. Resumen de la densidad vehicular por intersección

Intersección		Densidad de intersección
N°1	Av. General Martin Miguel De Güemes - Av. Héroes de la independencia	46,19
N°2	Av. General Martin Miguel De Güemes - Pje. 6 de agosto	46,09
N°3	Av. General Martin Miguel De Güemes - C. Sucre	52,35
N°4	Av. General Martin Miguel De Güemes - Av. Los callejones	39,53
N°5	Av. Los sauces - Av. Los callejones	30,36
N°6	Av. Los sauces - Av. Oscar Vargas	39,14
N°7	Av. Los sauces - C. Sucre	28,48
N°8	Av. Los sauces - Av. Fabian Ruiz Herbas	19,99
N°9	Av. Los sauces - Av. Héroes de la independencia	64,04
N°10	Av. Héroes de la independencia - Pje. 6 de agosto	58,58
N°11	Av. Héroes de la independencia - C. 25 de mayo	33,37
N°12	Av. Héroes de la independencia - Av. Los parrales	41,11

Fuente: Elaboración propia

Imagen 46. Histograma de la densidad vehicular



Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Determinación de la capacidad y nivel de servicio

$$Capacidad_{real} = Capacidad_{practica} * Factores\ de\ reduccion$$

$$NS = \frac{Volumen}{Capacidad\ real}$$

La capacidad es la base para el diseño de cualquier camino o carretera puesto que de esta dependerá el nivel de servicio que desee ofrecer en nuestro país Bolivia, la metodología que se emplea es la del manual de capacidad de carreteras HCM, la cual nos indica una serie de pasos a seguir para poder conocer el funcionamiento de las vías interrumpidas, a continuación, se explicara la metodología a seguir.

La metodología HCM nos brinda 2 ábacos de los cuales podemos obtener la capacidad básica o ideal que una vía debería tener en base a las características geométricas de la vía y la zona en donde se encuentre:

El ábaco 1, corresponde a las vías interrumpidas de un acceso y el ábaco 2 corresponde a las vías interrumpidas de 2 accesos.

- ❖ Paso N°1 Determinación de la capacidad básica o ideal: habiendo identificado las características de la vía como ser el ancho de carril se procede a ingresar al ábaco 1 o 2 dependiendo del que corresponda y dirigirse a una de las curvas la cual dependerá de la zona en la cual se está realizando el estudio, así obtenemos la capacidad básica.
- ❖ Paso N°2 Determinación de la capacidad practica: la capacidad practica es la cantidad de vehículos que pasan por un punto durante 1 hora sin que las condiciones de circulación originen demoras, peligros y restricciones intolerable en la maniobrabilidad de los vehículos y se lo puede obtener reduciendo un 10% a la capacidad ideal.

$$\mathbf{Capacidad}_{practica} = \mathbf{Capacidad}_{posible} * 0.9$$

- ❖ Paso N°3 Determinar los factores de reducción que son los siguientes:

- Factor por giros a la izquierda
- Factor por giro a la derecha
- Factor por vehículos pesados
- Factor por paradas antes o después de la intersección

Estos factores dependerán de las condiciones de las vías si estos cuentan con los dos giros, si tuviera parada de buses y si los mismos presentan gran cantidad de vehículos pesados, una vez habiendo obtenido los factores de reducción se procede a calcular la capacidad en la vía que este siendo objeto de nuestro estudio.

$$Capacidad_{real} = Capacidad_{practica} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P$$

❖ Paso N°4 Determinación del nivel de servicio

El nivel de servicio es una medida cualitativa que califica las condiciones operacionales de la vía que se esté estudiando para lo cual es necesario conocer la cantidad real de vehículos que circulan por la vía en un lapso de 1 hora, tomando en cuenta siempre la hora más crítica. La relación que nos permite obtener un índice de congestamiento es la siguiente:

$$NS = \frac{Volumen}{Capacidad\ real} = (0 - 1)$$

Donde el volumen será el más crítico de la intersección y la capacidad real la obtenida en base a los ajustes ya indicados anteriormente.

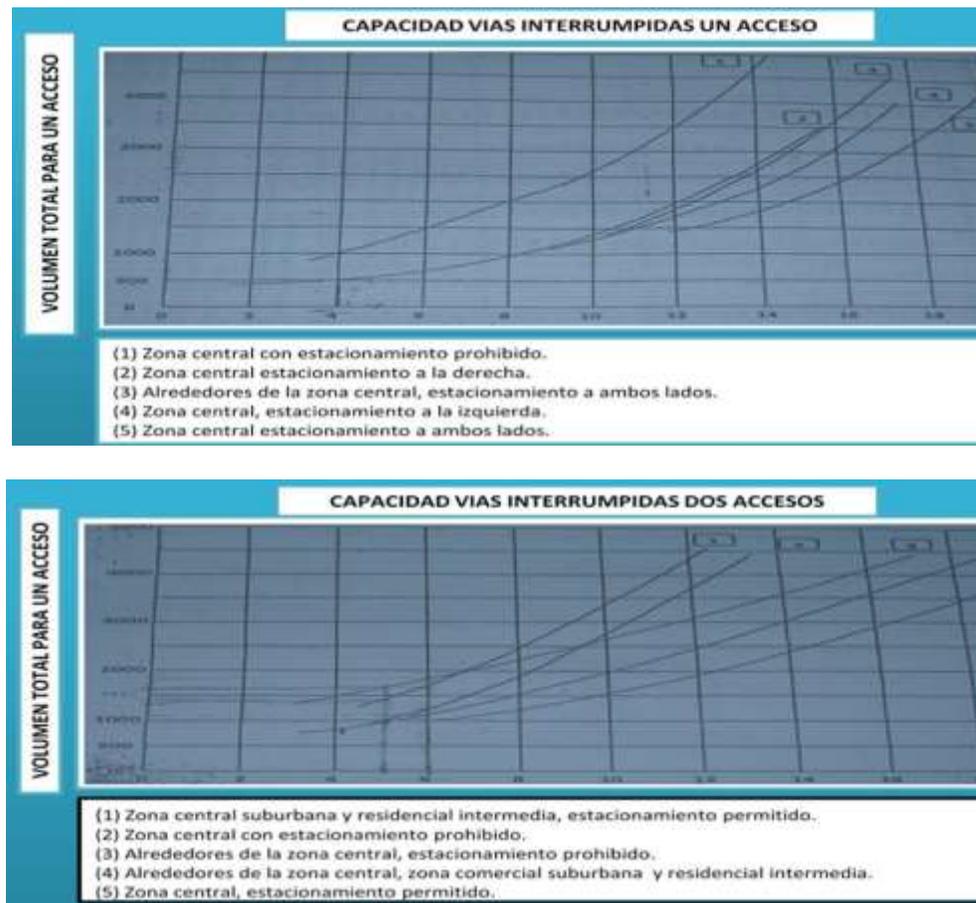
El índice de congestamiento puede variar de 0 a 1, indicándonos que mientras más cerca estamos del 1 más desfavorable será las condiciones que presenta la vía estudiada.

Tabla 39. Nivel de servicio en función al índice de congestamiento

Nivel de servicio	Tipo de circulación	Índice de congestamiento
A	Libre	0,00
B	Estable	$0,00 < I_c \leq 0,10$
C	Estable	$0,10 < I_c \leq 0,30$
D	Casi inestable	$0,30 < I_c \leq 0,70$
E	Inestable	$0,70 < I_c \leq 1,0$
F	Forzada	$I_c > 1,00$

Fuente: Manual de capacidad de la administración federal de los EEUU

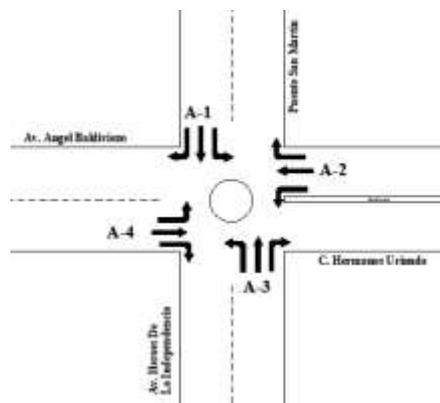
Imagen 47. Abaco de capacidad posible, vía urbana



Fuente: Contenido otorgado por el docente de la materia de TRÁFICO CIV611

3.4.4.1. Cálculos de capacidad vehicular

Intersección I: Av. General Martín Miguel De Güemes - Av. Héroes De La Independencia



Datos: **ACCESO A-1**

- Zona central con estacionamiento prohibido
- Con paradas antes y después de la intersección
- Ancho de carril= 7.20mt
- Ancho de acceso= 3.60mt
- Volumen real= 959 veh/hr
- %GI= 15.9
- %GD= 13.8
- % Veh. Pesado= 0

Con el ancho de acceso se obtiene la capacidad teórica del Abaco del Manual de Ingeniería de Transito de dos sentidos.

- Cap. Teórica= 700veh/hr

$$Capacidad_{practica} = Capacidad_{posible} * 0.9$$

$$Capacidad_{practica} = 700 * 0.9$$

$$Capacidad_{practica} = 630veh/hr$$

- Cálculo del factor de reducción por giros a la izquierda:

$$F_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10\%) * 1\%}{100}$$

$$F_{GI} = 1 - \frac{(15.9\% - 10\%) * 1\%}{100}$$

$$F_{GI} = 0.941$$

- Cálculo del factor de reducción por giros a la derecha:

$$F_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10\%) * 0.5\%}{100}$$

$$F_{GD} = 1 - \frac{(13.8 - 10\%) * 0.5\%}{100}$$

$$F_{GD} = 0.981$$

- Cálculo del factor de reducción por vehículos pesados:

$$F_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10\%) * 1\%}{100}$$

$$F_{VP} = 1$$

- Factor por paradas antes y después de la intersección:

$$F_{AI} = 0.90$$

$$F_{DI} = 0.95$$

- Capacidad real es:

$$Capacidad_{real} = Capacidad_{practica} * F_{GI} * F_{GD} * F_{VP} * F_P$$

$$Capacidad_{real} = 630 * 0.941 * 0.981 * 1 * 0.90 * 0.95$$

$$Capacidad_{real} = 497.4 \approx 497 \text{ veh/h}$$

- Cálculo de nivel de servicio:

$$NS = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad real}}$$

$$NS = \frac{959 \text{ veh/hr}}{497 \text{ veh/hr}}$$

$$NS = 1.9 \rightarrow \text{Nivel de servicio F}$$

El nivel de servicio que nos ofrece el acceso 1 es F lo que nos indica que el flujo vehicular es inestable por lo cual se presenta colas largas generando reducción de velocidad.

A continuación, se presenta un resumen de los cálculos ejecutados para los demás accesos:

Tabla 40. Resultados de capacidad y nivel de servicio de la intersección I

	Ancho de carril	Est. Permitido	Reducción de carril	Acceso y Curva	% Giro Izquierda	% Giro Derecha	% Vehículo Pesado	Para de buses		Volumen veh/hr
								Antes	Después	
Acceso 1	3,6	NO		2-C/2	15,9	13,8	0,6	SI	SI	959
Acceso 2	12,5	SI	10,7	2-C/1	20,2	60,4	0,3	NO	NO	692
Acceso 3	12,5	NO		2-C/4	9,9	23,3	0,53	SI	SI	993
Acceso 4	10,5	SI	8,7	2-C/1	34,6	33,3	0,25	NO	NO	434
1.- Las capacidades prácticas en promedio son un 10% más bajas a los valores dados por el ábaco.										
2.-Sustraer un 1% por cada 1% que los ómnibuses y camiones pasen del 10% del número total de veh.										
3.-Sustraer un 0,5% por cada 1% en que el transito que gira a la derecha que pasa del 10% del volumen total										
4.-Sustraer el 1% por cada 1% en que el transito que gira a la izquierda pasa del 10% del volumen total										
5.-Por paradas de ómnibuses antes de la interseccion restar el 10% or para de ómnibuses, después de la interseccion restar el 5% en zonas centrales y 10% en zonas intermedias.										
6.-Por estacionamientos permitidos restar 1,80m del ancho del acceso y luego hacer las correcciones ya indicadas.										
CAPACIDAD VEHICULAR POR ACCESO										
	C. Básica	C. Practica	F.GI	F.GD	F. VP	F.P(antes)	F.P(des)	C.Real	NS	
Acceso 1	700	630	0,941	0,981	1	0,9	0,95	497,24	1,9	F
Acceso 2	3750	3375	1	0,8	1	1	1	2700	0,3	C
Acceso 3	2600	2340	1	0,8	1	0,9	0,95	1600,56	0,6	D
Acceso 4	2650	2385	0,8	0,8	1	1	1	1526,4	0,3	C

Fuente: Elaboración propia

El cálculo de la capacidad y nivel de servicio de las siguientes intersecciones detalladas se encuentran en el anexo VII.

3.4.5. Estudio de transporte público

Un estudio de transporte público es un análisis sistemático y detallado de un sistema de transporte colectivo, como autobuses, trenes, tranvías, metros, o cualquier otro medio de transporte utilizado por el público en general. El objetivo principal de este estudio es evaluar y mejorar la eficiencia, accesibilidad, sostenibilidad, seguridad y satisfacción del usuario del sistema de transporte.

Para el presente estudio se realizó un análisis de las líneas de transporte público que tienen un recorrido por el circuito que comprende las avenidas: Héroes de la Independencia, Los Sauces, General Martín Miguel de Güemes y calle Hermanos Uriondo.

Tabla 41. Transporte público micro luis de fuentes

MICRO LUIS DE FUENTES		
Recorrido	Ruta	Línea
	Av. Los Sauces	Línea San Jacinto

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42. Transporte público cantonal

TRANSPORTE CANTONAL		
Recorrido	Ruta	Línea
	Av. Héroes de la Independencia	San Andrés
		Guerra huayco
		Pinos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Transporte público taxitrufi 26 de marzo

TAXI TRUFI 26 DE MARZO		
	Puente San Martín – Av. Héroes de la Independencia	Rosado con azul
		Blanco con azul
		Azul con amarillo
		Azul
		Amarillo con rojo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44. Transporte público línea de micros

MICROS		
	Av. Héroes de la independencia	6
		5
		D

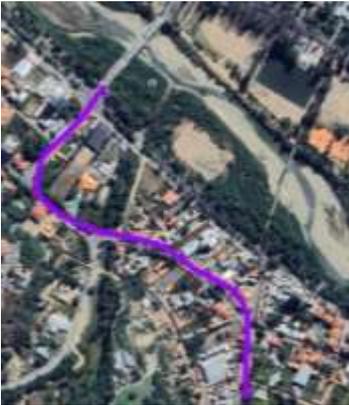
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45. Transporte público contruvet vecinal

TAXI TRUFI “CONTRUVET” VECINAL		
	Av. Héroes de la independencia - Av. Los Sauces -	Azul con naranja
		Verde lechuga con naranja

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46. Transporte público taxitrufi full sin fronteras

TAXI TRUFI FULL SIN FRONTERAS		
Recorrido	Ruta	Línea
	C. Sucre - Av. Los Sauces	Verde
		Morada
		Morado con verde
		Verde con morado
	Av. Los Sauces - Av. Héroes de la Independencia	Morado con blanco
		Verde con blanco "S"
		Morado con blanco "S"
		Verde con blanco

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV
DISEÑO Y ANÁLISIS

4. DISEÑO Y ANÁLISIS

4.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Análisis de parámetros por intersección:

Una vez concluido con la recolección y procesamiento de la información se procede a realizar el análisis de los resultados obtenidos con el de poder sacar las mejores conclusiones y afrontar los problemas que se hallan encontrado de acuerdo a los resultados obtenidos.

El objetivo del estudio era poder determinar los parámetros fundamentales de un estudio de tráfico en el área delimitada, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta y todos sus accesos que contribuyen con el flujo vehicular, los parámetros a evaluar son:

- Volumen
- Velocidad
- Densidad
- Capacidad y nivel de servicio

En total se realizó un estudio de 12 intersecciones las cuales forman parte del circuito de tráfico de las avenidas: Av. General Martín Miguel de Güemes, Av. Los callejones, Av. Los sauces, Av. Héroes de la independencia, cada intersección con sus características.

- ❖ Intersección N°1 Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo
- ❖ Intersección N°2 Av. General Martin Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto
- ❖ Intersección N°3 Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre
- ❖ Intersección N°4 Av. General Martin Miguel de Güemes – Av. Los Callejones
- ❖ Intersección N°5 Av. Los Callejones – Av. Los Sauces
- ❖ Intersección N°6 Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas
- ❖ Intersección N°7 Av. Los Sauces – Calle Sucre
- ❖ Intersección N°8 Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas
- ❖ Intersección N°9 Av. Los Sauces - Av. Héroes de la Independencia
- ❖ Intersección N°10 Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto
- ❖ Intersección N°11 Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo
- ❖ Intersección N°12 Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales

4.1.1. Resultados parámetro volumen

Tabla 47. Resultados del parámetro volumen

Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)					
Int	INTERSECCIÓN	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	959	692	993	434
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	1076	1055	937	-
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	1150	1054	1055	1101
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	724	-	932	-
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	632	592	603	-
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	785	767	985	-
7	Los Sauces – Calle Sucre	699	535	636	-
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	223	625	558	-
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	563	1258	1607	-
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	879	1509	520	917
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	30	695	-	818
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales	918	602	256	-

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que el volumen vehicular de las intersecciones 1-2-3-9-10 se encuentran en un rango de 950 a 1600 veh/hr. Mientras que el volumen vehicular en las intersecciones secundarias es variado.

4.1.2. Resultados del parámetro velocidad de punto

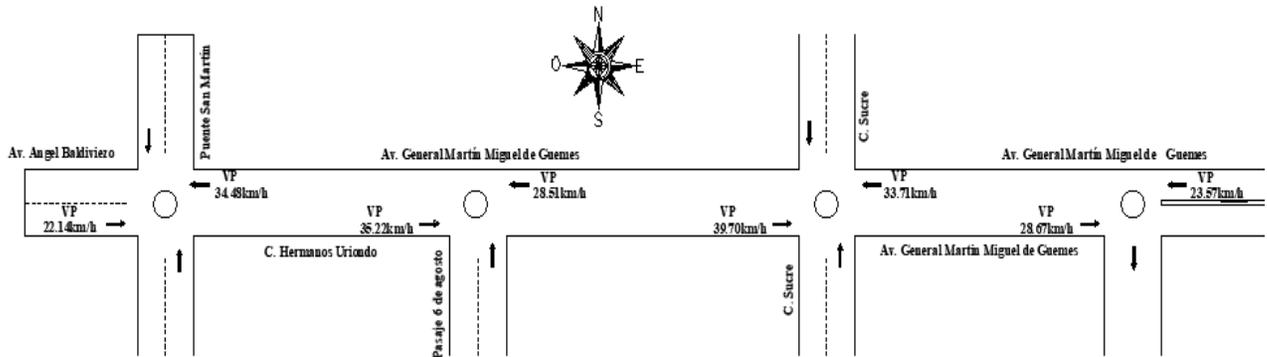
Tabla 48. Resultados del parámetro velocidad

N°	INTERSECCIÓN	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	22,87	34,48	21,5	22,14
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	28,51	22,89	35,22	-
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	21,97	33,71	22,31	39,7
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	28,67	-	23,57	-
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	20,82	25,16	20,19	-
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	26,16	35,83	25,16	-
7	Los Sauces – Calle Sucre	24,55	24,52	22,68	-
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	27,37	31,27	30,71	-
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	31,59	23,48	25,09	-
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	22,89	25,76	37,09	22,05
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	22,31	25,16	-	24,52
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales	22,33	28,51	22,86	-

Fuente: Elaboración propia

Conociendo los resultados de las velocidades finales el circuito se lo dividirá en dos tramos para hacer un análisis de la velocidad obtenida:

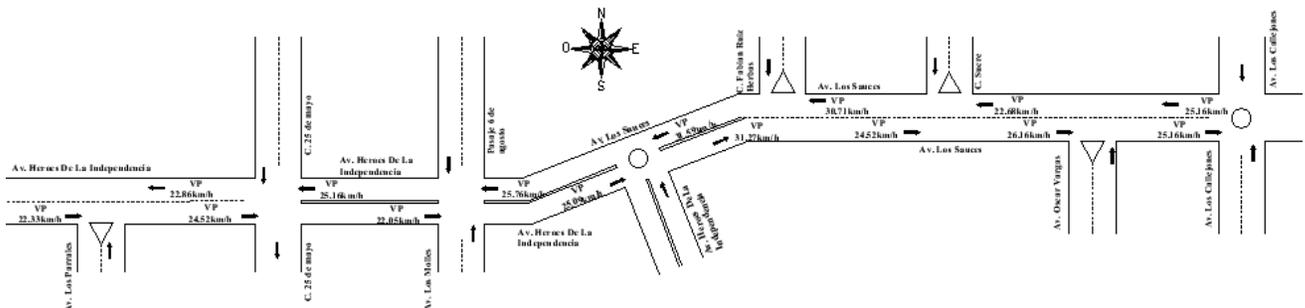
Imagen 48. Tramo 1 Av. General Martín Miguel de Güemes



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de punto o velocidad instantánea con la que circulan los vehículos en el tramo 1 de la avenida General Martín Miguel De Güemes en el sentido del carril de este a oeste (←) se obtuvo rangos de velocidades de 23km/hr hasta 34km/hr, obteniendo un promedio de 30.10km/hr, mientras que en el carril de oeste a este (→) se tuvo velocidades de 28km/hr hasta 35km/hr obteniendo una velocidad promedio de 34.53km/hr.

Imagen 49. Tramo 2 Av. Los sauces- Av. Héroe de la independencia



Fuente: Elaboración propia

La velocidad de punto o velocidad instantánea con la que circulan los vehículos en el tramo 2 de las avenidas los sauces y héroes de la independencia, el sentido del carril de este a oeste (←) se obtuvo rangos de velocidades de 22km/hr hasta 31km/hr, obteniendo un promedio de 25.70km/hr, mientras que en el carril de oeste a este (→) se tuvo velocidades de 22km/hr hasta 31km/hr obteniendo una velocidad promedio de 24.90km/hr.

Tabla 49. Resultados de velocidad de recorrido total

Av. General Martín Miguel de Güemes- Av. Los Sauces-Av. Heroes de la Independencia				Av. General Martín Miguel de Güemes- Av. Los Sauces-Av. Heroes de la Independencia			
Hora	Dirección (E-O)			Hora	Dirección (O-E)		
	V. Recorrido Total		V. Crucero		V. Recorrido Total		V. Crucero
	km	km/h	km/h		km	km/h	km/h
18:00 19:00	3,25	20,52	21,46	18:00 19:00	3,25	23,88	25,32
	3,25	20,58	22,48		3,25	23,98	26,12
	3,25	26,03	28,71		3,25	22,59	25,42
	3,25	23,34	27,00		3,25	23,03	26,57
	3,25	21,02	23,02		3,25	19,50	21,24
	3,25	29,23	31,77		3,25	23,40	26,32
	3,25	27,96	31,67		3,25	23,34	27,82
	3,25	28,58	34,09		3,25	22,60	26,57
	3,25	22,56	27,15		3,25	25,38	32,89
	3,25	22,98	25,60		3,25	22,14	26,82
Promedio	3,25	24,28	27,29	Promedio	3,25	22,98	26,51

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Resultados de capacidad y nivel de servicio

Tabla 50. Resultados de capacidad vehicular

RESULTADOS DE CAPACIDAD REAL									
Nº	INTERSECCIÓN	Acceso 1	V/C	Acceso 2	V/C	Acceso 3	V/C	Acceso 4	V/C
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	497	1,93	2700	0,26	1601	0,62	1526	0,28
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	2700	0,40	490	2,15	2700	0,35	-	-
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	432	2,66	2160	0,49	576	1,83	2160	0,51
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	2309	0,31	-	-	2309	0,40	-	-
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	550	1,15	1290	0,46	521	1,16	-	-
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	1080	0,73	806	0,95	1080	0,91	-	-
7	Los Sauces – Calle Sucre	576	1,21	1080	0,50	1080	0,59	-	-
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	806	0,28	1080	0,58	1026	0,54	-	-
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	1026	0,55	1685	0,75	1555	1,03	-	-
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	490	1,80	1944	0,78	1152	0,45	2430	0,38
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	314	0,10	1359	0,51	-	-	1177	0,69
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Pinales	898	1,02	1080	0,56	1193	0,21	-	-

Fuente: Elaboración propia

La capacidad en una intersección urbana varía de acuerdo a diferentes factores para lo cual habiendo analizado y procesado la información recolectada se obtuvo que la capacidad de las avenidas principales es superior a la capacidad de las calles secundarias sin embargo

para indicar la capacidad que debería tener una intersección se asume el menor valor de la capacidad que ofrezcan los accesos del punto de análisis.

Tabla 51. Resultados de nivel de servicio

RESULTADOS DE NIVEL DE SERVICIO									
N°	INTERSECCIÓN	Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3		Acceso 4	
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	1,9	F	0,3	C	0,6	D	0,3	C
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	0,4	D	2,2	F	0,3	C		
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	2,7	F	0,5	D	1,8	F	0,5	D
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	0,3	C			0,4	D		
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	1,1	F	0,5	D	1,2	F		
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	0,7	D	1,0	F	0,9	E		
7	Los Sauces – Calle Sucre	1,2	F	0,5	D	0,6	D		
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	0,3	C	0,6	D	0,5	D		
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	0,5	D	0,7	D	1,0	F		
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	1,8	F	0,8	E	0,5	D	0,4	D
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	0,1	B	0,5	D			0,7	D
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales	1,0	F	0,6	D	0,2	C		

Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio que presenta en su mayoría el circuito es un nivel de servicio “D” el cual define que aún hay flujo estable presentan colas con restricciones geométricas, no se puede circular a la velocidad deseada.

4.2.SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR

Los problemas que enfrenta el circuito de transporte que analizamos, en su mayoría se presentan en las intersecciones debido al flujo vehicular que ingresan de sus accesos, ya que en algunas de sus avenidas es prohibido los estacionamientos, se realiza un mal uso de las calles simples en doble sentido o giros en u prohibidos, estos factores acompañados de un desgaste y mal estado de las señales de tránsito es lo que provoca que el flujo vehicular se vea afectando generando problema y accidentes a los que circulan por esta zona.

En el capítulo II definimos que existen tres tipos de solución a los problemas de tráfico vehicular tenemos, las soluciones de bajo costo, soluciones de alto costo y solución integral que esta solo se aplica para satisfacer a un determinado tipo de problema como ser el transporte pesado en carreteras.

El control de tránsito es una solución de bajo costo, al hacer el reconocimiento de campo se observó que el personal de tránsito se encuentra en las intersecciones de mayor volumen

siendo las intersecciones I-II-III, en horas pico del día tratando de descongestionar el área, pero lo cual no es suficiente para todo el circuito que estamos estudiando.

Una solución de bajo costo que proponemos es la implementación de señales de tránsito tanto horizontales como verticales ya que estas solo requerirían de mantenimiento para que logren sus objetivos por las que fueron creadas.

Una solución de alto costo sería la implementación de semáforos, las mismas que para su funcionamiento requieren de un centro de monitoreo y personal que realice constantes mantenimientos. Una vez conocido las maniobras que realizan los vehículos por todo el circuito de transporte detectamos intersecciones que podrían reducir el congestionamiento vehicular con la instalación de semáforos.

A continuación, elaboraremos el diseño de las señalizaciones verticales y horizontales porque cuando hicimos el reconocimiento de campo observamos que en varios tramos no existen estas, así mismo plantearemos puntos de instalación de semáforos en las intersecciones más críticas ya que no cuenta con ninguna instalación en todo el circuito de transporte que estamos analizando.

Así también se verificará la oferta y demanda de estacionamientos que existe en la zona.

4.2.1. Diseño de semaforización

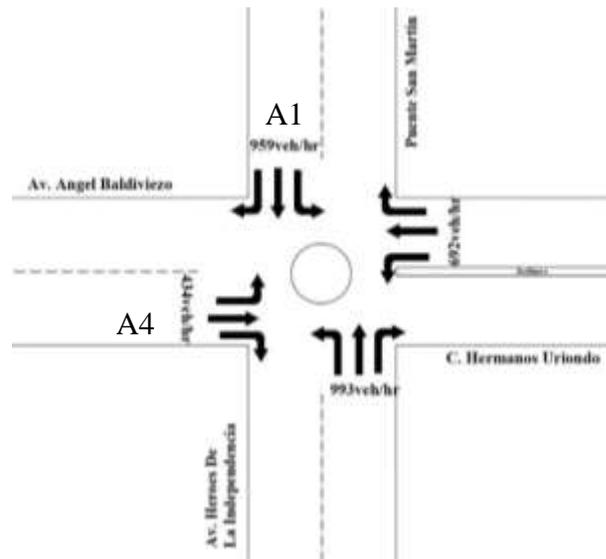
Una medida de solución que se optará para el descongestionamiento de algunas intersecciones de las avenidas, será el diseño de semaforización.

Para el diseño de semaforización se analizó aplicarlo en las intersecciones más críticas ya que son las que presentan mayores volúmenes y al ser una solución de alto costo no sería factible aplicarlo en todas las intersecciones analizadas.

- ❖ Intersección N°1 Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo
- ❖ Intersección N°3 Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre

Para la semaforización se hará el cálculo según la norma AASHTO, se tomó en cuenta las velocidades de punto en cada tramo, sus distancias y el tiempo de ciclo que se dará para semáforo.

INTERSECCIÓN I



DATOS:

Acceso A-1 y A-4

Datos para el diseño de semaforización					
A-1		A-4		En común	
Vol (veh/hr)	959	Vol (veh/hr)	434	Long. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	6,4	Vel (m/s)	6,15	t (s)	1
W (m)	7,2	W (m)	21	a (m/s ²)	3,5
Long. Inters. (m)	160	Long. Inters. (m)	198		

1.- Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 1

$$C = \frac{Lint}{Vel} = \frac{160}{6.4} = 25s$$

Acceso 4

$$C = \frac{Lint}{Vel} = \frac{198}{6.15} = 32s$$

Se puede observar que los valores de los ciclos no se encuentran dentro del rango admitido por la norma AASHTO 35-120.

Según la metodología HCM:

Cálculo del intervalo de cambio de fase:

$$Y_i = \left(t + \frac{V}{2 * a} \right) + \left(\frac{W + L_{veh}}{V} \right)$$

Donde:

V= Velocidad (m/s)

Lveh= Longitud de vehículo tipo (m)

a= Aceleración (m/s²)

W= Longitud de paso intersección (m)

$$Y_1 = \left(1 + \frac{6.4}{2 * 3.5} \right) + \left(\frac{7.2 + 5.80}{6.4} \right) = 1.9 + 2.05 = 3.95$$

$$A_1 = 2 + T_{r2} \rightarrow T_{r2} = A_1 - 2$$

$$T_{r2} = 3.95 - 2 = 1.95 \approx 2$$

$$Y_2 = \left(1 + \frac{6.15}{2 * 3.5} \right) + \left(\frac{21 + 5.80}{6.15} \right) = 1.9 + 4.4 = 6.24$$

$$A_2 = 2 + T_{r1} \rightarrow T_{r1} = A_2 - 2$$

$$T_{r1} = 6.24 - 2 = 4.24 \approx 5$$

Tiempos de pérdida (L):

$$I_1 = A_1 + T_{R1} = 2 + 5 = 7 \text{ segundos}$$

$$I_2 = A_2 + T_{R2} = 2 + 2 = 4 \text{ segundos}$$

$$L = I_1 + I_2 = 7 + 4 = 11 \text{ segundos}$$

Máxima relación de flujos (Yi):

$$Y_i = \frac{q_i}{S} = \frac{\text{Flujo maximo}}{\text{Flujo de saturacion}}$$

Según norma HCM 2010 para semaforización el flujo de saturación S=1900veh/hr

$$Y_1 = \frac{q_1}{S} = \frac{959}{1900} = 0.505$$

$$Y_2 = \frac{q_2}{S} = \frac{434}{1900} = 0.228$$

Ciclo óptimo para el sistema de semaforización:

$$\text{Ciclo óptimo} = \frac{1.5 * L + 5}{1 - \sum Y_i}$$

Donde:

L= Tiempos de perdida (s)

Yi= Máxima relación de flujo

$$\text{Ciclo } \acute{o}\text{ptimo} = \frac{1.5 * 11 + 5}{1 - (0.505 + 0.228)}$$

$$\text{Ciclo } \acute{o}\text{ptimo} = 80.52 \approx 81 \text{ segundos}$$

2.- Asignación de tiempos de fase amarillo

Se asumió los siguientes tiempos de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$ta_{(ida)} = 3 \text{ segundos} \quad ta_{(retorno)} = 3 \text{ segundos}$$

3.- Determinación de tiempos fase Rojo y Verde:

$$\frac{V_A * ta_{(ida)}}{Tv_A} = \frac{V_B * ta_{(retorno)}}{Tv_B}$$

$$\frac{959 * 3}{Tv_A} = \frac{434 * 3}{Tv_B}$$

$$Tv_B = 0.453 * Tv_A \quad Ec (1)$$

$$\text{Ciclo} = Tv_A + Tv_B + ta_{(ida)} + ta_{(retorno)}$$

$$\text{Ciclo} = Tv_A + Tv_B + 3 + 3$$

$$Tv_A + Tv_B = 81 - 3 - 3 = 75 \text{ segundos}$$

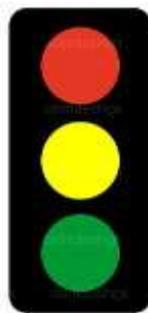
$$Tv_A + Tv_B = 75 \text{ segundos} \quad Ec (2)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\left[\begin{array}{l} -0.453Tv_A + Tv_B = 0 \\ Tv_A + Tv_B = 75 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} Tv_A = 52 \text{ segundos} \\ Tv_B = 23 \text{ segundos} \end{array}$$

4.- Sistema de semaforización

SEMÁFORO PRINCIPAL



Rojo= 23segundos

Amarillo= 3segundos

Verde= 52 segundos

Ciclo= 78 segundos

SEMÁFORO SECUNDARIO

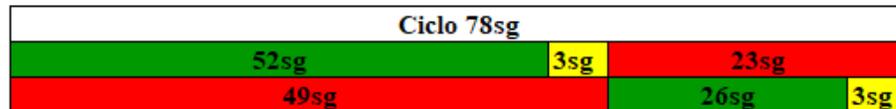


Rojo=49 segundos

Amarillo= 3segundos

Verde=26 segundos

Ciclo= 78 segundos



Como propuesta de solución la implementación de semáforos se pudo observar que la intersección I presenta un alto porcentaje de vehículos que realizan el giro izquierdo por lo cual se procederá a implementar un foco más al semáforo teniendo cuatro focos: rojo, amarillo, verde y giro izquierda en verde.



Rojo= 23segundos

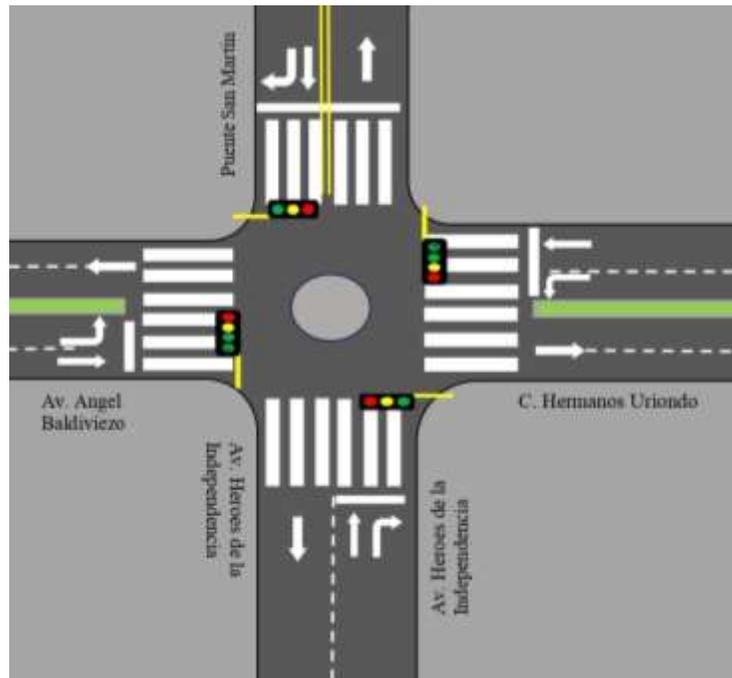
Amarillo= 3segundos

Verde= 34segundos

Giro Izquierda= 18segundos

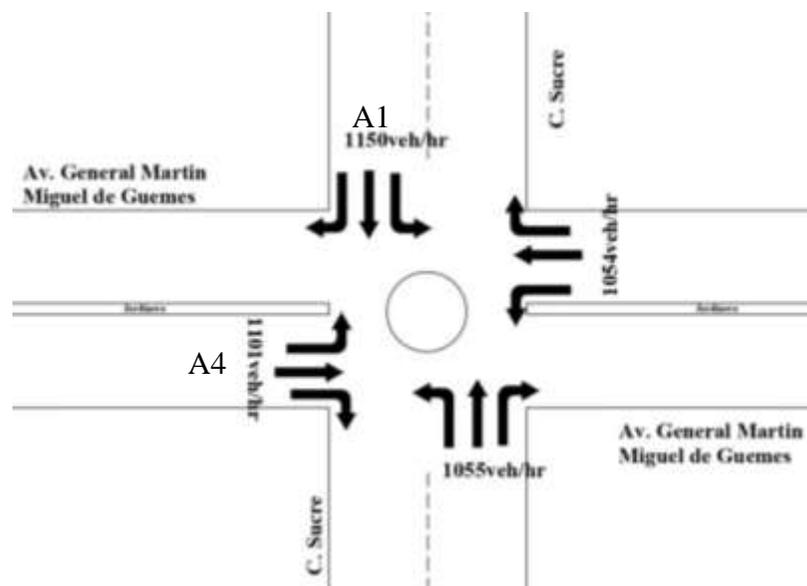
Intersección I	Volumen Veh/h	Tiempo Verde (sg)
Volumen	434	52
Giro Izquierda	150	18
De Frente	139	34

Imagen 50. Esquema de semaforización intersección I



Fuente: Elaboración Propia

INTERSECCIÓN III



DATOS:

Acceso A-1 y A-4

Datos para el diseño de semaforizacion					
A-1		A-4		En común	
Vol (veh/hr)	1150	Vol (veh/hr)	1107	Long. Veh. (m)	5,8
Vel (m/s)	6,1	Vel (m/s)	11,03		
W (m)	10	W (m)	25	t (s)	1
Long. Inters. (m)	186	Long. Inters. (m)	397	a (m/s ²)	3,5

1.- Análisis de ciclo óptimo de semáforos

Según longitud de intersección:

Acceso 1

$$C = \frac{Lint}{Vel} = \frac{186}{6.1} = 30.5s$$

Acceso 4

$$C = \frac{Lint}{Vel} = \frac{397}{11.03} = 36s$$

Según la norma AASHTO el rango de ciclo se encuentra de 35-120sg por lo cual obtuvimos un ciclo de 36segundos, pero al analizar los volúmenes y velocidades en la intersección son altas por lo que optaremos en utilizar 120segundos para el cálculo.

Ciclo óptimo = 120 segundos

2.- Asignación de tiempos de fase amarillo

Se asumió los siguientes tiempos de fase amarilla para el acceso principal y secundario.

$$ta_{(ida)} = 3 \text{ segundos} \quad ta_{(retorno)} = 3 \text{ segundos}$$

3.- Determinación de tiempos fase Rojo y Verde:

$$\frac{V_A * ta_{(ida)}}{Tv_A} = \frac{V_B * ta_{(retorno)}}{Tv_B}$$

$$\frac{1150 * 3}{Tv_A} = \frac{1107 * 3}{Tv_B}$$

$$Tv_B = 0.963 * Tv_A \quad Ec (1)$$

$$Ciclo = Tv_A + Tv_B + ta_{(ida)} + ta_{(retorno)}$$

$$Ciclo = Tv_A + Tv_B + 3 + 3$$

$$Tv_A + Tv_B = 120 - 3 - 3 = 114 \text{ segundos}$$

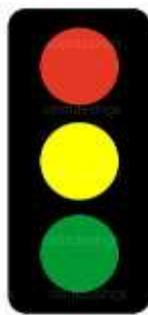
$$Tv_A + Tv_B = 114 \text{ segundos} \quad Ec (2)$$

Sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} -0.963Tv_A + Tv_B = 0 \\ Tv_A + Tv_B = 114 \end{cases} \quad \begin{cases} Tv_A = 58 \text{ segundos} \\ Tv_B = 56 \text{ segundos} \end{cases}$$

4.- Sistema de semaforización

SEMÁFORO PRINCIPAL



Rojo= 56segundos

Amarillo= 3segundos

Verde= 58 segundos

Ciclo= 117 segundos

SEMÁFORO SECUNDARIO

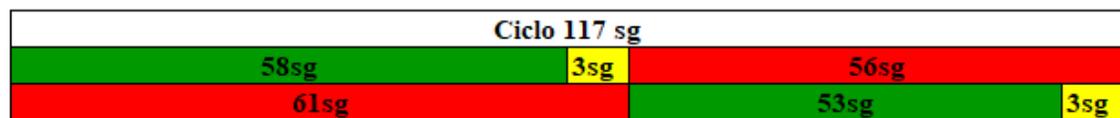


Rojo=61 segundos

Amarillo= 3segundos

Verde=53 segundos

Ciclo= 117 segundos



Como propuesta de solución la implementación de semáforos se pudo observar que la intersección III presenta un alto porcentaje de vehículos que realizan el giro izquierdo por lo cual se procederá a implementar un foco más al semáforo teniendo cuatro focos: rojo, amarillo, verde y giro izquierda en verde.



Rojo= 56segundos

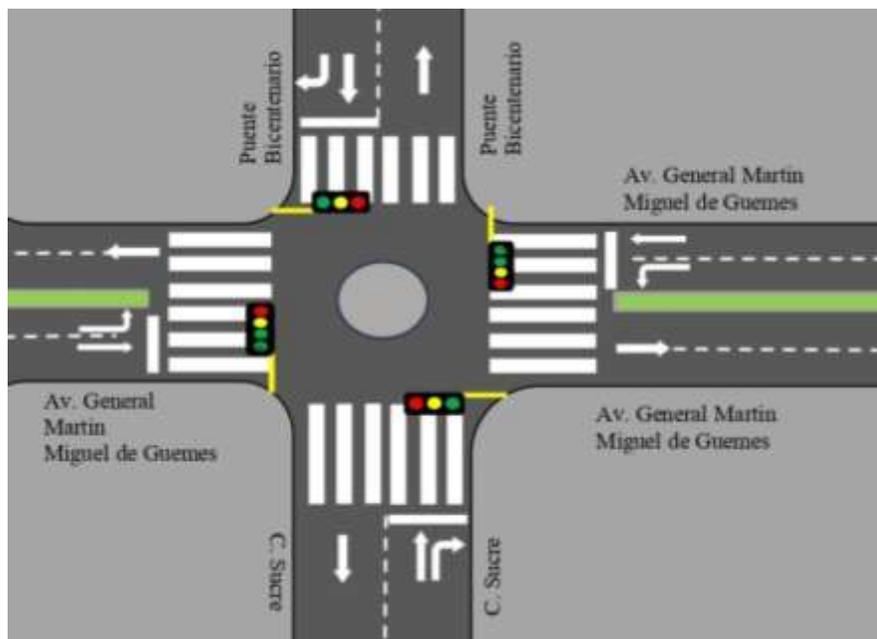
Amarillo= 3segundos

Verde= 38segundos

Giro Izquierda= 18segundos

Intersección III	Volumen Veh/h	Tiempo Verde sg
Volumen	1101	58
Giro Izquierda	348	18
De Frente	416	38

Imagen 51. Esquema de semaforizacion intersección III



Fuente: Elaboración propia

Conclusión: El diseño de los semáforos, busca generar un flujo estable y evitar que los vehículos generen largas colas de trancadera quedándose parados en media intersección, problema que se vio al momento de realizar los aforos en el trabajo de recolección de datos. En intersecciones donde el volumen vehicular es alto, se les asigno un mayor tiempo

de verde, para reducir riesgos de colisión entre vehículos que giran a la izquierda y vehículos que giran a la derecha.

Resultado de tiempos de fase y ciclos de semaforización

En la tabla se puede observar las fases y ciclos calculados para cada una de las intersecciones que han sido estudiadas.

Tabla 52. Resumen de ciclos de semáforos

CICLO DE SEMÁFOROS								
INTERSECCION	Principal				Secundario			
	Ciclo	R	A	V	Ciclo	R	A	V
Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	78	23	3	52	78	49	3	26
Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	117	56	3	58	117	61	3	53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Volumen vehicular para diseño de semaforización

Ingreso de volumen vehicular por acceso (veh/hr)					
Int	INTERSECCIÓN	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	959	692	993	434
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	1150	1054	1055	1101

Fuente: Elaboración propia

Ejemplo de condiciones para la instalación de semáforos:

Tabla 54. Instalación de semáforo para intersección I A1/A4

Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo			
Condiciones para la instalación de un semáforo			
Volumen calle principal	959	veh/hr	
Volumen calle secundaria	434	veh/hr	
1ra condición volúmenes mínimos para accesos			
Volumen mínimo calle principal	500	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo calle secundaria	150	veh/hr	Cumple
2da condición volúmenes mínimos sumando ambos accesos			
Volumen mínimo calle principal+secundaria	750	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo solo calle secundaria	75	veh/hr	Cumple
3ra condición cantidad mínima de peatones en circulación			
No se tiene datos			
4ta condición separación mínima de semáforos 300 metros			
Semáforo cercano intersección 1	308		Cumple

Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo		
5ta condición antecedentes de accidentes de tránsito		
Accidentes más frecuentes colisiones vehículo a vehículo		Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Instalación de semáforo para intersección I A3/A2

Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo			
Condiciones para la instalación de un semáforo			
Volumen calle principal	993	veh/hr	
Volumen calle secundaria	692	veh/hr	
1ra condición volúmenes mínimos para accesos			
Volumen mínimo calle principal	500	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo calle secundaria	150	veh/hr	Cumple
2da condición volúmenes mínimos sumando ambos accesos			
Volumen mínimo calle principal+secundaria	750	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo solo calle secundaria	75	veh/hr	Cumple
3ra condición cantidad mínima de peatones en circulación			
No se tiene datos			
4ta condición separación mínima de semáforos 300 metros			
Semáforo cercano intersección 1	308		Cumple
5ta condición antecedentes de accidentes de tránsito			
Accidentes más frecuentes colisiones vehículo a vehículo			Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Instalación de semáforo para intersección III A1/A4

Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre			
Condiciones para la instalación de un semáforo			
Volumen calle principal	1150	veh/hr	
Volumen calle secundaria	1101	veh/hr	
1ra condición volúmenes mínimos para accesos			
Volumen mínimo calle principal	500	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo calle secundaria	150	veh/hr	Cumple
2da condición volúmenes mínimos sumando ambos accesos			
Volumen mínimo calle principal+secundaria	750	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo solo calle secundaria	75	veh/hr	Cumple
3ra condición cantidad mínima de peatones en circulación			
No se tiene datos			
4ta condición separación mínima de semáforos 300 metros			

Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre		
Semáforo cercano intersección 1	308	Cumple
5ta condición antecedentes de accidentes de tránsito		
Accidentes más frecuentes colisiones vehículo a vehículo		Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Instalación de semáforo para intersección III A3/A2

Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre			
Condiciones para la instalación de un semáforo			
Volumen calle principal	1055	veh/hr	
Volumen calle secundaria	1054	veh/hr	
1ra condición volúmenes mínimos para accesos			
Volumen mínimo calle principal	500	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo calle secundaria	150	veh/hr	Cumple
2da condición volúmenes mínimos sumando ambos accesos			
Volumen mínimo calle principal+secundaria	750	veh/hr	Cumple
Volumen mínimo solo calle secundaria	75	veh/hr	Cumple
3ra condición cantidad mínima de peatones en circulación			
No se tiene datos			
4ta condición separación mínima de semáforos 300 metros			
Semáforo cercano intersección 1	308		Cumple
5ta condición antecedentes de accidentes de tránsito			
Accidentes más frecuentes colisiones vehículo a vehículo			Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Resumen de estudio de semaforización

Condición	1	2	3	4	5	Observación
Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	SI	SI	-	SI	SI	Cumple
Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre	SI	SI	-	SI	SI	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Resumen de numero de semáforos por intersección

NUMERO DE SEMAFOROS POR INTERSECCION		
Intersección	Principal	Secundario
Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	2	2
Av. General Martin Miguel de Güemes – Calle Sucre	2	2

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Diseño de señalización

La señalización es tan esencial en un trayecto de vía, tan importante que si estas no se encuentran en vías e intersecciones el flujo vehicular sería un caos, ya que de ellas depende el orden de los vehículos a la hora de desplazarse por las arterias principales y secundarias de una red urbana con constante flujo de tráfico vehicular.

Muchos problemas que se encuentran en municipios desarrollados donde el parque automotor es considerable son el mal estado de las señales horizontales y verticales la carencia de mantenimiento provoca que las mismas se deterioren y queden obsoletas.

El principal problema que genera un mal estado de señalización es la falta de regulación en la red de flujo vehicular, donde los usuarios de vehículos se detienen en cualquier parte, sobre las líneas de paso de cebra, en lugares con estacionamiento prohibido, en paradas de buses, en esquinas de intersección y otros lugares restrictivos o áreas específicamente dispuestas para cierta población, como ser paqueos de personas discapacitadas.

Si el mal estado de las señales horizontales y verticales se prolonga con el tiempo la población, usuario y peatón se acostumbra a no estar regularizado provocando que los mismos se acostumbre o adopten un mal hábito, todo por no sentirse regularizados por este tipo de señales.

Debido a que las señales son muy importantes para complementar el buen desarrollo de una vía urbana o rural, la entidad encargada de regular la circulación del tráfico en Bolivia, SNC hoy ABC adopto como base el uso del Manual Interamericano de Dispositivos para el Control del Tráfico en Calles y Carreteras, por lo que todo tipo de señal puesta en una vía es igual y tiene el mismo significado en cualquier país.

A continuación, se procederá indicar las señales que se recomienda realizar en el área de estudio ya realizado.

4.2.2.1. Señalización vertical

Las señales verticales necesarias para un buen control y regulación del tráfico vehicular en tramos e intersecciones del circuito de transporte que analizamos, son las siguientes:

- Señalética de estacionamiento prohibido (SV01)

- Señalética de pare (SV02)
- Señalética rompe muelles (SV03)
- Señalética de informativo centro de salud (SV04)
- Señalética parada de buses (SV04)
- Señalética de zona escolar (SV05)

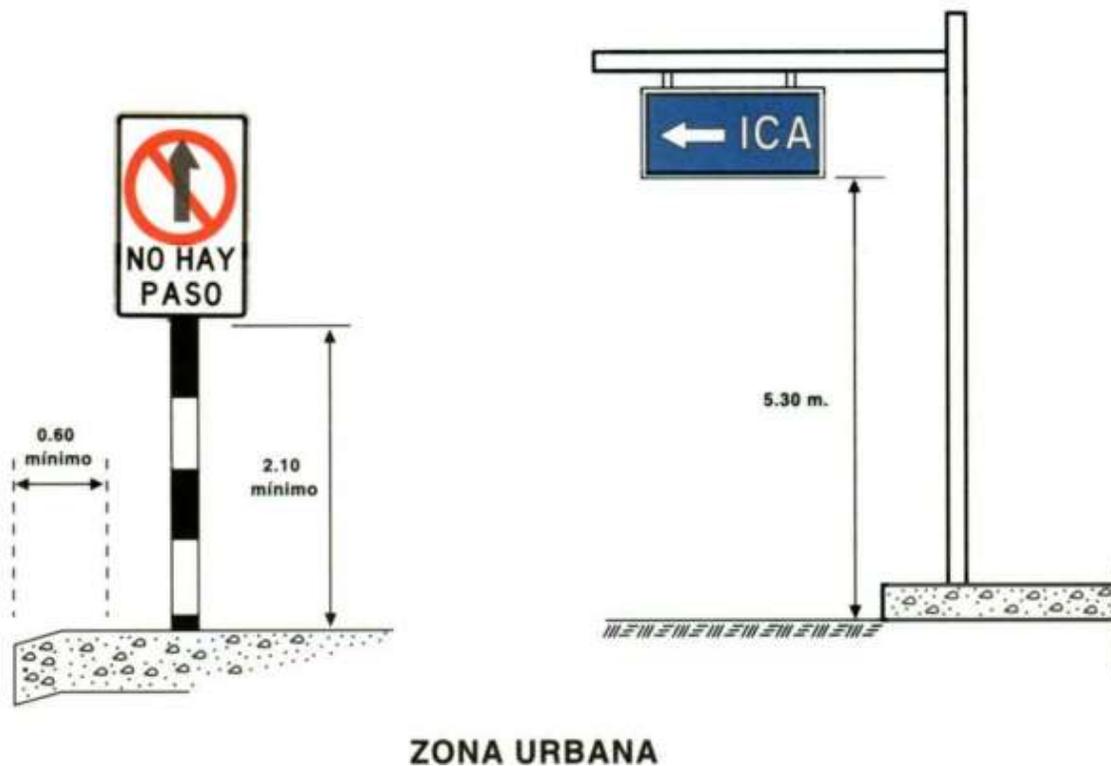
Ubicación de señales verticales:

Zona urbana

Lateral: la distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal no deberá ser menor de 0,60 m.

Altura: la altura mínima permisible entre el borde inferior de la señal y el nivel de la vereda no será menor de 2,10 m.

Imagen 52. Altura mínima para señales verticales



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito en calles y carreteras

A más detalle de la señalética vertical aplicada se encontrará en el plano encontrado en el Anexo 7.

4.2.2.2. Señalización horizontal

Las señales horizontales necesarias para un buen control y regulación del tráfico vehicular en tramos e intersecciones del circuito de transporte son las siguientes:

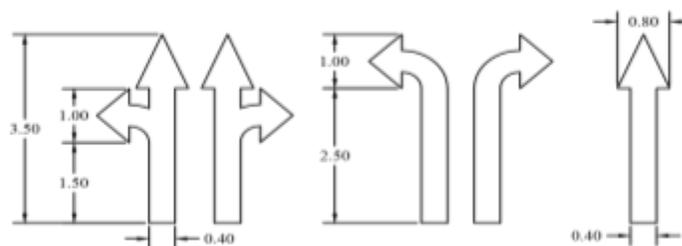
- Línea de separación de carril
- Líneas de prohibición de invasión de carril
- Línea paso peatonal (línea de cebra)
- Línea de pare
- Flechas direccionales
- Línea de prohibición de parar

Imagen 53. Dimensiones de señaléticas horizontales

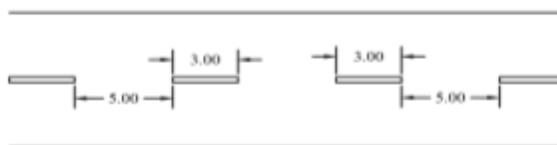
Demarcación de paso peatonal



Demarcación de flechas direccionales

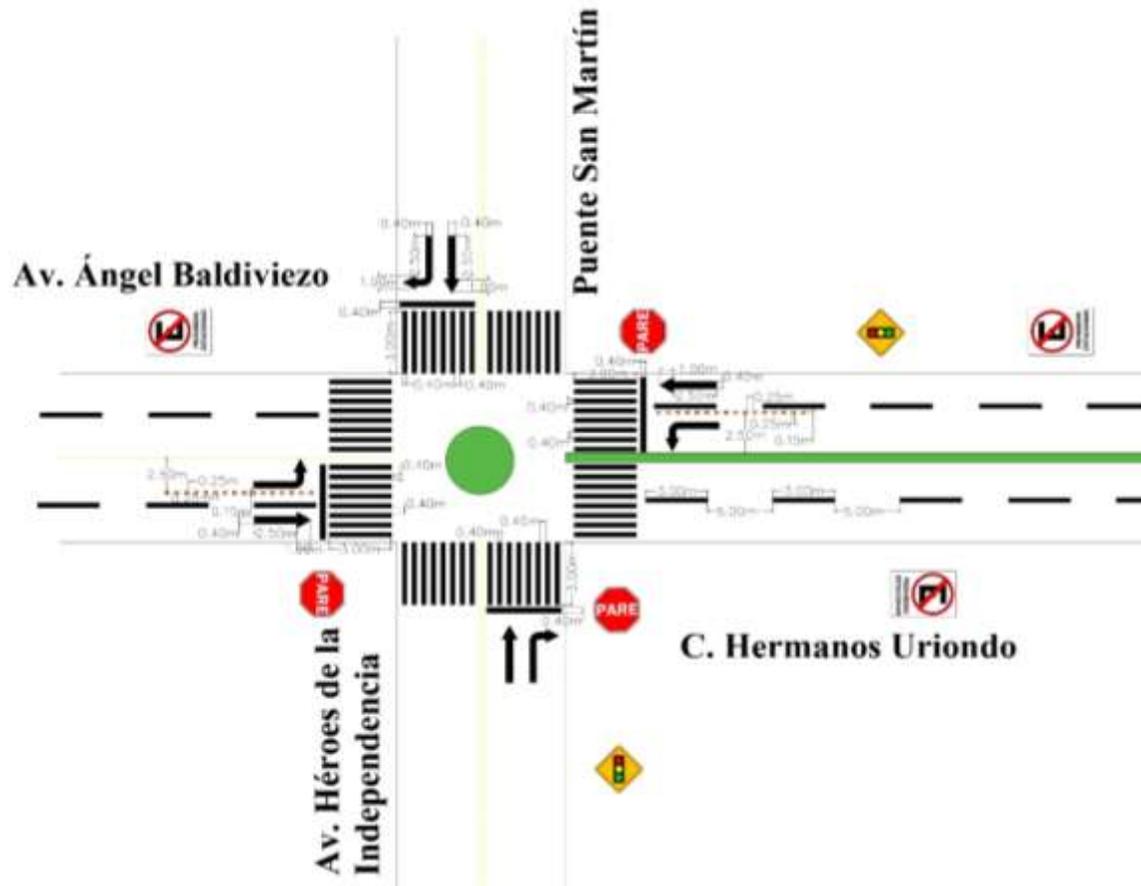


Demarcación de divisor de carril



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito en calles y carreteras

Imagen 54. Señalización horizontal y vertical de la intersección I



Fuente: Elaboración propia

A más detalle de la señalización horizontal y vertical de las demás intersecciones la encontraremos en el anexo VIII.

4.2.3. Diseño de oferta de estacionamientos

Los estacionamientos son un complemento para una buena circulación vehicular en cualquier calle urbana, el conocer las áreas específicas donde se es permitido estacionar es muy importante y su cumplimiento por parte de los usuarios vital para no perjudicar el flujo vehicular que circula por la vía que contiene los estacionamientos.

Según el Código de Tránsito de Bolivia y la Ley de Movilidad Urbana y Transporte, hay regulaciones específicas que prohíben el estacionamiento en ciertas áreas, incluyendo avenidas principales y carreteras.

En el Código de Tránsito de Bolivia, en sus artículos:

- Artículo 44. Estacionamiento en las carreteras: Se prohíbe el estacionamiento de cualquier clase de vehículo en la calzada de las carreteras y caminos rurales, salvo en caso de necesidad insalvable donde el conductor está obligado a señalar el peligro.
- Artículo 46. Estacionamiento prohibido: Está prohibido estacionar, parar o detener el vehículo en lugares no autorizados por la Policía del Tránsito.
- Artículo 48. Reservaciones: Quedan prohibidas las reservaciones de áreas de estacionamiento en calles, avenidas, parques y plazas, excepto para vehículos específicos autorizados.

En la Ley de Movilidad Urbana y Transporte en sus artículos:

- Artículo 18. Restricciones en vías principales: La ley establece que se deben adoptar medidas para restringir el estacionamiento en vías principales para asegurar la fluidez del tráfico y la seguridad vial.
- Artículo 21. Normas de estacionamiento: Las normativas locales pueden establecer restricciones adicionales en zonas de alta congestión o vías de importancia estratégica para el flujo vehicular.

4.2.3.1. Análisis Técnico

Realizar un análisis de estacionamientos ya que nos permite identificar áreas donde el estacionamiento puede ser permitido sin afectar negativamente el flujo vehicular, optimizando así el uso del espacio urbano de manera eficiente.

El estudio realizado nos permite identificar zonas con alta demanda de estacionamientos y verificar si la oferta que es capaz de dar el circuito de transporte es suficiente para satisfacer la demanda.

- **Demanda:** La metodología empleada nos indica que se debía realizar aforos en las cuadras interesadas anotando las placas de los vehículos que se encontraban haciendo uso de los estacionamientos en periodos de 20 a 30 minutos durante 1 hora.

En nuestro caso se realizó 3 lecturas obteniendo diversos números de placas de vehículos estacionados verificando el aumento o decremento de estos. La demanda final será el número de placas no repetidas estacionadas en las 3 lecturas.

Demanda = N°de placas contadas no repetidas en una hora

- **Oferta:** La oferta es la cantidad máxima de vehículos que permite estacionar a lo largo del circuito de transporte que estamos analizando, dependiendo del diseño y dimensiones de los cajones dispuestos en paralelo al margen derecho de la vía.

$$\text{Oferta} = \frac{L}{L_c} - 2 = \frac{\text{Longitud de cuadra}}{\text{Longitud de casilla}} = \text{N}^\circ \text{casillas posibles}$$

- **Índice de ocupación:** Es el índice del uso de un espacio del estacionamiento. Se obtiene dividiendo el volumen del estacionamiento para un período especificado por el número de los espacios del estacionamiento.

$$I_o = \frac{\text{Demanda}}{\text{Oferta}} = \text{N}^\circ \text{veh/casilla}$$

De acuerdo a lo realizado en trabajo de campo se observó que hay una demanda de estacionamiento en el tramo 1 de nuestro circuito que es la calle hermanos Uriondo prolongación avenida general martín miguel de Güemes, a pesar de que está prohibido el

estacionamiento en esta zona el conductor no la respeta por lo cual aremos un cálculo para ver la oferta que permite la zona.

4.2.3.2. Análisis de estacionamientos en el tramo I

Para el levantamiento de datos de estacionamientos se procedió a realizar el aforo de placas de vehículos estacionados a lo largo del tramo 1 que comprende la calle Hermanos Uriondo prolongación Av. General Martin Miguel de Güemes, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta durante un periodo de un día en las horas pico identificadas anteriormente, de 8:00am a 9:00am, de 11:00am a 12:00pm y de 6:00pm a 7:00pm.

Tabla 60. Aforo de placas para estudio de estacionamiento carril de vuelta

Aforo de placas para estudio de estacionamientos carril de vuelta								
Aforo de placas carril de vuelta (←) Calle Hermanos Uriondo								
Pasaje 6 de agosto - Puente San Martin								
N°	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			N°	Demanda final
1	5657YIH	1485FUC	3760UBX	5657YIH	1647LIT	1478TDD	1	5657YIH
2	2598LGN	5274CAK	3760UBX	5657YIH	1647LIT	1478TDD	2	2983CYH
3	2983CYH	2317ILB	2598LGN	5657YIH	1647LIT	6075LEP	3	2422FTB
4	2422FTB	4469BKN	2983CYH	2983CYH	2317ILB	2269YPI	4	2919ALX
5	2919ALX	595UDY	2422FTB	2983CYH	2317ILB	5715DNN	5	995TSL
6	995TSL	1415CPA	2919ALX	2983CYH	2317ILB	1294MNX	6	2062TRK
7	2062TRK	1221TAK	995TSL	2422FTB	5274CAK	1643FRF	7	5726GDG
8	5726GDG	1644ZPF	2062TRK	2422FTB	5274CAK	3452EZC	8	5360INS
9	5715DNN	4023RFS	5726GDG	2422FTB	5274CAK	2094LIP	9	4023RFS
10	1294MNX	1647LIT	5360INS	2919ALX	1485FUC	3760UBX	10	1647LIT
11	5360INS	6075LEP	4023RFS	2919ALX	1485FUC	2598LGN	11	2317ILB
12	1647LIT	3852LCB	1644ZPF	2919ALX	1485FUC	5274CAK	12	5274CAK
13	4023RFS	5360INS	595UDY	995TSL	595UDY		13	1485FUC
14	1644ZPF	5726GDG	2317ILB	995TSL	595UDY		14	595UDY
15	1221TAK	2062TRK	5274CAK	995TSL	595UDY		15	1221TAK
16	1415CPA	995TSL	1485FUC	2062TRK	1221TAK		16	1415CPA
17	2269YPI	2919ALX		2062TRK	1221TAK		17	4469BKN
18	595UDY	2422FTB		2062TRK	1415CPA		18	1478TDD
19	4469BKN	5657YIH		5726GDG	1415CPA		19	6075LEP
20	2317ILB	2598LGN		5726GDG	4469BKN		20	2269YPI
21	5274CAK	2983CYH		5726GDG	4469BKN		21	5715DNN
22	1485FUC			5360INS			22	1294MNX
23	1643FRF			5360INS			23	1643FRF
24	3452EZC			5360INS			24	3452EZC
25	2094LIP			4023RFS			25	2094LIP
				4023RFS			26	3760UBX
				4023RFS			27	2598LGN
							28	5274CAK
Número total de vehículos estacionados								28

Tabla 61. Aforo de placas para estudio de estacionamiento carril de ida

Aforo de placas para estudio de estacionamientos carril de ida								
Aforo de placas carril de ida (->) Calle Hermanos Uriondo								
Puente San Martín - Pasaje 6 de agosto								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	1551LBY	2381ILA	2692YHC	2381ILA	5745PTC	1551LBY	1	2381ILA
2	1463NYP	4996BII	3115YBS	2381ILA	5745PTC	1463NYP	2	4996BII
3	687CKU	3110TRP	2381ILA	2381ILA	5745PTC	687CKU	3	3110TRP
4	4083HZY	4086FYG	4996BII	4996BII	3105ICX	4083HZY	4	4086FYG
5	2381ILA	2351AZG	3110TRP	4996BII	3105ICX	6097PFN	5	2351AZG
6	4996BII	1860TNR	4086FYG	4996BII	3105ICX	5496NIE	6	1860TNR
7	3110TRP	4737FHR	2351AZG	3110TRP	2836XYS	1522LKG	7	4737FHR
8	4086FYG	3826UIR	4737FHR	3110TRP	2836XYS	6055UYP	8	273HKL
9	2351AZG	273HKL	273HKL	3110TRP	2836XYS	1553UFY	9	5745PTC
10	1860TNR	5745PTC	5745PTC	4086FYG	5726NXT	2692YHC	10	3105ICX
11	4737FHR	3105ICX	3105ICX	4086FYG	5726NXT	3115YBS	11	2836XYS
12	3826UIR	2836XYS	1161DIU	4086FYG	5726NXT	3403SEF	12	5726NXT
13	6097PFN	5726NXT	5726NXT	2351AZG	2476UES	4288ACX	13	2476UES
14	273HKL	2476UES	2476UES	2351AZG	2476UES		14	1860TNR
15	5745PTC		3403SEF	2351AZG	2476UES		15	3826UIR
16	3105ICX		4288ACX	1860TNR	1860TNR		16	2836XYS
17	5496NIE			1860TNR	1860TNR		17	1161DIU
18	2836XYS			1860TNR	3826UIR		18	1551LBY
19	1522LKG			4737FHR	3826UIR		19	1463NYP
20	6055UYP			4737FHR	2836XYS		20	687CKU
21	5726NXT			4737FHR	2836XYS		21	4083HZY
22	1553UFY			273HKL	1161DIU		22	6097PFN
23	2476UES			273HKL	1161DIU		23	5496NIE
				273HKL			24	1522LKG
							25	6055UYP
							26	1553UFY
							27	2692YHC
							28	3115YBS
							29	3403SEF
							30	4288ACX
Número total de vehículos estacionados								30

Fuente: Elaboración propia

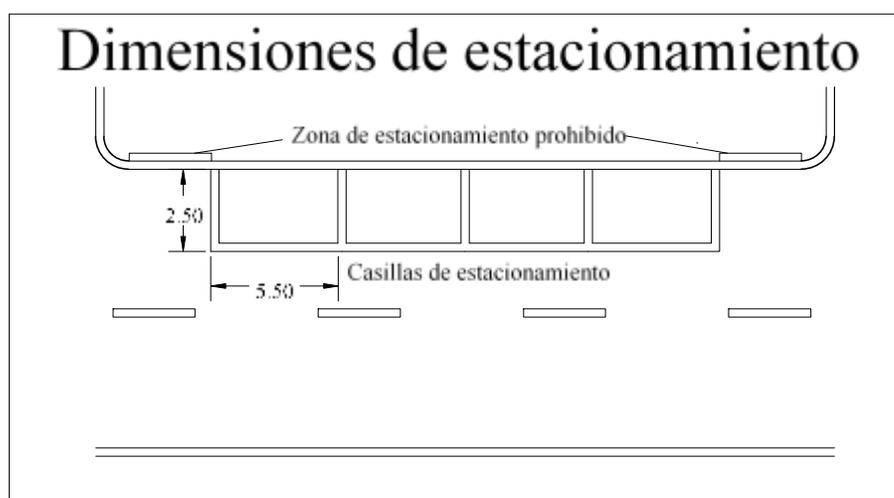
A más detalle de la aforación de los estacionamientos de las demás intersecciones la encontraremos en el anexo IX.

4.2.3.2.1. Resultados obtenidos en el tramo I

Según el análisis de estacionamiento en el tramo I, se identificaron varias zonas críticas con alta concentración de vehículos. El primer punto se encuentra en la calle Hermanos Uriondo, entre el pasaje 6 de agosto y el puente San Martín, donde se registraron 28

vehículos en el carril de vuelta y 30 en el carril de ida, especialmente en la zona del Mercado San Martín. Otro punto crítico es la avenida General Martín Miguel de Güemes, entre el pasaje 6 de agosto y la calle Fabián Ruiz Herbas, a la altura de la Universidad Privada Domingo Savio, con 19 vehículos en el carril de ida y 13 en el de vuelta. Finalmente, en la misma avenida, entre la calle Sucre y la avenida Los Callejones, se contabilizaron 25 vehículos en el carril de ida y 4 en el de vuelta, concentrándose en la zona del Instituto Técnico Domingo Savio.

Imagen 55. Dimensiones de estacionamiento



Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Análisis y resultados de estacionamientos

Análisis de estacionamientos Av. General Martin Miguel de Güemes - C. Hermanos Uriondo							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación
Inicio	Av. Los Callejones	150	Lc	5,50	4	25	0,16
Fin	C. Sucre		Ancho	2,50			
Inicio	C. Sucre	642	Lc	5,50	13	115	0,11
Fin	Pje. 6 de agosto		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. 6 de agosto	252	Lc	5,50	28	44	0,64
Fin	Rotonda Puente San Martin		Ancho	2,50			

Análisis de estacionamientos C. Hermanos Uriondo - Av. General Martín Miguel de Güemes							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación
Inicio	Rotonda Puente San Martín	252	Lc	5,50	30	44	0,68
Fin	Pje. 6 de agosto		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. 6 de agosto	642	Lc	5,50	19	115	0,17
Fin	C. Fabian Ruiz Herbas		Ancho	2,50			
Inicio	C. Fabian Ruiz Herbas	355	Lc	5,50	3	63	0,05
Fin	C. Sucre		Ancho	2,50			
Inicio	C. Sucre	355	Lc	5,50	25	63	0,40
Fin	Los Callejones (ITDS)		Ancho	2,50			

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2.2. Propuesta de solución para el mercado San Martín

Se propone las siguientes medidas de solución para el punto crítico del mercado San Martín.

- **Señalización Vertical**

Se debe incrementar la señalización vertical en el área circundante al Mercado San Martín, especialmente en las zonas más críticas donde se ha identificado un estacionamiento indebido. Se propone instalar señales de "Prohibido Estacionar" con advertencias claras sobre el uso de grúas para el levantamiento de vehículos. Esto es crucial, ya que la alta demanda de estacionamiento en esta área, debido a las oficinas de la alcaldía, ha generado un flujo de estacionamiento considerables en horas específicas de atención. Con estas medidas, se busca disuadir a los conductores de estacionar en lugares no permitidos, manteniendo así la fluidez en ambas vías.

- **Optimización del Estacionamiento del Mercado**

El estacionamiento existente en el Mercado San Martín y su isleta no son suficientes para cubrir la demanda actual. Una solución viable es la apertura del estacionamiento interior del mercado, implementando un sistema de cobro por hora. Esto permitiría un mejor manejo del espacio, evitando que los conductores estacionen sobre la vía pública. Además, se podría considerar una ampliación del estacionamiento si el espacio lo permite,

mejorando la capacidad de absorción del flujo vehicular en esta área. Esta medida aliviaría considerablemente la congestión, especialmente en las horas pico identificadas.

- **Señalización Horizontal y Cobro por Hora**

Dado que la calle Hermanos Uriondo tiene una zona amplia que puede ser aprovechada para el estacionamiento, se sugiere la implementación de señalización horizontal que delimite áreas específicas donde se permita estacionar. Este estacionamiento debería ser regulado por horarios específicos, en los cuales se permita el estacionamiento temporal de vehículos sin obstaculizar el flujo principal. Además, se podría establecer un sistema de cobro por hora, gestionado por la alcaldía, con personal técnico encargado de supervisar y asegurar el cumplimiento de las normas en estas zonas, contribuyendo a una mayor organización y control.

4.2.3.2.3. *Propuesta de solución para la Universidad Privada Domingo Savio*

Se propone las siguientes medidas de solución para el punto crítico de la Universidad Privada Domingo Savio.

- **Aumento de la Señalización**

En el entorno de la Universidad Privada Domingo Savio, es necesario aumentar la cantidad de señales de "Prohibido Estacionar" en ambas vías de acceso. Estas señales deben colocarse estratégicamente para cubrir toda el área perimetral de la universidad, que ha sido identificada como un punto crítico debido al estacionamiento indebido en horarios de salida de los turnos universitarios. La instalación de estas señales contribuirá a evitar que los conductores estacionen en lugares prohibidos, mejorando así la fluidez del tráfico y reduciendo los riesgos asociados con la congestión vehicular en esta zona.

- **Control de Tránsito**

Para garantizar el cumplimiento de las restricciones de estacionamiento, es fundamental intensificar el control de tránsito en los horarios identificados como críticos. Se sugiere la presencia constante de agentes de tránsito durante las horas pico, para supervisar y aplicar las sanciones correspondientes a quienes no respeten las normas de estacionamiento. Además, se podrían implementar rondas de vigilancia durante el día para asegurar que no

se produzca estacionamiento indebido en momentos de menor afluencia. Este control constante contribuirá a mejorar la circulación y a evitar el caos vehicular que se genera en los alrededores de la universidad.

- **Concienciación de Conductores**

Es fundamental llevar a cabo campañas de concienciación dirigidas a los conductores que frecuentan la Universidad Privada Domingo Savio. Estas campañas deben enfatizar la importancia de utilizar los estacionamientos autorizados y evitar estacionar en la vía pública, especialmente en zonas donde está prohibido. Además, se debe informar sobre la disponibilidad de estacionamientos privados en la zona, que ofrecen alternativas seguras y económicas. La concienciación no solo debe enfocarse en los conductores, sino también en los peatones y estudiantes, para que comprendan la importancia de mantener el orden en el espacio vial.

4.2.3.2.4. *Propuesta de solución para el Instituto Domingo Savio*

Se propone las siguientes medidas de solución para el punto crítico del Instituto Técnico Domingo Savio

- **Instalación de Señalización Vertical**

En el área del Instituto Técnico Domingo Savio, es crucial instalar señales de "Prohibido Estacionar" en la vía derecha, especialmente en la zona que bordea el río Guadalquivir. Este tramo de la vía es particularmente sensible, ya que incluye un área de ciclismo que podría verse comprometida por el estacionamiento indebido de vehículos. La instalación de estas señales debe ir acompañada de advertencias claras sobre el levantamiento de vehículos con grúa en caso de infracción. Con estas medidas, se busca proteger tanto a los ciclistas como a los peatones, asegurando un tránsito más seguro en esta zona.

- **Creación de Estacionamiento en el Frontis del Instituto**

Considerando la falta de calles adyacentes donde se pueda realizar un estacionamiento seguro, se propone la creación de una zona de estacionamiento en el frontis del Instituto Técnico Domingo Savio. Esta área debe estar claramente delimitada mediante señalización horizontal, designando espacios específicos para los vehículos que asisten al

instituto. Además, se debe regular el uso de este espacio para evitar la reserva de lugares por parte de taxis u otros vehículos no autorizados. Esta medida facilitará el acceso de los estudiantes y reducirá la presión sobre las vías circundantes.

- **Mejoras en el Control de Estacionamiento**

Para garantizar la efectividad de las nuevas zonas de estacionamiento y las restricciones implementadas, es esencial establecer un control riguroso por parte de las autoridades municipales y de tránsito. Se sugiere la presencia de personal dedicado a monitorear las áreas de estacionamiento, así como la instalación de cámaras de seguridad para disuadir el estacionamiento indebido. Adicionalmente, se podrían implementar sistemas de vigilancia electrónica que permitan una supervisión en tiempo real, asegurando que los vehículos cumplan con las normas establecidas y se mantenga el orden en la zona del instituto.

4.2.3.3. Análisis de estacionamientos en el tramo II

Para el levantamiento de datos de estacionamientos se procedió a realizar el aforo de placas de vehículos estacionados a lo largo del tramo 2 que comprende la Av. Héroes de la Independencia, prolongación Av. Los Sauces, tanto en el carril de ida como en el carril de vuelta durante un periodo de un día en las horas pico identificadas anteriormente, de 8:00am a 9:00am, de 11:00am a 12:00pm y de 6:00pm a 7:00pm.

Tabla 63. Aforo de placas para estudio de estacionamiento carril de ida

Aforo de placas para estudio de estacionamientos carril de ida								
Aforo de placas carril de ida (→) Av. Los Sauces								
Av. Los Callejones - Av. Oscar Vargas								
Nº	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			Nº	Demanda final
1	398 LIK	2262 DUR	2756 IPG	2756 IPG	1133 PGY	2498 LRL	1	2756 IPG
2	1133 PGY	2756 IPG		2756 IPG	2262 DUR	398 LIK	2	1133 PGY
3	2498 LRL						3	2262 DUR
4							4	2498 LRL
5							5	398 LIK
Número total de vehículos estacionados								5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Aforo de placas para estudio de estacionamientos carril de vuelta

Aforo de placas para estudio de estacionamientos carril de vuelta								
Aforo de placas carril de vuelta (←)Av. Heroes De La Independencia								
Puente San Martin - Av. Los Parrales								
N°	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Orden			N°	Demanda final
1	4059 CYU	4059 CYU	5241 BBB	4059 CYU	1027 FXL	705 AZY	1	4059 CYU
2	4043 CKS	4043 CKS	2553 RHD	4059 CYU	1027 FXL	1008 GIN	2	4043 CKS
3	705 AZY	1869 RFY	5200 BYK	4043 CKS	5241 BBB	1708 NRI	3	4737 XUS
4	1008 GIN	1027 FXL	5065 MKL	4043 CKS	5241 BBB	599 HXI	4	1869 RFY
5	1708 NRI	5241 BBB		4737 XUS	2553 RHD	561 ATH	5	2833 IAG
6	4737 XUS	2553 RHD		4737 XUS	2553 RHD	4059 CYU	6	1027 FXL
7	599 HXI	5200 BYK		1869 RFY	5200 BYK	4043 CKS	7	5241 BBB
8	561 ATH	2833 IAG		1869 RFY	5200 BYK	1869 RFY	8	2553 RHD
9	1869 RFY	2328 FEH		2833 IAG	5065 MKL	1027 FXL	9	5200 BYK
10	1027 FXL			2833 IAG		2328 FEH	10	5065 MKL
							11	705 AZY
							12	1008 GIN
							13	1708 NRI
							14	599 HXI
							15	561 ATH
							16	4059 CYU
							17	4043 CKS
							18	1869 RFY
							19	1027 FXL
							20	2328 FEH
Número total de vehículos estacionados							20	

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3.1. Resultados obtenidos en el tramo II

Según el análisis de estacionamiento en el tramo II, se identificaron varias zonas críticas con alta congestión vehicular. En la avenida Héroes de la Independencia, se registraron 20 vehículos estacionados entre el puente San Martín y la avenida Los Parrales. Otro punto problemático es la avenida Los Sauces, donde se contabilizaron 13 vehículos en el carril de ida y 10 en el de vuelta. En el tramo entre la rotonda de la avenida Héroes de la Independencia y la calle Sucre, se observó un aumento significativo en el número de vehículos, especialmente cerca de la Universidad Privada Domingo Savio. Además, en la avenida Los Sauces, entre la calle Sucre y la avenida Oscar Vargas, se registraron 12 vehículos estacionados.

Tabla 65. Análisis y resultados de estacionamientos

Análisis de estacionamientos Av. Héroes de la Independencia - Av. Los Sauces							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación
Inicio	Rotonda Puente San Martin	150	Lc	5,50	20	25	0,79
Fin	Av. Los Parrales		Ancho	2,50			
Inicio	Av. Los Parrales	69	Lc	5,50	0	11	0,00
Fin	C. 25 de mayo		Ancho	2,50			
Inicio	C. 25 de mayo	100	Lc	5,50	4	16	0,25
Fin	Av. Los Molles		Ancho	2,50			
Inicio	Av. Los Molles	40	Lc	5,50	0	5	0,00
Fin	Rotonda Av. Héroes de la Ind.		Ancho	2,50			
Inicio	Rotonda Av. Héroes de la Ind.	690	Lc	5,50	10	123	0,08
Fin	C. Sucre		Ancho	2,50			
Inicio	C. Sucre	134	Lc	5,50	12	22	0,54
Fin	Av. Oscar Vargas		Ancho	2,50			
Inicio	Av. Oscar Vargas	267	Lc	5,50	7	47	0,15
Fin	Av. Los Callejones		Ancho	2,50			

Análisis de estacionamientos Av. Los Sauces - Av. Héroes de la Independencia							
Longitud de intersección (m)			Dimensión de casilla (m)		Demanda máxima	Oferta	Índice de ocupación
Inicio	Av. Los Callejones	267	Lc	5,50	5	47	0,11
Fin	Av. Oscar Vargas		Ancho	2,50			
Inicio	Av. Oscar Vargas	134	Lc	5,50	3	22	0,13
Fin	C. Sucre		Ancho	2,50			
Inicio	C. Sucre	742	Lc	5,50	13	133	0,10
Fin	Rotonda Av. Héroes de la Ind.		Ancho	2,50			
Inicio	Rotonda Av. Héroes de la Ind.	67	Lc	5,50	6	10	0,59
Fin	Pje. 6 de agosto		Ancho	2,50			
Inicio	Pje. 6 de agosto	192	Lc	5,50	5	33	0,15
Fin	C. 25 de mayo		Ancho	2,50			
Inicio	C. 25 de mayo	69	Lc	5,50	9	11	0,85
Fin	Av. Los Parrales		Ancho	2,50			
Inicio	Av. Los Parrales	150	Lc	5,50	7	25	0,28
Fin	Rotonda Puente San Martin		Ancho	2,50			

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3.2. *Propuesta de solución para el Tramo II*

Las propuestas de solución planteadas para cada tramo son las siguientes:

- **Avenida Héroes de la Independencia (Entre el Puente San Martín y la Avenida Los Parrales)**

Se recomienda implementar un control policial continuo para evitar el estacionamiento en esta zona crítica debido a la alta afluencia de vehículos por los comercios cercanos. Además, se debe instalar señalización vertical que indique "Prohibido Estacionar" con advertencia de retiro con grúa. Esta medida busca mantener la fluidez del tráfico en una avenida principal que conecta dos extremos de la ciudad, donde el estacionamiento indebido obstruye el tránsito adecuado y genera congestionamientos vehiculares.

- **Avenida Los Sauces (Entre la Avenida Héroes de la Independencia y la Calle Sucre)**

La solución para la avenida Los Sauces debe incluir la colocación de señalización vertical en ambos carriles de ida y vuelta, prohibiendo el estacionamiento en toda su extensión debido al reducido ancho de la vía. Adicionalmente, se debe habilitar una zona de estacionamiento específica a la entrada de la Universidad Privada Domingo Savio sobre la calle de acceso, para redirigir el flujo de vehículos que buscan estacionar en la avenida. Este enfoque ayudará a mantener el orden y la seguridad vial, especialmente en las horas pico.

- **Avenida Los Sauces (Entre la Calle Sucre y la Avenida Oscar Vargas)**

Para el tramo de la avenida Los Sauces comprendido entre la calle Sucre y la avenida Oscar Vargas, se debe continuar con la instalación de señalización vertical que prohíba el estacionamiento. Debido al estrecho ancho de la vía y al flujo de vehículos, es esencial evitar el estacionamiento en esta área para no comprometer la seguridad de los conductores y peatones.

4.3. ESTUDIO DE TRANSPORTE PÚBLICO

El circuito de tráfico vehicular estudiado en la tesis abarca la Avenida Héroes de la Independencia, Avenida Los Sauces, Avenida Los Callejones, Avenida General Martín

Miguel de Güemes y la Calle Hermanos Uriondo, un área con una presencia significativa de transporte público, principalmente en la modalidad de micros y taxi trufis. Este análisis considera la disponibilidad, distribución y las características del servicio de transporte público en la zona, evaluando cómo influye en la movilidad y la accesibilidad de los usuarios en la región.

4.3.1. Mercado de Transporte

El mercado de transporte en la zona de estudio es un ecosistema complejo y diverso, reflejo de la actividad económica, educativa y administrativa que se desarrolla en sus alrededores. Esta área es un punto neurálgico que conecta varias funciones urbanas clave. La presencia de universidades, institutos, áreas comerciales, mercados y oficinas de la alcaldía genera una demanda constante y elevada de servicios de transporte, tanto públicos como privados. Esta mezcla de funciones urbanas atrae a una población variada que incluye estudiantes, trabajadores del sector público y privado, comerciantes y residentes, todos los cuales dependen del transporte para su movilidad diaria.

Las líneas de micros y taxi trufis que operan en la zona constituyen la columna vertebral del sistema de transporte público, proporcionando una cobertura extensa y accesible. Estas líneas conectan la zona con otras partes de la ciudad, facilitando el flujo continuo de personas hacia y desde los centros educativos, comerciales y administrativos. Además, la red de transporte está bien integrada con los servicios de transporte privado, lo que permite a los usuarios optar por opciones más flexibles, como taxis y servicios de transporte compartido, para viajes específicos o necesidades urgentes.

Este mercado de transporte, por lo tanto, es crucial para el funcionamiento y desarrollo continuo de la zona. Asegura que los estudiantes puedan llegar a sus clases, que los trabajadores puedan acceder a sus empleos, y que los residentes puedan realizar sus actividades cotidianas con facilidad.

4.3.2. Población

La población en la zona de influencia del circuito incluye a los estudiantes, trabajadores y residentes que convergen en esa zona. Esta área alberga una población significativa, cuyo crecimiento ha sido impulsado por la concentración de instituciones educativas, como la

Universidad Privada Domingo Savio y el Instituto Técnico Superior Domingo Savio, así como por la presencia de mercados, oficinas gubernamentales y zonas comerciales activas. Esta población demanda una intensa y continua necesidad de servicios de transporte que sean accesibles, eficientes y confiables.

La densidad poblacional en esta área, combinada con la variabilidad en los horarios de desplazamiento, especialmente durante las horas pico, genera una preocupación en el sistema de transporte para responder a las necesidades de sus usuarios. La red de transporte, con sus múltiples líneas de micros y taxi trufis, debe operar de manera eficiente para evitar congestiones y garantizar la movilidad continua de la población.

4.3.3. Líneas de Transporte que Recorren la Zona

En la zona de estudio, se observa una diversidad significativa de líneas de transporte que cubren tanto el tramo 1, que comprende la calle Hermanos Uriondo y la prolongación Av. General Martín Miguel de Güemes, como el tramo 2, que cubre la Av. Héroes de la Independencia y la prolongación Av. Los Sauces, tanto en los carriles de ida como en los de retorno. Se observa una lita del transporte que recorren las áreas de estudio que son:

4.3.3.1. Líneas de Micros

- **Línea 5 (SINDICATO DE MICROS “LUIS DE FUENTES”)**
 - Origen: Barrio Constructor
 - Destino: Alto Senac
 - Rutas:
 - Ida: Av. Héroes de la independencia, Puente San Martín (pasa por Univ. Domingo Savio).
 - Retorno: Puente San Martín, Rot. Héroes de la independencia.
- **Línea 6 (COOPERATIVA DE MICROS “VIRGEN DE CHAGUAYA”)**
 - Origen: B/Tabladita
 - Destino: Terminal de Buses
 - Rutas:
 - Ida: Rot. Chorolque, Puente Bolívar, Av. La Banda (pasa por Inst. Simón Bolívar, Inst. Domingo Savio, Univ. Domingo Savio).

- Retorno: Av. Los Sauces, C/Fabián Ruiz.
- **Línea D (SINDICATO DE MICROS)**
 - Origen: B/Méndez Arcos
 - Destino: B/Lourdes
 - Rutas:
 - Ida: Av. Hedores de la independencia, Puente San Martín (pasa por Univ. Domingo Savio).
 - Retorno: Puente San Martín, Av. Héroes de la independencia.

4.3.3.2.Líneas de Taxi Trufis (Banderitas)

- **Taxi Trufi Full Sin Fronteras (Verde)**
 - Origen: B/8 de marzo
 - Destino: Comunidad San Blas
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino.
- **Taxi Trufi (Morada)**
 - Origen: San Jacinto Norte
 - Destino: B/8 de marzo
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino y vía Ex Terminal.
- **Taxi Trufi (Verde con Morado)**
 - Origen: Tolomosa Sud
 - Destino: Mercado Campesino
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino y vía Ex Terminal.
- **Taxi Trufi (Morado con Blanco)**
 - Origen: B/Nuevo Amanecer
 - Destino: B/Cerezo
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino y vía Ex Terminal.

- **Taxi Trufi (Verde con Blanco “S”)**
 - Origen: B/Los Cerezos
 - Destino: B/Nuevo Amanecer
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino y vía Ex Terminal.
- **Taxi Trufi (Morado con Verde)**
 - Origen: Comunidad Tolomosa Sur
 - Destino: Mercado Campesino
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Campesino.
- **Taxi Trufi “Contruвет” Vecinal (Azul con Naranja 01)**
 - Origen: B/Jardín
 - Destino: B/Fortaleza
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Nueva Terminal.
- **Taxi Trufi (Verde Lechuga con Naranja)**
 - Origen: B/Eucaliptos
 - Destino: B/La Pintada
 - Ruta: Pasa por la puerta posterior del Instituto Domingo Savio, vía Nueva Terminal.

4.3.3.3.Demanda de Transporte Público

La demanda de transporte público en la zona estudiada muestra una necesidad evidente de un sistema que sea no solo eficiente, sino también capaz de adaptarse a las fluctuaciones de la demanda a lo largo del día. Aunque se identifican momentos de saturación durante las horas pico, el transporte existente logra cubrir la mayoría de las necesidades de la población. Las líneas de micros y taxi trufis que operan en la zona proporcionan un servicio amplio y accesible, con recorridos que abarcan la mayoría de las áreas residenciales y comerciales.

El único sector que presenta una limitación es la avenida General Martín Miguel de Güemes, donde no se observa un servicio de transporte público directo. Esto se debe, en

gran medida, a la falta de viabilidad económica para los transportistas, dado que la zona carece de una densidad poblacional significativa y se encuentra al lado del río Guadalquivir, un área exclusivamente verde y recreativa. Además, en la vía opuesta, la mayor parte de los terrenos son lotes con cerramientos perimetrales sin construcciones habitadas, lo que reduce aún más la necesidad de transporte en esa área específica.

Sin embargo, el sistema de transporte público logra compensar esta carencia indirectamente, ya que las rutas existentes abarcan las zonas circundantes, utilizando calles paralelas y transversales que permiten un acceso razonable a la avenida General Martín Miguel de Güemes. De esta manera, se satisface la demanda de transporte en la zona, asegurando que la mayoría de los usuarios puedan acceder a sus destinos sin mayores inconvenientes. Esto evidencia un sistema de transporte público que, a pesar de sus limitaciones en áreas específicas, cumple con las necesidades generales de la población en la zona de estudio.

4.3.3.4. Desempeño del Sistema

El desempeño del sistema de transporte público en el área de estudio es, en general, adecuado, gracias a la variedad de líneas de micros y taxi trufis que conectan la zona con diferentes puntos cruciales de la ciudad. Sin embargo, este sistema presenta desafíos significativos, especialmente en lo que respecta a la atención de necesidades específicas de la comunidad educativa de la Universidad Privada Domingo Savio y el Instituto Técnico Superior Domingo Savio.

Aunque el sistema cumple con la demanda general, se observa que, durante los horarios nocturnos, cuando los estudiantes de ambas instituciones finalizan sus clases, el transporte público no opera de manera eficiente. Las banderitas, que son una de las principales opciones de transporte en la zona, suelen cesar su servicio alrededor de las 9 de la noche. Esto genera un problema para los estudiantes que salen de la universidad a las 10 de la noche, ya que se enfrentan a la falta de transporte disponible y deben recurrir a taxis, lo que representa un costo adicional y, en ocasiones, dificultades para encontrar transporte.

En vista de esta situación, la Universidad Privada Domingo Savio ha establecido convenios con algunas líneas de transporte que ofrecen servicios especiales, esperando a los estudiantes a la salida de sus clases nocturnas. Sin embargo, esta solución no siempre

es suficiente para cubrir la demanda, dejando a algunos estudiantes con la única opción de utilizar taxis.

El Instituto Técnico Superior Domingo Savio, por su parte, no cuenta con convenios de transporte público, lo que agrava la situación para sus estudiantes, quienes también enfrentan dificultades para encontrar transporte a la salida de sus clases nocturnas. Aunque la cantidad de estudiantes es menor en comparación con la universidad, el problema persiste.

Sería recomendable implementar horarios extendidos de transporte público o tomar medidas institucionales para garantizar un servicio focalizado en estos horarios críticos, asegurando así una solución más eficiente y segura para la comunidad estudiantil que depende de este servicio.

4.3.3.5. Vehículos de Servicio Público

El parque vehicular de servicio público en la zona de estudio, compuesto por micros y taxitrufis (banderitas), desempeña un papel esencial en la movilidad diaria de la población. Sin embargo, aunque el estado general de estos vehículos es aceptable, no se puede calificar como óptimo debido a varios factores que afectan la calidad del servicio.

En el caso de los micros, que constituyen el modo principal de transporte colectivo, se observa que muchos de ellos son vehículos antiguos que a menudo carecen del mantenimiento adecuado. Este envejecimiento y la falta de cuidado pueden repercutir negativamente en la seguridad y comodidad de los usuarios. Además, un problema recurrente es el manejo por parte de los conductores, quienes frecuentemente paran en cualquier zona de la vía, sin respetar las paradas designadas. Esta conducta no solo genera dificultades en el tránsito normal, sino que también pone en riesgo la seguridad de los pasajeros y peatones, y contribuye a la congestión vehicular en las áreas más transitadas.

Por otro lado, los taxitrufis o banderitas, aunque suelen ser vehículos más modernos, presentan sus propios desafíos. Si bien estos vehículos ofrecen flexibilidad en las rutas y horarios, su diseño compacto limita el espacio disponible para los pasajeros. Es común que, para maximizar la capacidad, se coloquen asientos improvisados en el asiento delantero junto al conductor, lo que permite que dos personas viajen en un espacio

reducido. Esta práctica no solo compromete la comodidad, sino que también representa un riesgo significativo para la seguridad de los pasajeros.

Aunque el sistema de transporte en la zona cumple con las necesidades básicas de movilidad, la antigüedad y el estado de los vehículos, sumado a las prácticas de manejo inadecuadas y la sobrecarga de pasajeros en los taxitrufis, indican que se requiere una mejora considerable para alcanzar un nivel óptimo de servicio. Sería necesario implementar medidas para modernizar el parque vehicular, asegurar un mantenimiento regular y fomentar un comportamiento más responsable por parte de los conductores, con el fin de mejorar la seguridad y eficiencia del transporte público en la zona.

4.4.PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para esta prueba de hipótesis usaremos los resultados de niveles de servicio en todos los accesos de las intersecciones, que en total nos dan 38 niveles de servicio con los que trabajaremos para determinar la prueba de hipótesis.

Tabla 66. Niveles de Servicio

RESULTADOS DE NIVEL DE SERVICIO									
N°	INTERSECCIÓN	Acceso 1		Acceso 2		Acceso 3		Acceso 4	
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	1,9	F	0,3	C	0,6	D	0,3	C
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	0,4	D	2,2	F	0,3	C		
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	2,7	F	0,5	D	1,8	F	0,5	D
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	0,3	C			0,4	D		
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	1,1	F	0,5	D	1,2	F		
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	0,7	D	1,0	F	0,9	E		
7	Los Sauces – Calle Sucre	1,2	F	0,5	D	0,6	D		
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	0,3	C	0,6	D	0,5	D		
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	0,5	D	0,7	D	1,0	F		
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	1,8	F	0,8	E	0,5	D	0,4	D
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	0,1	B	0,5	D			0,7	D
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Parrales	1,0	F	0,6	D	0,2	C		

Fuente: Elaboración propia

En este estudio utilizaremos la prueba de **Chi-cuadrado** como prueba de bondad de ajuste. Esta prueba es especialmente adecuada para validar hipótesis cuando trabajamos con variables cualitativas no paramétricas por varias razones.

Primero, la prueba de Chi-cuadrado está diseñada específicamente para analizar datos categóricos, lo que es esencial cuando las variables no pueden ser ordenadas de manera natural o numérica. Además, una de las principales ventajas de esta prueba es que no requiere suposiciones sobre la distribución de los datos. Esto la hace ideal para datos que no siguen una distribución normal, proporcionando una mayor flexibilidad en su aplicación.

Otra razón clave para utilizar la prueba de Chi-cuadrado es su capacidad para evaluar si las observaciones se ajustan a una distribución esperada. Esto facilita la validación de modelos teóricos o distribuciones históricas frente a los datos recolectados. Además, esta prueba nos ayuda a determinar si existe una relación significativa entre diferentes variables categóricas, lo cual es crucial para entender patrones y asociaciones en los datos.

En el contexto de nuestro estudio de tráfico vehicular, usar la prueba de Chi-cuadrado nos permitirá validar si los datos que hemos recolectado representan adecuadamente la realidad del flujo vehicular en la zona de estudio. Esto asegurará que nuestras conclusiones sobre el patrón y comportamiento del tráfico sean sólidas y basadas en análisis estadísticos robustos.

Para el cálculo del chi cuadrado utilizaremos la siguiente formula:

$$X^2 = \sum_k \frac{(FO - FE)^2}{FE}$$

Donde:

FO = valores observados (datos)

FE = valores esperados (de la teoría)

k = el número de celdas o categorías de datos diferentes

Grado de Libertad = Numero de categorías – 1

Para realizar la prueba de hipótesis de chi cuadrado la realizamos mediante 5 pasos.

- 1) Paso 1: Define tus hipótesis nula y alternativa antes de iniciar la recolección de datos.**

En nuestro estudio de tráfico vehicular, hemos formulado dos hipótesis claramente definidas:

- **La hipótesis alternativa (H_1) o nuestra hipótesis general**, establece que el “estudio de tráfico vehicular del circuito de transporte de la Av. Héroes de la Independencia, Av. Los Sauces, Av. Los Callejones, Av. General Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo, refleja adecuadamente la realidad del flujo vehicular en la zona”.

Esto implica que los datos recogidos y analizados en el estudio son representativos de las condiciones reales del tráfico vehicular en el área de interés.

- **La hipótesis nula (H_0)**, establece que “El estudio de tráfico vehicular del circuito de transporte de la Av. Héroes de la Independencia, Av. Los Sauces, Av. Los Callejones, Av. General Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo no refleja adecuadamente la realidad del flujo vehicular en la zona”.

Si al realizar la prueba estadística no podemos rechazar la hipótesis nula, esto sugeriría que los datos del estudio no son representativos de las condiciones reales del tráfico vehicular en la zona.

2) Decide cuál será el valor alfa.

Estamos utilizando un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$) en nuestra prueba de Chi-cuadrado porque este valor representa un equilibrio adecuado entre sensibilidad y especificidad en nuestro análisis estadístico. Al establecer un $\alpha=0.05$, estamos aceptando un 5% de probabilidad de cometer un error de tipo I, es decir, rechazar incorrectamente la hipótesis nula cuando es verdadera. Al adoptar un nivel de significancia del 5%, estamos tomando medidas prudentes para asegurar la robustez y la fiabilidad de nuestros hallazgos estadísticos.

3) calcular el estadístico de prueba

Tabla 67. Niveles de Servicio

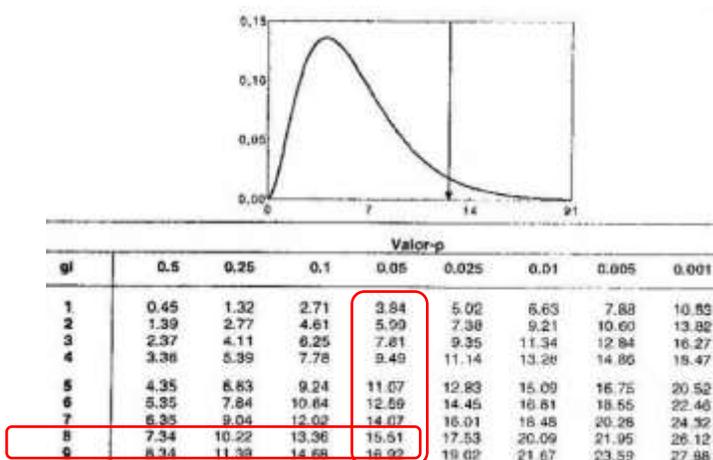
Nivel de Servicio	Rangos	Frecuencia Observada	Frecuencia esperada	$FO - FE$	$\frac{(FO - FE)^2}{FE}$	$\frac{(FO - FE)^2}{FE}$
A	$I_c = 0$	0	6.333	-6.333	40.111	0.000

Nivel de Servicio	Rangos	Frecuencia Observada	Frecuencia esperada	$FO - FE$	$(FO - FE)^2$	$\frac{(FO - FE)^2}{FE}$
B	$0 > Ic \geq 0.1$	1	6.333	-5.333	28.444	4.491
C	$0.1 > Ic \geq 0.3$	6	6.333	-0.333	0.111	0.018
D	$0.3 > Ic \geq 0.7$	18	6.333	11.667	136.111	21.491
E	$0.7 > Ic \geq 1$	2	6.333	-4.333	18.778	2.965
F	$Ic > 1$	11	6.333	4.667	21.778	3.439
TOTAL		38	38	-	-	32.403

Fuente: Elaboración propia

4) Comprueba los supuestos de la prueba.

Tabla 68. Niveles de Servicio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Cálculo de la Prueba

Chi Cuadrado	X^2	32.403
Grado de Libertad	GL	5
Valor Crítico de tabla	X^2 crítico	11.07

Fuente: Elaboración propia

5) Realiza la prueba y obtén tus conclusiones

$$X^2 > \text{Valor Crítico}$$

$$32.4 > 11.07$$

Dado que el valor del estadístico Chi-cuadrado calculado es mayor que el valor crítico correspondiente para nuestro nivel de significancia, podemos concluir que rechazamos la hipótesis nula.

Esto indica que hay evidencia suficiente para sugerir que existe una relación significativa entre las variables en estudio. En otras palabras, los datos observados no se ajustan a la distribución esperada bajo la hipótesis nula, lo que respalda la validez de nuestra hipótesis alternativa.

Este resultado nos permite inferir que el estudio de tráfico vehicular del circuito de transporte de la Av. Héroes de la Independencia, Av. Los Sauces, Av. Los Callejones, Av. General Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo, refleja adecuadamente la realidad del flujo vehicular en la zona, respaldando así nuestras afirmaciones iniciales.

4.5.COSTO Y PRESUPUESTO

Para la instalación de señalización y semaforización, se ha considerado la siguiente lista de ítems para evaluar el costo necesario por alternativa. Se simplificó el análisis de precios unitarios agrupando las señales horizontales en marcas transversales y longitudinales, y las señales verticales de acuerdo con el tipo de señal (prohibición, prevención o información).

Planteadas las alternativas de solución con el fin de mejorar la circulación vehicular en el circuito de transporte tenemos el análisis de rendimiento por ítem en el anexo X, en el siguiente cuadro vemos los cálculos métricos que están en función de la señalización horizontal, contando sus elementos y dimensiones, y calculando los costos parciales actuales. Se incluyeron marcas transversales y longitudinales en este análisis. De manera similar, se realizó el análisis de la señalización vertical, agrupando las señales según su tipo: prohibición, prevención o información. Además, se evaluaron los dispositivos de control, específicamente la semaforización, en términos de costos y necesidades de instalación en las intersecciones clave. Este enfoque integral asegura una estimación precisa y detallada de los recursos necesarios para mejorar la circulación vehicular en el circuito de transporte del distrito 12, considerando tanto la señalización como los dispositivos de control.

Tabla 70. Ítems Requerido

Lista de ítems de control de tráfico		
Cód..	Ítem	Unid.
Módulo I:	Señalización horizontal	
SH 01	Marcas transversales	m ²
	Paso peatonal	
	Línea de pare	
	Flecha direccional frente	
	Flecha direccional derecha	
	Flecha direccional izquierda	
	Flecha direccional frente-derecha	
	Flecha direccional frente-izquierda	
SH 02	Marcas longitudinales	ml
	Divisor de carril	
SH 03	Caja de estacionamiento	ml
	Caja de estacionamiento	
Módulo II:	Señalización vertical	
SV01	Letrero de prohibición	pza
	Letrero prohibido estacionar	
	Letrero prohibido girar en U	
	Letrero prohibido giro izquierda	
	Letrero prohibido tocar bocina	
SV02	Letrero de Pare	pza.
	Letrero Pare	
SV03	Letrero de ceda el paso	pza
	Letrero ceda el paso	
SV04	Letrero de prevención	pza
	Letrero prevención estudiantes	
SV05	Letrero informativo	pza
	Letrero informativo hospital	
	Letrero de parada de micro	
SV06	Letrero informativo de calles	pza
	Letrero informativo de calles	
Módulo III:	Dispositivos de control	
DC 01	Semáforo de 1 cara con 3 focos	gbl
	Semáforo de 1 cara con 3 focos	
Módulo IV:	Tachón vial	
TV 01	Tachón vial refractivo 25x15x5cm	pza
	Tachón vial refractivo 25x15x5cm	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Computo métrico

CÓMPUTOS MÉTRICOS							
Cod.	Ítem	Unid.	Nro. de	Dimensiones		Parcial	Total, acum.
			Elementos	Long. (m)	Área (m ²)		
Módulo I: Señalización horizontal							
SH 01	Marcas transversales	m ²					690,20
	Paso peatonal		380,00	3,00	0,40	1,20	456,00
	Línea de pare		1,00	318,00	0,40	127,20	127,20
	Flecha direccional frente		35,00	1,00	1,40	1,40	49,00
	Flecha direccional derecha		23,00	1,00	1,45	1,45	33,35
	Flecha direccional izquierda		17,00	1,00	1,45	1,45	24,65
Módulo II: Señalización vertical							
SV01	Letrero de prohibición	pza					91,00
	Letrero prohibido estacionar	pza	43,00	1,00	1,00	1,00	43,00
SV02	Letrero de Pare						
	Letrero Pare	pza	34,00	1,00	1,00	1,00	34,00
SV03	Letrero Rompe Muelles						
	Letrero Rompe Muelles	pza	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
SV04	Letrero informativo						
	Letrero informativo hospital	pza	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00
	Letrero de parada de micro	pza	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00
SV05	Letrero informativo						
	Letrero informativo Escuela	pza	4,00	1,00	1,00	1,00	4,00
Módulo III: Dispositivos de control							
DC 01	Inst. Prov. semáforo 1C/3F	gbl					4,00
	Semáforo de 1 cara con 3 focos		4,00	1,00	1,00	1,00	4,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. Presupuesto General

PRESUPUESTO GENERAL					
Cód..	Ítem	Unid.	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Parcial (Bs)
Modulo I: Señalización Horizontal					52313,71
SH 01	Marcas transversales	m ²	690,20	75,80	52313,71
Modulo II: Señalización Vertical					69948,22
SV01	Letrero de prohibición Estacionar	pza	43,00	834,76	35894,73
SV02	Letrero de Pare	pza	34,00	780,76	26545,88
SV03	Letrero Rompe Muelles	pza	3,00	750,76	2252,28
SV04	Letrero Informativo	pza	3,00	750,76	2252,28
SV05	Letrero Informativo Escuela	pza	4,00	750,76	3003,04
Modulo III: Dispositivos de Control					160423,36
DC 01	Inst. Prov. Semáforo 1C/3F	gbl	4,00	40105,84	160423,36
Costo total					282685,29

Fuente: Elaboración propia

La distribución del presupuesto para el circuito de transporte del Distrito 12 se ha desglosado en tres módulos clave, cada uno con su costo específico.

El Módulo I, que abarca la señalización horizontal, incluye la instalación de marcas transversales y longitudinales en las vías. Este módulo tiene un costo total **de Bs. 52,313.71 (Cincuenta y dos mil trescientos trece 71/100 bolivianos)**. La señalización horizontal es crucial para guiar el flujo vehicular y mejorar la seguridad en las intersecciones y tramos de alta circulación.

El Módulo II se centra en la señalización vertical, que incluye la instalación de señales de prohibición, prevención e información a lo largo del circuito de transporte. Este módulo tiene un costo total de **Bs. 69,948.22 (Sesenta y nueve mil novecientos cuarenta y ocho 22/100 bolivianos)**. La señalización vertical es fundamental para informar y alertar a los conductores sobre las normas y condiciones específicas de las vías.

El Módulo III se refiere a los dispositivos de control, específicamente la instalación y provisión de semáforos en puntos estratégicos del circuito. Este módulo es el más costoso,

con un total de **Bs. 160,423.36 (Ciento sesenta mil cuatrocientos veintitrés 36/100 bolivianos)**, debido a la complejidad y tecnología involucrada en la semaforización, que es esencial para regular el flujo vehicular y reducir el riesgo de accidentes.

En conjunto, el **Presupuesto Total** para estos tres módulos asciende a **Bs. 282,685.29 (Doscientos ochenta y dos mil Seiscientos ochenta y cinco 29/100 bolivianos)**, Este desglose detallado asegura una planificación eficiente y una implementación efectiva de las mejoras necesarias para el circuito de transporte del Distrito 12.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El análisis de los datos de flujo vehicular en las 12 intersecciones del circuito vehicular revelan que las intersecciones principales (1, 2, 3, 9 y 10) presentan volúmenes vehiculares que fluctúan entre 950 y 1600 vehículos por hora. En contraste, las intersecciones secundarias muestran una mayor variabilidad en los volúmenes, que van desde 450 hasta 1200 vehículos por hora. Las velocidades promedio en los tramos de evaluación muestran que en el tramo 1, las velocidades varían entre 30.10 km/h y 34.53 km/h, con una velocidad promedio de 32.32 km/h. En el tramo 2, las velocidades promedio oscilan entre 24.90 km/h y 25.70 km/h, con un promedio de 25.30 km/h. Estos datos sugieren que las intersecciones principales manejan un flujo vehicular más intenso, mientras que las secundarias tienen una mayor fluctuación en el volumen de tráfico y presentan velocidades de circulación más bajas, indicando una posible mayor congestión.
- El análisis detallado de los niveles de servicio en las intersecciones del Distrito 12 revela que siete presentan un nivel de **servicio F**, indicando un nivel de servicio crítico con capacidad ampliamente superada. Estas intersecciones incluyen la N° 1 (959 veh/h), N° 2 (1055 veh/h), N° 3 (1150 veh/h), N° 5 (632 veh/h y 603 veh/h en diferentes accesos), N° 9 (1607 veh/h), N° 10 (917 veh/h y 879 veh/h en diferentes accesos), y N° 12 (918 veh/h). Estos valores reflejan congestionamientos severos, donde los volúmenes vehiculares exceden significativamente la capacidad de las vías, afectando el flujo de tráfico y provocando demoras extendidas. Existen intersecciones que muestran un nivel de **servicio D**, como la N° 4 (932 veh/h), N° 6 (785 veh/h y 985 veh/h en diferentes accesos), N° 7 (699 veh/h), y N° 8 (625 veh/h y 558 veh/h en diferentes accesos), lo que indica un rendimiento ineficiente con condiciones de tráfico en el límite de la congestión. Las intersecciones con un nivel de **servicio C** o superior, como la intersección N° 11 con 818 veh/h, muestran un rendimiento moderadamente aceptable, pero aún lejos de ser óptimo. Aunque estas intersecciones operan dentro de su capacidad, están cerca de alcanzar su límite funcional, lo que podría conducir

a una congestión con cualquier aumento en el volumen de tráfico. La intersección N° 6, con 785 veh/h y 985 veh/h en diferentes accesos, es otra intersección donde el flujo de tráfico comienza a mostrar signos de saturación. Es crucial implementar mejoras, como la optimización de señales de tráfico y el control de accesos, para evitar que estas intersecciones se deterioren a un nivel de servicio D o inferior, comprometiendo la movilidad en el circuito de transporte

- En el análisis del circuito de transporte del Distrito 12, se identifican las intersecciones más congestionadas al evaluar el volumen vehicular y el nivel de servicio. **La intersección N° 9** con los accesos de la Av. Héroes de la Independencia (S-N) y Av. Los Sauces (O-E) presenta un volumen vehicular de 1607 veh/h y un nivel de servicio F, lo que indica un nivel de servicio crítico con demoras significativas y una capacidad excedida. Del mismo modo, **la intersección N° 2** con los accesos desde la Av. General Martín Miguel de Güemes (S-N) y el Pasaje 6 de agosto (O-E) registra un volumen de 1055 veh/h y un nivel de servicio F, destacándose por su alto nivel de congestión. Estas intersecciones representan puntos críticos donde la demanda vehicular supera la capacidad disponible, generando embotellamientos y afectando la eficiencia del circuito de transporte.

Tabla 73. Resultados de datos obtenidos INT 2 – INT 9

Int.	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad	Nivel de Servicio	
N°2	Acceso 1 Av. General Martin Miguel De Güemes (S-N)	1076	2700	0,4	D
	Acceso 2 C. Pasaje 6 de agosto (O-E)	1055	490	2,2	F
	Acceso 3 C. Hermanos Uriondo (N-S)	937	2700	0,3	C
	Acceso 4				
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	625	1080	0,6	D
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	558	1026	0,5	D
	Acceso 4				
N°9	Acceso 1 Av. Los Sauces (E-O)	563	1026	0,5	D
	Acceso 2 Av. Héroes De La Independencia (S-N)	1258	1685	0,7	D
	Acceso 3 Av. Los Sauces (O-E)	1607	1555	1,0	F
	Acceso 4				
	Acceso 2 Av. Los Sauces (E-O)	695	1359	0,5	D
	Acceso 3				
	Acceso 4 Av. Los Sauces (O-E)	818	1177	0,7	D
	Acceso 2 Av. Los Parrales (N-S)	602	1080	0,6	D
	Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (E-O)	256	1193	0,2	C
Acceso 4					

- La congestión vehicular en el circuito del Distrito 12 se debe a varios factores clave, entre los cuales destacan la alta demanda en ciertos tramos y la insuficiente capacidad en intersecciones clave. **La intersección N° 1** en el acceso a la Av. Héroes de la Independencia (O-E) con un volumen vehicular de 993 veh/h y un nivel de servicio D, demuestra que la capacidad disponible de 1601 vehículos/hora es insuficiente para mantener un flujo continuo de tráfico. Además, **la intersección N° 7** con accesos desde la Av. Los Sauces (N-S y O-E) también muestra una congestión significativa, con volúmenes que oscilan entre 535 a 699 veh/h y niveles de servicio entre D y F, lo que revela una mala distribución del tráfico y la falta de vías alternativas adecuadas para desviar el flujo en horas pico.

Tabla 74. Resultados de datos obtenidos INT 1 – INT 7

Int.	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad	Nivel de Servicio	
N°1	Acceso 1 In. Puente San Martin (E-O)	959	497	1,9	F
	Acceso 2 C. Hermanos Uriondo (S-N)	692	2700	0,3	C
	Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (O-E)	993	1601	0,6	D
	Acceso 4 Av. Ángel Baldiviezo (N-S)	434	1526	0,3	C
	Acceso 2 Av. Oscar Vargas (S-N)	767	806	1,0	F
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	985	1080	0,9	E
	Acceso 4				
N°7	Acceso 1 C. Sucre (N-S)	699	576	1,2	F
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	535	1080	0,5	D
	Acceso 3 Av. Los Sauces (E-O)	636	1080	0,6	D
	Acceso 4				
	Acceso 2 Av. Los Parrales (N-S)	602	1080	0,6	D
	Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (E-O)	256	1193	0,2	C
	Acceso 4				

- El análisis técnico de las intersecciones en el Distrito 12 muestra que la capacidad vial en varios tramos es afectada por el volumen de tráfico actual, lo que afecta negativamente el nivel de servicio. En **la intersección N° 5**, donde los accesos desde la Av. Los Sauces (O-E) registran un volumen de 592 veh/h y una capacidad de 1290 veh/h, el nivel de servicio es D, lo que sugiere congestión moderada con demoras notables para los conductores. En **la intersección N° 12** en la Av. Héroes

de la Independencia (O-E) presenta un volumen de 918 veh/h y una capacidad de 898 veh/h, resultando en un nivel de servicio F, indicando que la capacidad está excedida y el flujo de tráfico. Estos resultados resaltan la necesidad urgente de mejorar la infraestructura vial y la gestión del tráfico, como el ensanchamiento de vías o la implementación de semáforos con temporización adaptativa, para elevar el nivel de servicio y reducir los tiempos de viaje en estas áreas críticas.

Tabla 75. Resultados de datos obtenidos INT 5 – INT 12

Int.	Acceso	Volumen (veh/h)	Capacidad	Nivel de Servicio	
N°5	Acceso 1 Av. Los Callejones (N-S)	632	550	1,1	F
	Acceso 2 Av. Los Sauces (O-E)	592	1290	0,5	D
	Acceso 3 Av. Los Callejones (S-N)	603	521	1,2	F
	Acceso 4				
N°12	Acceso 1 Av. Héroes De La Independencia (O-E)	918	898	1,0	F
	Acceso 2 Av. Los Parrales (N-S)	602	1080	0,6	D
	Acceso 3 Av. Héroes De La Independencia (E-O)	256	1193	0,2	C
	Acceso 4				

- La señalización horizontal es esencial para garantizar un flujo vehicular organizado y seguro en las intersecciones del circuito de transporte analizado. De acuerdo con el diseño propuesto, la implementación de señales horizontales, como las líneas de separación de carril, líneas de prohibición de invasión de carril, y líneas de paso peatonal (líneas de cebra), juega un papel crucial en la regulación del tráfico y en la reducción de conflictos entre vehículos y peatones. En particular, las líneas de pare y las flechas direccionales son vitales para indicar a los conductores cuándo y dónde detenerse o cambiar de carril, lo que disminuye la probabilidad de accidentes y mejora la eficiencia del tránsito. Las intersecciones con un alto volumen vehicular, como la intersección N° 9 con 1607 veh/h, se beneficiarían significativamente de la implementación de estas señales, ya que permitirían una distribución más efectiva del tráfico y reducirían los tiempos de espera. Además, la línea de prohibición de parar es fundamental en zonas donde el estacionamiento indebido contribuye a la congestión, como se observó en la intersección N° 3. La correcta aplicación y mantenimiento de las señales horizontales no solo mejorará el nivel de servicio en las intersecciones más

congestionadas, sino que también incrementará la seguridad vial y la satisfacción de los usuarios en el circuito de transporte.

- La implementación de señalizaciones verticales es fundamental para mejorar el control y la seguridad en las intersecciones y tramos del circuito de transporte en el Distrito 12. El diseño propuesto incluye señales críticas como la señalética de estacionamiento prohibido, pare, y zona escolar, que son esenciales para regular el comportamiento de los conductores y reducir la congestión en áreas clave. La instalación de señales de pare en intersecciones con altos volúmenes de tráfico, como la intersección N° 10, con un volumen de 1509 veh/h, es vital para asegurar que los vehículos cedan el paso correctamente, lo que reduce los riesgos de colisión. Asimismo, la señalética de estacionamiento prohibido es crucial en zonas donde el aparcamiento ilegal contribuye al deterioro del nivel de servicio, como en la intersección N° 4, que opera con un nivel de servicio D. La instalación de señales informativas, como las de centros de salud y paradas de buses, también es indispensable para guiar a los usuarios de la vía y mejorar la accesibilidad y eficiencia del sistema de transporte. La adecuada ubicación y mantenimiento de estas señales verticales no solo regulará mejor el flujo vehicular, sino que también contribuirá a una mayor seguridad y orden en el tránsito, ayudando a prevenir accidentes y mejorando la experiencia general de los usuarios en el circuito.
- Al evaluar el parámetro de velocidad en el estudio, se observó una variabilidad significativa debido a los ingresos de los accesos en las intersecciones. La velocidad máxima registrada en la zona fue de 37.09 km/h, observada en el acceso 3 de la intersección 10. No obstante, la velocidad media más alta entre todas las intersecciones se encontró en la intersección de la Avenida Los Sauces y Calle Fabian Ruiz Herbas, con una velocidad media de 30.71 km/h en sus tres accesos. Estas fluctuaciones en la velocidad de circulación destacan la necesidad de implementar medidas para regular el tráfico y mejorar la fluidez en las áreas de mayor congestión. Es crucial optimizar la señalización y considerar la posible reestructuración de los accesos en las intersecciones clave del circuito de transporte del Distrito 12 para lograr un flujo vehicular más eficiente y seguro.

Tabla 76. Resultados de velocidades

N°	INTERSECCION	Acceso	Acceso	Acceso	Acceso
		1	2	3	4
1	Av. Héroes de la Independencia – Calle Hermanos Uriondo	22,87	34,48	21,50	22,14
2	Av. General Martín Miguel de Güemes – Pasaje 6 de agosto	28,51	22,89	35,22	-
3	Av. General Martín Miguel de Güemes – Calle Sucre	21,97	33,71	22,31	39,70
4	Av. General Martín Miguel de Güemes – Av. Los Callejones	28,67	-	23,57	-
5	Av. Los Callejones – Av. Los Sauces	20,82	25,16	20,19	-
6	Av. Los Sauces – Av. Oscar Vargas	26,16	35,83	25,16	-
7	Los Sauces – Calle Sucre	24,55	24,52	22,68	-
8	Av. Los Sauces – Calle Fabian Ruiz Herbas	27,37	31,27	30,71	-
9	Av. Los Sauces – Av. Héroes de la Independencia	31,59	23,48	25,09	-
10	Av. Héroes de la Independencia – Pasaje 6 de agosto	22,89	25,76	37,09	22,05
11	Av. Héroes de la Independencia – Calle 25 de mayo	22,31	25,16	-	24,52
12	Av. Héroes de la Independencia – Av. Los Pinales	22,33	28,51	22,86	-

- La implementación de semáforos en las intersecciones críticas, como la Av. Héroes de la Independencia con la Calle Hermanos Uriondo y la Av. General Martín Miguel de Güemes con la Calle Sucre, busca mejorar significativamente el flujo vehicular y reducir la congestión en puntos neurálgicos de la ciudad. Los cálculos basados en las normas AASHTO y HCM determinaron ciclos óptimos de semaforización, respetando los tiempos de verde, rojo y amarillo necesarios para un tránsito fluido y seguro. En la intersección de la Av. Héroes de la Independencia con la Calle Hermanos Uriondo, se observó un alto volumen de giros a la izquierda, justificando un semáforo con cuatro focos, incluyendo una fase específica para este movimiento, lo que disminuye colisiones y facilita un flujo continuo, evitando largas colas de vehículos. En la intersección de la Av. General Martín Miguel de Güemes con la Calle Sucre, un ciclo de 120 segundos maneja volúmenes y velocidades elevadas, previniendo embotellamientos y mejorando la seguridad vial. Los datos cualitativos demuestran que una correcta semaforización no solo optimiza el tiempo de viaje, sino que también mejora la percepción de seguridad y eficiencia en los desplazamientos urbanos. En definitiva, estas medidas científicas y operativas contribuyen a un entorno vial más seguro y eficiente, beneficiando tanto a conductores como a peatones.
- El análisis exhaustivo del diseño de oferta de estacionamientos en las intersecciones críticas y tramos evaluados, como la calle Hermanos Uriondo prolongación avenida General Martín Miguel de Güemes y la avenida Héroes de

la Independencia, revela patrones de alta demanda y problemas recurrentes de estacionamiento indebido. En el tramo I, se identificaron 28 vehículos en el carril de vuelta y 30 en el carril de ida, particularmente alrededor del Mercado San Martín, mientras que en la avenida General Martín Miguel de Güemes, se registraron 19 vehículos en el carril de ida y 13 en el de vuelta cerca de la Universidad Privada Domingo Savio. Estos datos cuantificables demuestran la insuficiencia de la oferta de estacionamientos, para satisfacer la demanda en estas áreas. La implementación de medidas de señalización y control más estrictas, junto con la optimización del estacionamiento existente en el Mercado San Martín mediante la apertura del estacionamiento interior y la implementación de señalización vertical y horizontal, resulta crucial para regular el uso del espacio de estacionamiento y mejorar la fluidez vehicular y la organización urbana.

- En el tramo II, los resultados del estudio identificaron zonas críticas como la avenida Héroes de la Independencia, con 20 vehículos estacionados entre el puente San Martín y la avenida Los Parrales, y la avenida Los Sauces, con 13 vehículos en el carril de ida y 10 en el de vuelta. Estas cifras indican una ocupación que supera la capacidad ideal de estacionamiento, evidenciada por el índice de ocupación (I_o) calculado como Demanda/Oferta. Las medidas propuestas, basadas en datos empíricos y análisis científicos, incluyen la implementación de señalización vertical de "Prohibido Estacionar" y la habilitación de zonas específicas de estacionamiento cerca de la Universidad Privada Domingo Savio. Estas acciones permitirán mejorar la fluidez del tráfico y garantizar la seguridad vial. La habilitación de una zona de estacionamiento específica a la entrada de la Universidad Privada Domingo Savio y el control policial continuo para evitar el estacionamiento en zonas críticas son esenciales para una gestión eficiente del espacio urbano y la reducción de la congestión vehicular en los tramos identificados.
- El estudio del transporte público en el circuito vehicular de la Avenida Héroes de la Independencia, Avenida Los Sauces, Avenida Los Callejones, Avenida General Martín Miguel de Güemes y la Calle Hermanos Uriondo revela un sistema crucial para la movilidad y accesibilidad de los usuarios en la región. Con una alta

concentración de universidades, áreas comerciales y oficinas gubernamentales, la demanda de transporte es constante y variada, atendida principalmente por líneas de micros y taxi trufis. Las líneas de micros incluyen la Línea 5 del Sindicato de Micros "Luis de Fuentes", la Línea 6 de la Cooperativa de Micros "Virgen de Chaguaya" y la Línea D. Por otro lado, las líneas de taxi trufi, conocidas como banderitas, incluyen servicios como el Taxi Trufi Full Sin Fronteras, Taxi Trufi Morada, Taxi Trufi Verde con Morado, entre otros. Aunque estas líneas proporcionan una cobertura extensa y accesible, el sistema enfrenta desafíos en términos de eficiencia y capacidad, especialmente en horas pico y nocturnas. La carencia de servicios directos en áreas específicas, como la avenida General Martín Miguel de Güemes, y la necesidad de modernización del parque vehicular son áreas de mejora identificadas. La implementación de horarios extendidos y convenios de transporte específicos para estudiantes puede mejorar significativamente el servicio, garantizando la movilidad continua y segura en la zona de estudio.

- Basándonos en el análisis exhaustivo de los datos recopilados y los resultados obtenidos en este estudio de tráfico vehicular en el circuito de transporte del Distrito 12, podemos concluir que se han alcanzado satisfactoriamente los objetivos planteados. En particular, se logró recolectar datos precisos de flujo vehicular en las intersecciones críticas, identificar las zonas más congestionadas, analizar los factores que contribuyen a la congestión, evaluar la capacidad y nivel de servicio de tramos específicos y proponer soluciones efectivas para mejorar el flujo vehicular. Estos objetivos específicos se cumplieron en un alto grado, confirmando así la validez y relevancia del estudio para abordar los desafíos de movilidad en la zona de estudio. Además, la hipótesis inicial fue validada con un nivel de confianza del 95%, confirmando la relación significativa entre las variables observadas y la realidad del flujo vehicular en la zona estudiada. Por lo tanto, este estudio proporciona una base sólida para la implementación de medidas destinadas a mejorar la circulación y reducir la congestión en el circuito de transporte del Distrito 12, con implicaciones significativas para la movilidad urbana y la calidad de vida de los residentes.

5.2.RECOMENDACIONES

- Es crucial minimizar el tiempo de estacionamiento en las avenidas principales, como la Avenida Héroes de la Independencia y la Avenida General Martín Miguel de Güemes, para mitigar la congestión vehicular. Se insta a las autoridades pertinentes a implementar medidas efectivas de control y aplicación de sanciones, como la vigilancia constante y la imposición de multas más severas, para garantizar el flujo continuo de tráfico en estas vías vitales.
- Es esencial aumentar la señalización vertical en las áreas críticas identificadas, como el Mercado San Martín y la Universidad Privada Domingo Savio. Se deben instalar señales de "Prohibido Estacionar" con advertencias claras sobre el uso de grúas para el levantamiento de vehículos. En el tramo I, donde se registraron 28 vehículos en el carril de vuelta y 30 en el carril de ida alrededor del Mercado San Martín, y en la avenida General Martín Miguel de Güemes, con 19 vehículos en el carril de ida y 13 en el de vuelta cerca de la Universidad Privada Domingo Savio, la falta de señalización adecuada contribuye a la congestión. Además, la implementación de señalización horizontal en la calle Hermanos Uriondo, delimitando áreas específicas para estacionamiento, ayudaría a regular el flujo de vehículos y mejorar la organización urbana. Estas medidas deben ir acompañadas de campañas de concienciación para educar a los conductores sobre las nuevas normativas.
- Es crucial optimizar el uso del espacio de estacionamiento existente, particularmente en áreas de alta demanda como el Mercado San Martín. La apertura del estacionamiento interior del mercado, con un sistema de cobro por hora, puede mejorar la gestión del espacio y evitar que los conductores estacionen sobre la vía pública. En el tramo I, la oferta de estacionamientos, calculada como $Oferta = L/Lc-2$, debe ser maximizada para satisfacer la demanda observada, donde el índice de ocupación (I_o) debe ser menor a 1 para evitar sobrecarga. En la avenida Héroes de la Independencia y la avenida Los Sauces, donde se registraron 20 vehículos y 23 vehículos respectivamente, se recomienda habilitar zonas específicas de estacionamiento y regular su uso mediante personal técnico encargado de supervisar el cumplimiento de las normas.

- Intensificar el control y la vigilancia del tránsito en horarios pico es fundamental para asegurar el cumplimiento de las restricciones de estacionamiento. En las zonas críticas identificadas, como el tramo entre el puente San Martín y la avenida Los Parrales, en la avenida Héroes de la Independencia, donde se observó una alta concentración de vehículos, se recomienda la presencia constante de agentes de tránsito. Además, la instalación de cámaras de seguridad y la implementación de sistemas de vigilancia electrónica pueden disuadir el estacionamiento indebido y garantizar la fluidez del tráfico. Estas medidas deben ser complementadas con rondas de vigilancia regular para mantener el orden durante todo el día, evitando la congestión vehicular y mejorando la seguridad vial.
- Considerando la alta demanda de estacionamiento en áreas como el Mercado San Martín y la Universidad Privada Domingo Savio, es necesario ampliar la infraestructura de estacionamiento. En el caso del Mercado San Martín, la ampliación del estacionamiento interior y la creación de nuevas plazas de aparcamiento pueden aliviar la presión sobre las vías públicas. Para la Universidad Privada Domingo Savio, se sugiere la habilitación de un nuevo estacionamiento en el frontis del instituto, regulado por horarios específicos y con un sistema de cobro por hora. Estos pasos, junto con el análisis de la demanda y oferta de estacionamientos, asegurarán que las nuevas infraestructuras sean suficientes para satisfacer la demanda y mejorar la fluidez vehicular en las zonas más congestionadas.
- Los estudios realizados subrayan la imperiosa necesidad de que las autoridades adopten medidas con carácter urgente para mejorar la transitabilidad en las avenidas del circuito de transporte y sus accesos. Se requiere una intervención inmediata para prevenir la circulación que excede la capacidad máxima en algunas intersecciones críticas, como las identificadas en las intersecciones I, II, III, V, X y XI. Se insta a la implementación de estrategias integrales de gestión del tráfico y planificación urbana que aborden de manera efectiva el congestionamiento y promuevan un flujo vehicular más fluido y seguro en estas áreas críticas del circuito de transporte. Además, es esencial el desarrollo de programas de educación vial y concienciación ciudadana para fomentar un comportamiento

responsable y respetuoso en las vías públicas, lo que contribuirá a mejorar la seguridad y eficiencia del sistema de transporte.

- Se recomienda la promoción del transporte público y el fomento del uso de medios alternativos de movilidad, como la bicicleta y el transporte compartido, para disminuir la dependencia del vehículo privado y aliviar la presión sobre las vías principales del circuito de transporte. Esto puede lograrse mediante la expansión de rutas de transporte público, la mejora de la infraestructura para ciclistas y la implementación de incentivos para el uso compartido de vehículos.