

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Todo país tiene necesidad de una red vial para la movilidad urbana, debido a que todo el desarrollo social y económico está directamente relacionado con su infraestructura vial. Los caminos urbanos, mejor conocidos como vialidades urbanas o calles, son la estructura de toda red vial de una ciudad. La interacción entre las calles en la estructuración de una red vial urbana da origen a las intersecciones o cruces de caminos, cuyo objetivo es brindar comodidad al usuario y a su vez aumentar la eficiencia de los movimientos direccionales que los vehículos realizan en ella. Dichas intersecciones son de gran importancia para la alimentación de una red vial y para su capacidad.

Debido a que durante los últimos años se ha experimentado un crecimiento del parque automotor a nivel mundial y se puede apreciar en nuestro país; ha generado el aumento en la cantidad de desplazamientos por las vías.

El análisis y la evaluación de una intersección pueden ayudar al mejoramiento de su capacidad vial. En la evaluación de intersecciones es necesario tomar en consideración ciertos criterios para la correcta funcionalidad del cruce de calles. Tales criterios tienen base en el volumen vehicular, velocidades de circulación y la saturación de flujo vehicular. El conjunto de lo antes mencionado confluye en el nivel de servicio. El concepto de nivel de servicio fue introducido en el manual de capacidad de carreteras de 1965 y la actual definición de nivel de servicio en el manual de capacidad de carreteras del 2010 es: una medida de calidad que describe las condiciones de funcionamiento dentro de un flujo de tránsito, en general, en términos de medidas de servicios tales como la velocidad y el tiempo de viaje, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, el confort y la comodidad.

Conociendo el nivel de servicio que la infraestructura de una intersección provee al usuario, se determina si ésta requiere alguna acción correctiva para mejorar su funcionalidad.

Además, uno de los objetivos que se persigue al diseñar una intersección es de facilitar la comprensión y movimientos a través de ella por parte de los usuarios, con los estándares más altos de comodidad. En este punto es donde radica la importancia de realizar estudios rápidos conducentes a evaluar el congestionamiento en intersecciones.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Hasta hace veinte años atrás la ciudad de Tarija era apacible y tranquila, con una población relativamente pequeña y el tráfico vehicular se reducía a un servicio público mínimo. Esta situación fue cambiando en el transcurso de los años, por lo que ahora nos encontramos con un aumento desmesurado de la población y desde luego con un tráfico vehicular desordenado, problemático con congestionamientos y embotellamientos sobre todo los fines de semana y los días particulares, en las horas pico. En estos casos se genera un gran problema de tráfico que afecta el normal desarrollo de la circulación vehicular, generando de esa manera incomodidad, perjuicio y malestar en la población.

El objetivo básico del análisis de la capacidad es la estimación del máximo número de personas o vehículos a los que una instalación puede dar servicio con comodidad razonable dentro de un período de tiempo; es por eso que la capacidad proporciona herramientas para el análisis de las instalaciones existentes y para el planeamiento y dimensionamiento de instalaciones a mejorar o futuras.

La capacidad de las infraestructuras de transporte refleja su facultad para acomodar un flujo móvil de vehículos o de personas, la calidad de servicio que las mismas prestan durante los periodos de punta y el incremento de tráfico que pueden soportar.

El nivel de servicio proporciona las condiciones de explotación del tráfico vial, como su percepción por los conductores y pasajeros, siendo los factores que caracterizan estas condiciones la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones a la circulación, el confort y la conveniencia.

Las estimaciones de capacidad y nivel de servicio son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones de ingeniería de tráfico y de planeamiento de transporte.

Es por eso que debemos realizar un estudio actual de la capacidad y nivel de servicio de las calles urbanas de Tarija, porque no contamos con un estudio actualizado. Donde se va a resolver el desconocimiento actual que tenemos.

El estudio propuesto brindará un aporte importante al proceso de investigación continua que lleva a cabo la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. SITUACION PROBLEMÁTICA

En los últimos años la ciudad de Tarija ha sufrido un crecimiento en la economía lo que ocasionó el mejoramiento de carreteras y arterias urbanas de nuestra ciudad, justo con esto creció el parque automotor (nacionalización de vehículos usados, aparición de líneas de micros y aparición de líneas en gran cantidad de taxitrufis) generando un problema por el incremento de volúmenes de tráfico, colmando la capacidad vehicular, disminuyendo las condiciones de comodidad de los usuarios.

No existe un estudio de capacidad y nivel de servicio actualizado en las calles urbanas de la ciudad de Tarija, la cual permita tener un tráfico seguro y eficiente tanto para conductores y peatones y también para evitar los embotellamientos en las diferentes calles.

1.3.2. PROBLEMA

¿Permitirá; la aplicación de la metodología para evaluar la capacidad y nivel de servicio en intersecciones a nivel basadas en los aforos de volúmenes, mejorar las condiciones de uso y prevenir los congestionamientos en nuestras calles urbanas?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la actualización en la capacidad vehicular y nivel de servicio mediante aforos de volúmenes, para plasmarlo en un mapeo categorizado de las calles urbanas de la ciudad de Tarija.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Efectuar la ubicación y la delimitación del área del estudio.

- Determinar los puntos de aforo y sus horas pico para su posterior estudio.
- Realizar la determinación de la capacidad vehicular y nivel de servicio de las diferentes vías urbanas, utilizando fórmulas matemáticas.
- Realizar un mapeo categorizado de las vías urbanas.
- Establecer conclusiones, recomendaciones del estudio realizado.

1.5. HIPOTESIS

Si aplicamos una metodología que pueda evaluar la capacidad y nivel de servicio en las intersecciones a nivel y que se ajuste a las características y condiciones reales de las calles urbanas, entonces; se podrá diseñar en base a un modelo de predicción, que considerará que tipos de intersecciones son cómodas, cuales no y que también permita evaluar las mejoras en ellas.

1.6. DEFINICION DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES

1.6.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Intersecciones a nivel.

1.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Geometría, características físicas.

Volumen de tráfico vehicular.

Señalización.

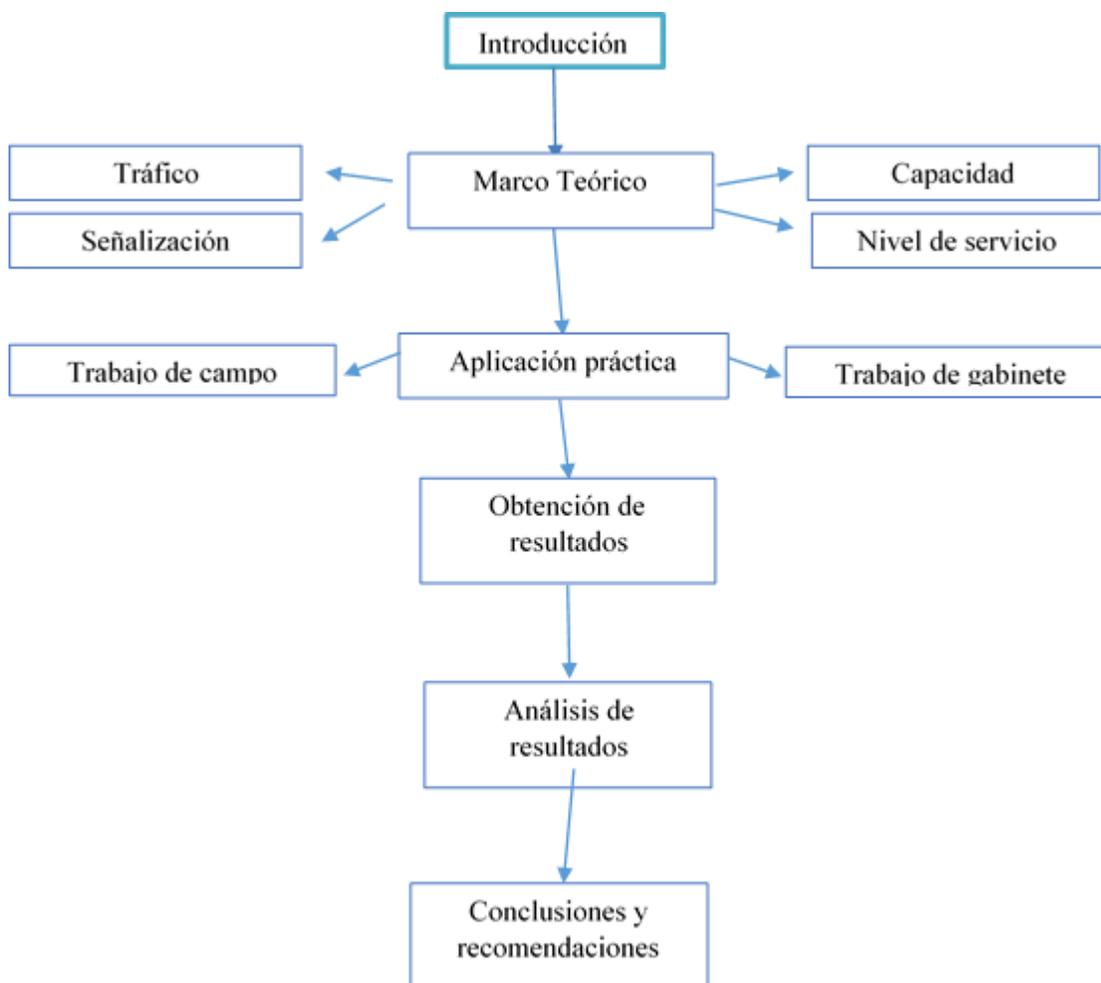
Capacidad.

Nivel de servicio.

Mapeo categorizado.

1.7. DISEÑO METODOLÓGICO

Figura 1.1. Diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia

La presente metodología nos permitirá obtener la capacidad y nivel de servicio para así poder clasificar las intersecciones urbanas de la ciudad.

En primer lugar, se estudiará conceptos necesarios para poder desarrollar el trabajo, así como también su relación con el nivel de servicio.

Posteriormente será desarrollada de acuerdo a las características geométricas, físicas, la señalización que posee, el aforo de vehículos que circulan por las intersecciones en estudio.

Una vez obtenidos los volúmenes para cada intersección, se realizará un análisis evaluativo con la capacidad, nivel de servicio y definir cuales se encuentran trabajando eficientemente y que intersecciones necesitan algún tipo de planteamiento de solución.

1.7.1. COMPONENTES

1.7.1.1. UNIDAD

La unidad de estudio del presente trabajo son las intersecciones a nivel.

1.7.1.2. POBLACIÓN

La población son las intersecciones de las calles urbanas en la ciudad de Tarija, de las cuales se van a determinar la capacidad y nivel de servicio aplicando el aforo de volúmenes.

1.7.1.3. MUESTRA

Se evaluarán todas las intersecciones a nivel de los puntos en estudio, que en total son 30; conformadas por intersecciones dobles y simples.

1.7.1.4. MUESTREO

En cada intersección se realizarán los siguientes estudios:

Aforo de volúmenes vehiculares de cada acceso a la intersección.

Medición geométrica de cada acceso a la intersección.

Inspecciones de las señalización horizontal y vertical.

En gabinete se determinará el comportamiento de:

Volúmenes medios vehiculares en los accesos.

Capacidad de los accesos y la intersección.

Nivel de servicio.

Mapeo categorizado.

1.7.1.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Es la técnica matemática que obtiene, organiza, presenta y describe un conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas.

Describe el conjunto estudiado mediante parámetros estadísticos, los cuales son:

Media aritmética

La media aritmética es el valor promedio de las muestras y es independiente de las amplitudes de los intervalos. Se simboliza como \bar{X} y se encuentra sólo para variables cuantitativas. Se encuentra sumando todos los valores y dividiendo por el número total de datos.

La fórmula general para n elementos es:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

n = Número de datos

x = Valor del dato

Σ = Sumatoria

Desviación estándar

La desviación típica o desviación estándar (denotada con el símbolo σ o s, dependiendo de la procedencia del conjunto de datos) es una medida de dispersión para variables de razón (variables cuantitativas o cantidades racionales) y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

Donde:

s = Desviación estándar

n = Número de datos

x = Valor del dato

Σ = Sumatoria

Para conocer con detalle un conjunto de datos, no solo basta con conocer las medidas de tendencia central, sino que necesitamos conocer también la desviación que presentan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

1.8. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance contempla el trabajo de campo que consiste en realizar la recolección de datos en las mediciones de aforos vehiculares, medición de accesos, inspección de la señalización en las intersecciones, que serán necesarias para calcular la capacidad y el nivel de servicio en las intersecciones y plasmarlas en un mapeo categorizado.

Los puntos establecidos para el estudio de este trabajo se identificarán de la siguiente manera: se escogerá 30 puntos en las calles urbanas para su estudio, estableciendo como área de estudio todas las intersecciones que se encuentran dentro de estos puntos.

El trabajo de campo consta del aforo de volúmenes vehiculares de cada acceso a la intersección, medición geométrica de cada acceso y de una inspección visual para observar la existencia o no de señalización vertical y horizontal con las que deben contar las intersecciones.

Al haber obtenido todos los datos necesarios se aplicará la metodología para poder encontrar la capacidad y el nivel de servicio, propios de cada uno de los puntos

seleccionados y así clasificar en un mapeo categorizado el funcionamiento de las intersecciones en estudio según parámetros que se obtendrán a través del cálculo.

Finalmente se realizará un análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO, CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CALLES URBANAS

2.1. PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

La ingeniería de tráfico se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, trazado y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales, etc.) y zonas de influencia, así como de su relación con otros medios de transporte (Carlos, Victor, & Juan, 1995).

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación de personas y mercancías sea segura, rápida y económica.

Para ello se utilizan diversas magnitudes que reúnen las características de los vehículos y usuarios. Estas magnitudes son: la velocidad, el volumen, la densidad, la separación entre vehículos sucesivos, intervalos entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras, origen y destino del movimiento, la capacidad de las calles y carreteras, se analizan los accidentes, el funcionamiento de pasos a desnivel, terminales, intersecciones canalizadas, etc. Por otro lado, se estudia al usuario todas las reacciones para maniobrar el vehículo como ser: rapidez de reacción para frenar, para acelerar, su resistencia al cansancio, etc. Así como también la accidentabilidad y el nivel de riesgo.

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

También es necesario analizar y realizar investigaciones para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito, y de esta manera conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias del

aumento en el número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. Se debe establecer claramente los objetivos concretos y operacionales que se quiere alcanzar.

2.1.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

Los tres elementos básicos que componen la Ingeniería de Tráfico son:

El usuario (relacionado con los peatones y conductores).

El vehículo.

La vía (relacionado con las calles y carreteras).

2.1.1.1. ELEMENTO USUARIO

Es muy importante tener en cuenta el comportamiento del usuario para la planeación, estudio, proyecto y operación de un sistema de transporte automotor.

El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.

a) EL CONDUCTOR

El conductor es considerado en forma individual o colectiva aquella persona que maneje un vehículo motorizado que circula en el tráfico. Este elemento está sujeto en su comportamiento a unos análisis físicos y a las reacciones físicas y psicológicas que pueda tener al manejar un vehículo.

La cualidad física está basada en el órgano de la visión que es el que le dé facultad para conducir un vehículo, este órgano de la visión normalmente en el conductor forma un cono visual cuya amplitud puede ser variable sin embargo en estudios realizados se ha comprobado que una visión segura se produce considerando una amplitud de ángulo de 10° a partir del órgano de la visión donde todos los objetos son identificados con tal claridad más allá de esta amplitud puede el conductor visualizar pero sin detalle a los objetos.

Existen algunos defectos en la visión que pueden ser perjudiciales o no en los conductores entre ellos la miopía, el astigmatismo, el estrabismo, la presbicia, etc. Son considerados

no perjudiciales ya que se pueden corregir por medio de lentes, gracias a este recurso no hay razón para impedir que un individuo con estos defectos pueda conducir un vehículo.

Sin embargo hay otros defectos como el daltonismo cuya consecuencia es la no distinción de colores, que puede ser perjudicial en un conductor para efectos de señalización y semaforización. Los conductores tienen dos tipos de reacciones una física o condicionada y otra psicológica o no condicionada.

La reacción física o condicionada está referida a los aspectos de habilidad y hábito, un conductor puede tener una mayor o menor habilidad debido al tiempo dentro del manejo vehicular, a las condiciones de destreza y facilidad que tiene cada individuo y a las condiciones de hábitos a las que está sometido, debido a la repetición de acciones diarias que puede tener un conductor al utilizar ciertas rutas de circulación diariamente. Se consideran condicionadas porque tienen ese efecto en el momento de reacción.

Existen otras reacciones que son psicológicas o no condicionadas que dependen más de aspectos emocionales a las que puede estar sometido un individuo en cierto momento, siendo estas emociones las que van al cerebro y a través de los órganos sensitivos se envía un mensaje para reaccionar y tomar una decisión para actuar como una orden al músculo apropiado.

Algunos factores que pueden modificar el comportamiento del individuo por consiguiente el mismo tiempo de reacción son:

La fatiga.

El alcohol y las drogas.

Su estado emocional.

Las condiciones del tiempo.

La altura sobre el nivel del mar.

Estos tiempos de reacción que tienen los conductores y que dependen de estos factores tanto físicas como psicológicas han sido estudiados, la AASHTO recomienda al proyectar carreteras, adoptar como tiempos de reacción para frenar 2,5 seg., en cada caso de vías

urbanas este valor puede ser 0,75 a 1,00 seg., el cansancio, enfermedades, defectos físicos o edad del conductor pueden afectar al tiempo para reaccionar y los valores pueden ser en un 50% más.

Se considera que un buen conductor debe tener las siguientes cualidades:

Poseer reacciones buenas a los estímulos visuales.

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

Ser rápidos y estar habituados a las situaciones de urgencia.

Tener aptitud mecánica y habilidad para el vehículo.

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

b) EL PEATÓN

Se define al peatón o transeúnte como 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 tráfico, 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 peatón se considera a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad, prácticamente todos somos peatones. En la mayoría de los casos las calles son compartidas por los peatones y vehículos. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características de los movimientos de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.

El elemento peatón tiene una mayor incidencia en los problemas de tráfico del área urbana y no así en las carreteras donde su incidencia es casi mínima.

2.1.1.2. ELEMENTO VEHÍCULO

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

Por lo tanto, es indispensable que cada país mejore las condiciones del transporte para su progreso y de esta manera poder transportar los bienes de consumo desde las fuentes de producción hasta los mercados y de allí comercializarlo a la población.

Actualmente, es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, lo que es deseable y conveniente, logrando así reducir más la actual relación de habitantes por vehículo.

Por lo tanto, el segundo elemento componente del tráfico, el vehículo, irremediamente va en aumento.

Clasificación y características del vehículo de proyecto.- Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones.

Los vehículos se clasifican en 2:

Vehículos ligeros o livianos.

Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

Vehículos ligeros

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

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

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

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

Vehículos pesados

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

Terminales de pasajeros y de cargas.

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

A continuación, se indican algunas dimensiones más o menos comunes de acuerdo al tipo de vehículos.

Tabla 2.1 Características de los vehículos más frecuentes

Clase	Dimensiones		
	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Coches			
Pequeños	3,00 – 3,50	1,30 – 1,40	1,34 – 1,35
Medianos	3,60 – 4,40	1,50 – 1,60	1,35 – 1,40
Grandes	4,50 – 4,80	1,70 – 1,80	1,35 – 1,50
Furgonetas	4,00 – 4,80	1,60 – 2,00	1,80 – 2,00
Autobuses	10,00 – 16,00	2,50	3,00
Camiones (rígidos)			
2 ejes			
Pequeños	5,00 – 6,00	2,10 – 2,30	-
Medianos	6,00 – 6,20	2,40 – 2,50	-
Grandes	7,50 – 7,80	2,50 – 2,50	-
3 ejes	8,00 – 10,00	2,40 – 2,50	-
4 ejes	11,00	2,50	-

Fuente: Elementos de ingeniería de tráfico - Carlos Kraemer

2.1.1.3. ELEMENTO VÍA

El tercer elemento fundamental del tráfico es la vialidad o la vía por el que se mueven los vehículos.

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad (Tapia & Romel, 2006) .

El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa.

a) PARTES INTEGRANTES DE UNA VIA

Calzada o superficie de rodamiento.- Es aquella faja acondicionada especialmente para el tránsito de los vehículos.

Carril.- Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.

Acotamientos o bermas.- Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente puede usarse como estacionamiento provisional para alojar vehículos en caso de emergencia.

Corona.- Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre los hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.

Hombro.- Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén o el talud interior de la cuneta con la corona.

Cunetas.- Van paralelamente a los acotamientos, destinadas a facilitar el drenaje superficie longitudinal de la carretera.

Contra cunetas o zanjas de coronamiento.- Puede existir en aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera o sobrecarguen la cuneta.

Taludes.- Son las superficies laterales inclinadas, comprendidos entre las cunetas y el terreno natural.

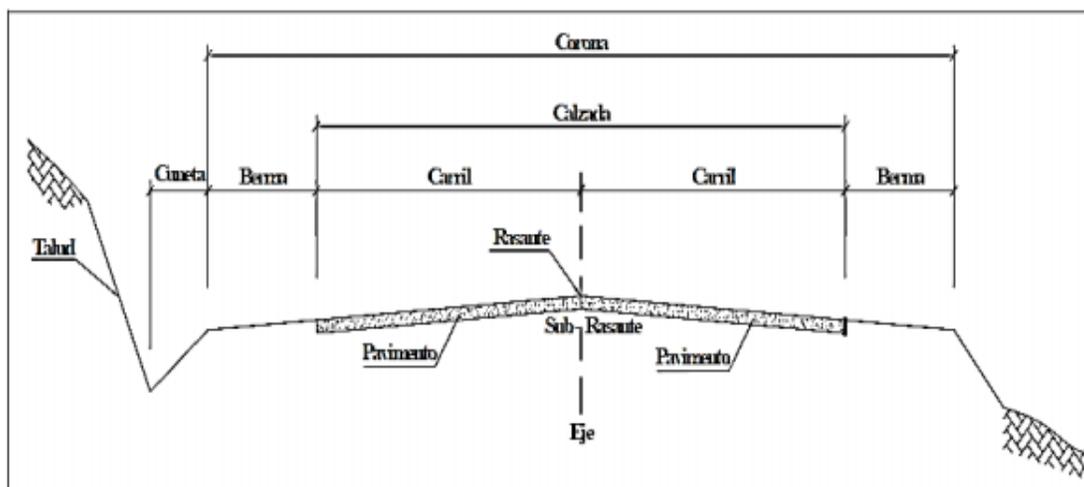
Drenaje transversal.- Está formado por las alcantarillas y estructuras mayores por ejemplo los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.

Rasante.- Como eje, es la proyección vertical del desarrollo del eje real de la superficie de rodamiento de la carretera.

Subrasante.- Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

Pavimento.- Es la superficie especialmente tratada con materiales perdurables y que permitan un tránsito rápido, eficiente y sin polvo.

Figura 2.1. Partes integrantes de una vía



Fuente: Diseño geométrico de carreteras – Jaime Cárdenas Grisales

2.2. TRANSPORTE URBANO

El transporte urbano implica la evaluación y la selección de las calles para servir en condiciones presentes y futuras. Por ejemplo, la construcción de un nuevo centro de compras, colegios, instituciones o centro de convenciones requerirá servicios adicionales de transporte, así también, un nuevo desarrollo residencial, espacios de oficinas, y los parques industriales que se generaran por el tráfico adicional, requiriendo la creación o la expansión de calles y de los servicios de tráfico.

El planeamiento del transporte urbano se refiere a dos horizontes de tiempo separados. El primer horizonte es un énfasis a corto plazo previsto para seleccionar los proyectos que se pueden poner en ejecución dentro de un periodo de uno a tres años. Estos proyectos se diseñan para proporcionar una mejor gerencia de instalaciones existentes haciéndolas tan eficientes como sea posible. El segundo horizonte se ocupa de las necesidades de largo alcance del transporte de un área e identifica los proyectos que se construirán sobre periodos de 20 años.

Los proyectos a corto plazo implican programas tales como la sincronización de las señales verticales y horizontales, señales informativas, preventivas y educativas de tráfico para mejorar el flujo vehicular, franjas de estacionamiento y lotes de parqueo para aumentar la calidad de flujo vehicular.

Los proyectos a largo plazo implican programas tales como la apertura de calles, nuevas líneas de autobús, sistemas y extensiones rápidas de tráfico, o calles de acceso a los aeropuertos, a los centros comerciales u otras instituciones.

2.2.1. VÍAS URBANAS

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

A su vez las vías urbanas podemos clasificarlas también, tomando en cuenta para ello el aspecto funcional de las mismas como sigue.

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

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

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

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

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

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

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

Según el grado de integración de sus tráfico.- Desde el punto de vista exclusivo de los tráfico que soportan, las calles pueden ser monomodales y plurimodales.

Calles monomodales.- Son aquellas que admiten un único modo de transporte, por ejemplo:

Calles peatonales.

Calles exclusivas de vehículos motorizados.

Calles exclusivas de transporte colectivo, etc.

Calles plurimodales.- Son Aquellas en las que admiten más de un modo de transporte, por ejemplo:

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

Calles con segregación parcial de tráficos, con los modos motorizados en la calzada y los no motorizados en la acera.

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

Según la anchura de la calle.- La anchura de la calle, si bien está relacionada con su capacidad de tráfico, indirectamente, con su importancia, no es, aisladamente considerada, pueden ser:

Calles estrechas, de anchura igual o inferior a 5,00 – 8,00 m.

Calles medias, entre 8,00 – 20,00 m.

Calles anchas, superiores a 20,00 m.

Según la actividad dominante de la calle.- Se refiere principalmente, a la densidad de la actividad dominante, ya que raramente una calle presenta un único uso. Con arreglo a ello, las calles pueden ser:

Calles residenciales.

Calles industriales.

Calles comerciales o de oficinas.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS URBANAS

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

A excepción de las vías arteriales en las vías urbanas ya no existirán los arcenes o bermas ni las cunetas, pero se implementan las aceras, estacionamientos, instalaciones de alumbrado exterior o lo que se llama alumbrado público y es así que las carreteras se convierten en calles.

Otras características de las vías urbanas a diferencia de las interurbanas, vienen a ser las intersecciones o encuentros ya que para su diseño en calles se deben tomar en cuenta varios aspectos que derivan precisamente del ámbito urbano, de igual manera la velocidad de circulación, radios de giro, esfuerzos de frenado, el peso de los vehículos son también características que presentan las vías urbanas.

2.2.3. PARTES DE UNA VÍA URBANA

Figura 2.2. Partes integrantes de una calle urbana



Fuente: Elaboración propia

Calzada.- Se denomina calzada a la parte de la calle destinada a la circulación de los vehículos. Se compone de un cierto número de carriles. Su zona exterior son aceras, las cuales no pertenecen a la calzada y por ellas no se debe circular excepto en circunstancias especiales.

Carril.- Es cada una de las bandas longitudinales en que queda dividida la calzada después de la señalización. Se caracteriza por tener una anchura suficiente para permitir la circulación de una fila de automóviles.

Acera.- Las aceras son las zonas o partes de las vías que se encuentran dedicadas exclusivamente al uso y servicio de los peatones, las mismas se encuentran ubicadas a ambos lados de la calzada. En calles residenciales se suele colocar entre la calzada y la acera una franja de césped, con el motivo de alejar a los peatones de la calzada y así evitar los accidentes debido a que en estas zonas generalmente los conductores suelen aumentar

la velocidad por no existir demasiado volumen de tráfico. En calles comerciales no se acostumbra a usar césped ya que el volumen de peatones en estas zonas es mayor y es necesario un ancho mayor de las aceras para la comodidad de los mismos.

Bordillo.- Los bordillos son piezas de piedra u hormigón, verticales o inclinados son la unión entre la acera transitable por peatones y la calzada transitable por vehículos. Suele implicar un pequeño escalón de unos cinco o diez centímetros entre ambas superficies. Esto evita que tanto el agua como los vehículos invadan la acera.

También se colocan bordillos en las líneas de encuentro con otras superficies: césped, arena, interior y exterior de recintos, etc. A veces, los bordillos son pintados para indicar la prohibición de estacionar sobre esa acera.

2.3. VELOCIDAD

De un modo general la velocidad del tráfico vehicular se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, para un vehículo representa su relación de movimiento que comúnmente se expresa en (Km/h).

En el caso de una velocidad constante, es una función lineal de la distancia y el tiempo y viene expresada por la fórmula:

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

Donde:

v = Velocidad constante en (Km/Hr).

d = Distancia recorrida (Km).

t = Tiempo de recorrido (Hr).

La velocidad es un elemento fundamental del tráfico porque depende de ella el comportamiento vehicular y tiene una relación directa con otros parámetros fundamentales, dependiendo de las condiciones en que circula un vehículo por las calles o carretera se condiciona su velocidad. En la práctica existen diferentes velocidades que se pueden determinar cómo ser:

Velocidad de punto.

Velocidad de recorrido total.

Velocidad de crucero.

Velocidad directriz o de diseño.

Velocidad media de circulación.

Velocidad de punto.- Es aquella velocidad que se determina considerando que el vehículo está circulando en un flujo libre sin restricciones en su movimiento, y que se la toma al paso de un vehículo por un determinado punto de una calle o carretera. Como esta velocidad se toma en el preciso instante del paso del vehículo por el punto se la denomina también velocidad instantánea, por lo tanto su velocidad será una relación entre la distancia recorrida y el tiempo transcurrido para recorrer dicha distancia; aunque esta sea prácticamente una velocidad ideal ya que es poco probable de que un vehículo circule en calles o carreteras a flujo libre. Viene dada por la siguiente expresión:

$$V_p = \frac{d}{(t_f - t_o)}$$

Donde:

V_p = Velocidad de punto (Km/Hr).

d = Distancia fija (Km).

t_o = Tiempo inicial (Hr).

t_f = Tiempo final (Hr).

Para fines de estudio la distancia fija se debe elegir entre 20, 50, 75, 100 m.

Velocidad de recorrido total.- Es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde en principio a fin del viaje, entre el tiempo total en que se empleó en recorrerla. Es una velocidad que se estudia para determinar cuáles son los efectos que causan demoras o disminuyen la velocidad de circulación. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control ajenos a la voluntad del conductor. Esta velocidad no es considerada para diseño

porque puede ser muy variable en varios tramos de una carretera o en varias líneas de flujo en el área urbana. La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez de ciertas rutas, ya sea una con otra; o en todo caso en una misma ruta cuando se han realizado cambios para analizar los efectos.

La relación que se utiliza para determinar la velocidad de recorrido total es:

$$V_r = \frac{dr}{tc + td}$$

Donde:

V_r = Velocidad de recorrido total (Km/Hr).

dr = Distancia de recorrido (Km).

tc = Tiempo de circulación (Hr).

td = Tiempo de demoras (Hr).

Velocidad de crucero.- Para un vehículo esta velocidad es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo de circulación, para la obtención de esta velocidad no se realiza un aforo; desde el punto de vista conceptual la velocidad de crucero en condiciones ideales sería igual a la velocidad de punto; sin embargo, como no se trata de un flujo libre y está afectado por una serie de factores, es que es una velocidad menor que la velocidad de punto, y de modo contrario esta velocidad sería mayor a la velocidad de recorrido.

La velocidad de crucero viene expresada de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{dr}{tc}$$

Donde:

V_c = Velocidad de crucero (Km/Hr).

dr = Distancia de recorrido (Km).

tc = Tiempo de circulación (Hr).

Velocidad directriz o de diseño.- Es la velocidad máxima en la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una respectiva vía, es una velocidad recomendada para fines de diseño geométrico para calles y carreteras; por lo tanto todos aquellos elementos de alineamiento horizontal, vertical, transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, anchos de carriles, dependen de la velocidad de diseño.

La selección de la velocidad de diseño depende de la importancia de la vía esto tomando en cuenta a futuro, los volúmenes de tránsito que va a mover, la topografía de la zona, el uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos.

En cada país se tienen normas que recomiendan las velocidades de diseño de acuerdo al tipo de carretera o calle que se quiere proyectar y las condiciones de circulación. En el caso de las calles urbanas, la mayoría de las normas adoptan como velocidad de diseño a la velocidad media de circulación, porque se considera que en un trazo urbano existen muchos más factores que en una carretera que limitan las velocidades de los vehículos.

Generalmente las velocidades directrices en carreteras están en un rango de 45-120 Km/Hr; para el caso de calles urbanas las velocidades recomendadas para el diseño varía entre 25-50 Km/Hr.

Velocidad media de circulación.- En el caso de los trazos urbanos, la circulación vehicular en cada una de las calles adquiere una característica particular que hace que se diferencie las velocidades en diferentes puntos y entre las distintas líneas de flujo; por lo que se hace razonable determinar una velocidad media de circulación que es el promedio de las velocidades de puntos registradas en los aforos respectivos. En muchos casos esta velocidad es la que se adopta como velocidad de diseño para varios elementos geométricos y de ordenamiento de la circulación vehicular de las respectivas calles.

2.4. VOLUMEN

Es el número total de vehículos que pasan por un punto o sección transversal ya sea de una carretera o de una calle durante un intervalo de tiempo dado, estos pueden expresarse en términos anuales, mensuales, diarios, horarios o en periodos inferiores a una hora, siendo los periodos de tiempo más usados los de un día y una hora.

En función de los periodos de tiempo se establecen diferentes tipos de medición de volúmenes de tráfico, los más empleados son:

Tráfico promedio diario (T.P.D.).

Tráfico promedio horario (T.P.H.).

Tráfico Promedio Diario (T.P.D.).- Se define el volumen de tránsito promedio diario como el número total de vehículos que pasan por una sección longitudinal de una calle o carretera en el tiempo de un día, este es un valor importante como valor referencial debido a que nos muestra las variaciones horarias dentro del día.

Tráfico Promedio Horario (T.P.H.).- Es la cantidad de vehículos que son registrados en una sección longitudinal de una calle o carretera en el periodo de tiempo de una hora. Este valor es mucho más representativo y significativo para el estudio de tráfico ya que nos muestra las variaciones horarias; pudiendo obtenerse las horas pico o críticas.

Se ha establecido de acuerdo a investigaciones que la relación entre el T.P.D. y el T.P.H. es más o menos la siguiente:

$$\text{T.P.H.} = 12 - 15 \% \text{ T.P.D.}$$

Cabe recalcar que la anterior relación sólo es para valores máximos.

2.4.1. AFOROS DE VOLÚMENES

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

Los aforos pueden ser de dos tipos:

Aforos manuales.

Aforos automáticos.

2.4.1.1. AFOROS MANUALES

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la calle, a cargo de una o varias personas. Los tipos de datos pueden ser:

Composición vehicular.

Flujo direccional y por carriles.

Volúmenes totales.

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, un mes, un año.

Para este estudio el tiempo de aforo es de una hora. Una vez identificado los tiempos críticos, se afora tres veces al día, en las tres horas pico, durante tres veces a la semana, en un periodo de un mes.

Son realizados definiéndose puntos sobre la carretera o calle a ser estudiada, sección en la cual se debe realizar el conteo de vehículos que pasan en tiempos determinados ya sean horarios o diarios. Para ello es necesario contar con personal capacitado para realizar esta operación, los aforos manuales generalmente son realizados en periodos cortos de tiempo especialmente en horas pico, los cuales son generalmente en tiempos menores a una hora como ser 5, 10, 15, 20, o 30 minutos. Para este estudio se hizo en el intervalo de 15 minutos durante 1 hora. Posteriormente, se los expande a una hora empleando factores como por ejemplo emplear 4 veces el volumen correspondiente a 15 minutos.

Los recuentos manuales son los más caros y sólo se realizan para conseguir datos que no es posible obtener mediante procedimientos mecánicos, tales como la clasificación de vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes en los mismos.

En intersecciones donde el volumen es bajo, la clasificación tanto de los movimientos del tráfico, la clasificación, etc. Se pueden llevar a cabo por una sola persona, pero en intersecciones con semáforos el trabajo se torna más difícil.

En síntesis, el procedimiento de los recuentos manuales de los volúmenes de tráfico se reduce a una persona con un lápiz, realizando marcas en un formato de registro el mismo que deberá ser previamente preparado de acuerdo a la información que se quiera recabar.

2.4.1.2. AFOROS AUTOMÁTICOS

Se realizan mediante dispositivos mecánicos instalados en la calle, estos dispositivos son:

Detectores neumáticos.- Consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes es el mismo.

Contacto eléctrico.- Consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.

Fotoeléctrico.- Consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la calle, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.

Radar.- Lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.

Fotografías.- Se toman fotografías del tramo y después se procede al conteo de vehículos.

Son los que permiten realizar recuentos de vehículos sin ocupar personal permanentemente, el más utilizado es el de un tubo de caucho en cuyo extremo se encuentra una membrana que es colocada en forma transversal de una calle o carretera; y al paso de cada vehículo sobre el tubo se produce un impulso de aire sobre la membrana, la cual produce un contacto eléctrico a un aparato contador que va sumando los impulsos recibidos.

Estos contadores registran los volúmenes totales registrándolos en una cinta, y una persona encargada tiene que ir a hacer las observaciones correspondientes, los contadores pueden ser fijos o móviles, los fijos se los utiliza para hacer recuentos continuos en ciertos sectores.

Los contadores portátiles poseen un acumulador como fuente de energía y un tubo neumático como unidad captadora, son utilizados para recuentos parciales en determinados periodos de tiempo.

La desventaja de los contadores automáticos es que no permiten clasificar a los vehículos de acuerdo a su tipo o los giros que realizan los vehículos, pero pueden hacerse

clasificaciones por sentido del movimiento colocando los tubos de caucho solamente sobre los carriles destinados a la circulación en un sentido.

2.5. CAPACIDAD

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

Un objetivo principal del análisis de la capacidad, es estimar el número máximo de vehículos que una calle puede acomodar con razonable seguridad durante un período específico de tiempo.

Las calles urbanas de la ciudad de Tarija no operan en su máxima capacidad, si no, todo lo contrario, se produce congestionamiento y se estacionan en los carriles de las calles, al estacionarse pierde el 50 % de su capacidad y al producirse congestionamiento o se estacionan en plena calle pierde el 100 % de su capacidad, usando de esta manera los dos carriles que tiene la calle.

Las condiciones prevalecientes de la calle se refieren a características geométricas como el número y uso de carriles, ancho de calle, configuración de carriles y la infraestructura que presentan los puntos estudiados.

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

La capacidad frecuentemente se mide en vehículos por hora (veh/hr).

2.5.1.- CAPACIDAD EN VÍAS DE FLUJO INTERRUMPIDO

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

Factores que se refieren al tráfico

Camiones.- Los camiones influyen en forma desfavorable a la capacidad, cada camión debido a sus características físicas (largo y ancho) desplaza un cierto número de vehículos ligeros de la circulación, al cual se los conoce como vehículos ligeros equivalentes.

Autobuses.- Los autobuses al igual que los camiones afectan a la capacidad pero en menor grado; sin embargo, afectan en el congestionamiento debido a que levantan pasajeros en cualquier parte no solo en las paradas establecidas.

Taxis.- Los taxis tienen una mayor influencia en la capacidad de las calles afectando en gran manera al congestionamiento que llegan a tener las calles urbanas. La velocidad de los taxis es más fluida, esto es debido a que cuando el taxi recoge al pasajero, el taxi trata de salir del problema de tráfico tomando rutas menos congestionadas.

Factores que afectan a la capacidad en las calles urbanas

Intersecciones a nivel.- Como ya habíamos mencionado anteriormente, la capacidad de una determinada sección de una calle depende de varios factores que pueden ser prácticamente fijos como el trazado y el tipo de regulación y otros variables pues reflejan el uso momentáneo que se hace en la intersección tanto por vehículos como por peatones. Y en cuanto al tipo de regulación se presenta una regulación por medio de semáforos y por medio de señales verticales y horizontales de acuerdo a normas establecidas. A continuación describimos los factores que afectan a la capacidad en intersecciones:

Ancho de calle.- La experiencia ha demostrado que el ancho de calle es el factor más significativo que afecta la capacidad de una intersección, el ancho del acceso no varía solamente con la de la calle, si no que viene dado por la disposición de marcas viales, la ubicación de las isletas y la de otros obstáculos.

Con frecuencia la delimitación de carriles marcados en el pavimento no son respetados especialmente en las horas pico, la experiencia demuestra dentro de ciertos límites que la capacidad y el nivel de servicio de un acceso a una intersección varían directamente con el ancho del mismo, por lo tanto, es mejor considerar el ancho total del acceso lo que no quiere decir que el número de carriles no afecte a la capacidad.

Circulación en sentido único o doble sentido.- A simple vista parecería que el ancho de un acceso a una calle de sentido único debería tener la misma capacidad que otro situado en una calle de doble sentido; sin embargo, en el primer caso hay una serie de ventajas que se reflejan no sólo en la capacidad, si no en los volúmenes. Así por ejemplo, en una calle de un solo sentido se pueden realizar los giros a la izquierda con mayor facilidad debido a la falta de tráfico en el sentido opuesto.

En general para las calles de un mismo ancho de acceso, existe una capacidad algo mayor si la calle funciona en un solo sentido que la de doble sentido, pero no siempre es así y por lo tanto no se aconseja generalizar.

Estacionamientos.- La existencia de vehículos parados, detenidos o estacionados en las proximidades de la intersección es un factor que afecta que afecta notablemente la capacidad de la intersección disminuye el ancho eficaz del acceso y retarda la circulación de vehículos, en el caso existir vehículos realizando maniobras de estacionamiento.

Por tanto, la presencia de vehículos estacionados en las inmediaciones de la intersección reducirá notablemente la capacidad de la misma. Por otro lado, si se destina una zona de la vía a este fin, puede obtenerse notoriedad en la capacidad.

Otros factores

La población.- Es otro de los factores que afecta a la capacidad en una intersección. Esto se definió de acuerdo a estudios realizados en intersecciones de distintas ciudades, de iguales condiciones de trazado y regulación, en donde la intersección ubicada en la ciudad más importante posee mayor capacidad, esto debido a la mayor experiencia del conductor para maniobrar.

La situación de la intersección.- En el conjunto de una ciudad existen diferentes zonas la población presenta distintos comportamientos de los conductores, lo cual influye en la capacidad, también ejerce cierta influencia la localización de la intersección dentro de dicha ciudad. A efectos de cálculo, se distinguen 3 zonas:

Centro.- Zona en la que el uso predominante del pueblo es la actividad mercantil y de negocios. Se caracteriza por el gran número de peatones, por la frecuencia con que los

vehículos cargan y descargan mercadería, por la falta, demanda de estacionamiento y por la alta rotación del mismo.

Zona intermedia.- Zona contigua al centro, donde se mezcla la actividad mercantil con pueblo presidencial de alta densidad. La mayor parte del tráfico no tiene su origen ni su destino dentro de la zona, caracterizada por la presencia de un número moderado de peatones.

Suburbana o centros periféricos.- Son aquellos en las que predomina el uso residencial, y se caracteriza por poseer una baja densidad peatonal y una renovación de estacionamiento muy baja.

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

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

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

- a) Determinación de la capacidad teórica.
- b) Determinación de la capacidad práctica o posible.
- c) Determinación de la capacidad real.

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

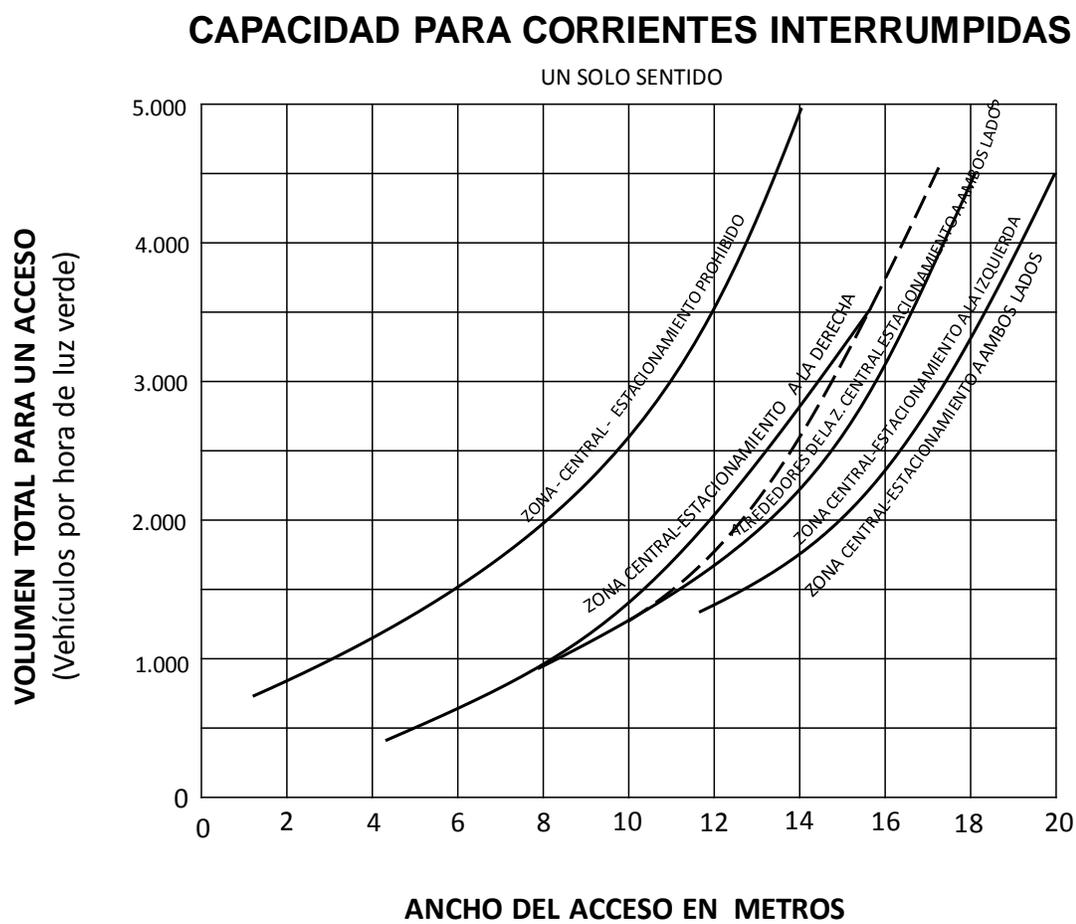
El Ancho de acceso.- Es un elemento fundamental para determinar cuánto de capacidad puede tener nuestro acceso. Cuanto mayor es el acceso mayor es la capacidad teórica.

Características funcionales.- Están básicamente la posibilidad de estacionamiento en los accesos y la ubicación de la intersección en el entorno del trozo urbano.

Es decir si está en zona central, intermedia o periférica.

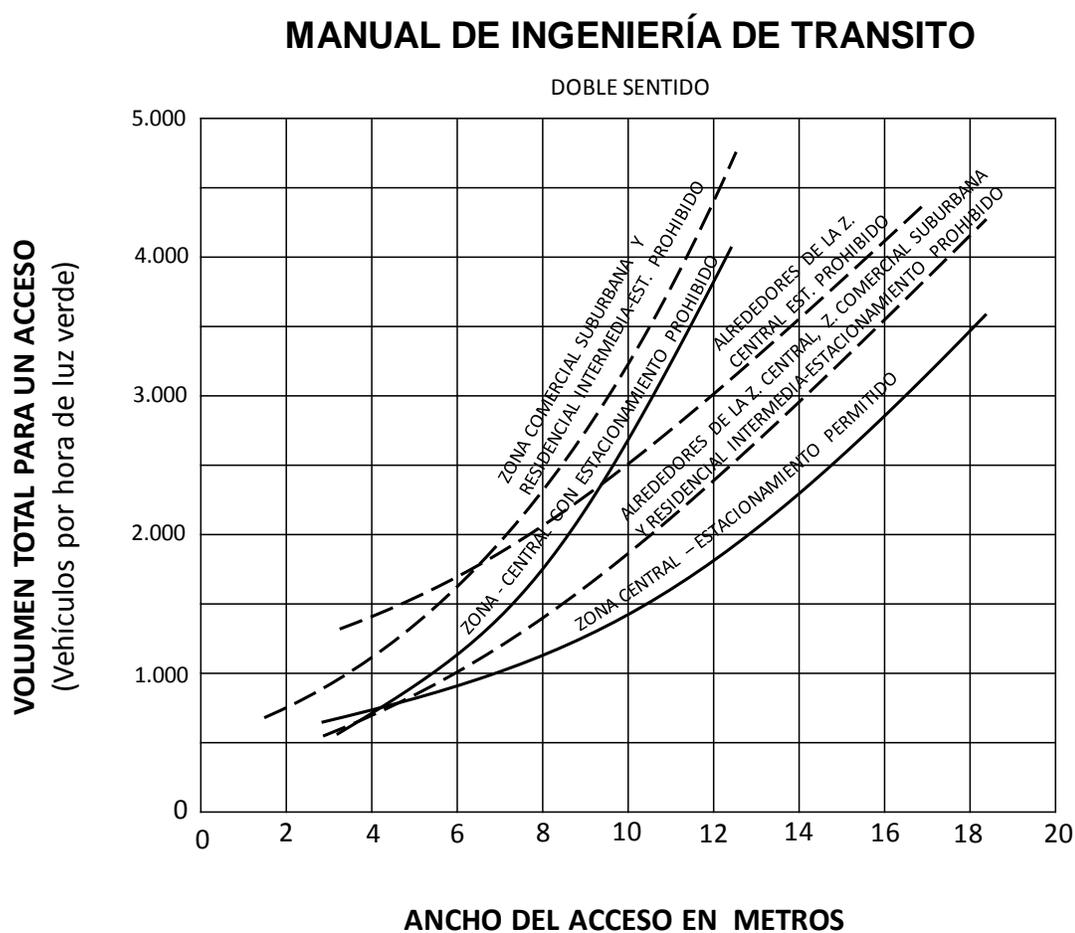
Tomando estos dos factores se hace uso de ábacos ya establecidos tanto para calles de un sentido como de doble sentido con la cual se determina una capacidad teórica.

Figura 2.3. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

Figura 2.4. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas de doble sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

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

Es decir para tener la capacidad practica se debe multiplicar un factor de 0,90 a la capacidad teórica.

$$\text{Capacidad PRACTICA} = \text{Capacidad TEORICA} * \text{factor ajuste}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{PRACTICA}} = \text{Capacidad}_{\text{TEORICA}} * 0,90$$

c) **Capacidad real.**- Las condiciones particulares de cada acceso hace que se establezca una capacidad real que es el producto de la capacidad práctica por una serie de factores reducción que está dada por una metodología ya establecida.

Los factores de reducción más incidentes son los giros izquierda, giros derecha, paradas antes o después de las intersecciones, etc.

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

Por giros.- Sustraer 0,50 % por cada 1 % en el que el tráfico gira a la derecha, pasa del 10 % el tránsito total.

Sustraer el 1% por cada 1% en el que el tránsito en gira a la izquierda pasa del 10 % del tránsito total.

Por paradas.- De ómnibuses antes de la intersección restar el 10 % por paradas después de la intersección restas el 5% en zonas centrales y 10 % en zonas intermedias.

Por vehículos pesados.- Sustraer un 1% por cada 1% de los ómnibuses y camiones pasen del 10% de número total.

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

Una intersección puede tener de dos o más accesos también tendrán capacidades diferentes de cada acceso.

$$\text{Capacidad}_{\text{REAL}} = \text{Capacidad}_{\text{PRACTICA}} * \text{Factores}_{\text{reducc}}$$

$$\text{Capacidad}_{\text{REAL}} = \text{Capacidad}_{\text{PRACTICA}} * f_{\text{VP}} * f_{\text{GI}} * f_{\text{GD}} * f_{\text{Pa}}$$

2.6.- NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio mide la calidad de flujo vehicular, es decir el nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular (Cal, Reyes, & Cardenas, 1994).

El nivel de servicio es un intento en describir las condiciones operacionales del volumen de tránsito tal y como las percibe el usuario. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, sobrepaso, giros etc.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos:

Los internos son aquellos que corresponden a variaciones con la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimiento de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Los externos son aquellas características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes etc.

Los estudios de capacidad de nivel de servicio realizado en varios países pero sobre todo establecido por el manual de Capacidad de EEUU. En el que se establecen seis niveles de servicios denominados A, B, C, D, E, F.

2.6.1. CLASIFICACIÓN DE NIVELES DE SERVICIOS

Nivel de Servicio A

La velocidad de los vehículos es prácticamente igual a la que libremente elegirían sus conductores si no se verían obligados a modificar a causa de otros vehículos, cuando un vehículo alcanza a otro más lento puede adelantarle prácticamente sin sufrir ninguna demora, por lo que los conductores no se sienten estorbados por otros vehículos. Este nivel de servicio corresponde a unas condiciones de circulación libre, con gran comodidad física y psicológica para los conductores. Los incidentes menores que se pueden producir son amortiguados rápidamente sin que incidan en la circulación general.

Nivel de Servicio B

Representa una condición razonablemente buena dentro del régimen de circulación libre. La velocidad de los vehículos, especialmente de los más rápidos, se ve influida por otros vehículos, y pueden verse demorados durante ciertos intervalos por otros más lentos, pero no llegan a formarse colas porque hay oportunidades de adelantamiento, siendo fácilmente absorbibles los incidentes menores. Este nivel de servicio corresponde a unas condiciones de circulación estable.

Nivel de Servicio C

La mayor parte de los conductores deberán ajustar su velocidad teniendo en cuenta la de los vehículos que les preceden, porque las posibilidades de adelantamiento son reducidas y se forman grupos de vehículos que circulan a la misma velocidad. La circulación sigue siendo estable, porque las perturbaciones debidas a los cambios de velocidad se suelen disipar sin llegar a producir una detención total. Sin embargo, en algunos casos se pueden presentar durante cortos intervalos de tiempo, puntas de tráfico que produzcan situaciones inestables. El conductor se ve obligado a un notable aumento de la tensión para mantener la atención necesaria para circular con seguridad.

Nivel de Servicio D

Todos los vehículos deben regular su velocidad teniendo en cuenta la marcha de vehículos precedentes. La velocidad y libertad de maniobra queda seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento. Se forman largas caravanas, ya que resulta difícil de adelantar a otros vehículos.

Nivel de Servicio E

El funcionamiento está en él, o cerca del, límite de la capacidad de la vía. La velocidad media de todos los vehículos es prácticamente igual y se forman largas caravanas con separaciones muy pequeñas entre vehículos, ya que resulta imposible cualquier maniobra de adelantamiento o cambio de carril. Son frecuentes las detenciones debidas a cualquier tipo de incidente. Es una situación límite que solo puede mantenerse durante periodos

cortos, ya que a la larga se producirán detenciones, y se circulara con detenciones y arranques sucesivos.

Nivel de Servicio F

Corresponde a la situación de congestión, esta situación se produce cuando la cantidad que puede pasar por un tramo de una carretera o calle sobrepasa la capacidad en la salida del mismo. Mientras se mantenga esta situación se ira formando una cola de vehículos, que avanzara lentamente y con frecuentes paradas hasta conseguir atravesar la zona congestionada. En estas condiciones la velocidad media es muy baja y dependerá del tiempo transcurrido desde que empezó la congestión, ya que al ir aumentando la longitud de la cola de vehículos, se tardara mucho más tiempo en recorrer la zona condicionada. La situación resulta completamente inaceptable, y denota la existencia de una sección cuya capacidad es insuficiente para la demanda.

Para la determinación del nivel de servicio de una determinada intersección, se determina primeramente la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección y la capacidad de dicha intersección, esta relación es conocida como el Factor de Carga. Con este valor entramos la siguiente tabla que se muestra a continuación y determinamos a que nivel de servicio corresponde.

$$\text{NiveldeServicio} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{V}{C}$$

Tabla 2.2. Clasificación del nivel de servicio

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo Libre	0
B	Flujo Estable	$\leq 0,10$
C	Flujo Estable	$\leq 0,30$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,70$
E	Flujo Inestable	$\leq 1,0$
F	Flujo Forzado	> 1

Fuente: Elaboración propia

2.7. SEÑALIZACIÓN VIAL

La finalidad principal de la señalización vial es la de suministrar a los conductores información necesaria o útil, en el momento y lugar en que la precisan. La información que ha de comunicarse puede clasificarse en tres amplios grupos, según la finalidad específica de la misma:

Advertir de la existencia de posibles peligros que de otra forma podrían pasar desapercibidos.

Comunicar la existencia de ciertas reglamentaciones que rigen en un determinado tramo de vía.

Suministrar indicaciones que permitan al conductor orientarse, seguir la ruta más adecuada para sus fines o encontrar determinados lugares o instalaciones auxiliares

El sistema de señalización habrá de reunir las siguientes condiciones para cumplir su finalidad:

La información que transmita tiene que aparecer en forma comprensible, empleando un código o lenguaje que los conductores entiendan.

La información debe ser presentada de forma que llame la atención a sus destinatarios y que estos no la confundan con otros anuncios de tipo publicitario.

La información debe suministrarse en el lugar preciso en el que el conductor puede necesitarla, de forma que tenga tiempo para realizar cuantas maniobras sean necesarias para adaptar la marcha del vehículo a lo que indica la señal.

La información que se suministre debe siempre tener algún interés, puesto que en otro caso los conductores tienden a ignorar y despreciar el contenido de todas las señales, tanto las que tienen interés como las que no lo tienen.

2.7.1. TIPOS DE SEÑALES

Excluyendo los semáforos y las propias señales de los agentes de circulación, podemos distinguir los siguientes tipos de señales:

Señales verticales.

Señales horizontales.

a) SEÑALES VERTICALES

Los medios más importantes de señalización son las verticales, consistentes en unos paneles colocados sobre soportes situados generalmente a ambos lados de la calzada en los que figura la información a transmitir, son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen la función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

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

Señales reglamentarias

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

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Indican a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al Reglamento de Circulación.

Su color de fondo es blanco, aunque excepcionalmente puede ser rojo o azul. La orla será de color rojo, su forma es generalmente circular; cuando las señales sean rectangulares, la orla exterior será de color negro. Finalmente, los símbolos y leyendas serán de color negro o blanco y ocasionalmente gris.

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación. Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición. Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.

Señales relativas al derecho de paso o de prioridad.

Señales prohibitivas o restrictivas.

Señales de sentido de circulación.

A continuación, en la figura 2.5. y 2.6. se presentan las señales reglamentarias que nos brinda el manual de dispositivos de control de tránsito ABC señalización vial. Las cuales deben encontrarse como recomendación; visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática.

Figura 2.5. Señales reglamentarias 1



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Figura 2.6. Señales reglamentarias 2



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Indican con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía que implican un peligro real o potencial y que puede ser evitado tomando ciertas precauciones.

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

Indican con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía que implican un peligro real o potencial y que puede ser evitado tomando ciertas precauciones.

En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, su color de fondo es amarillo y los símbolos y leyendas son de color negro.

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m., se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia.

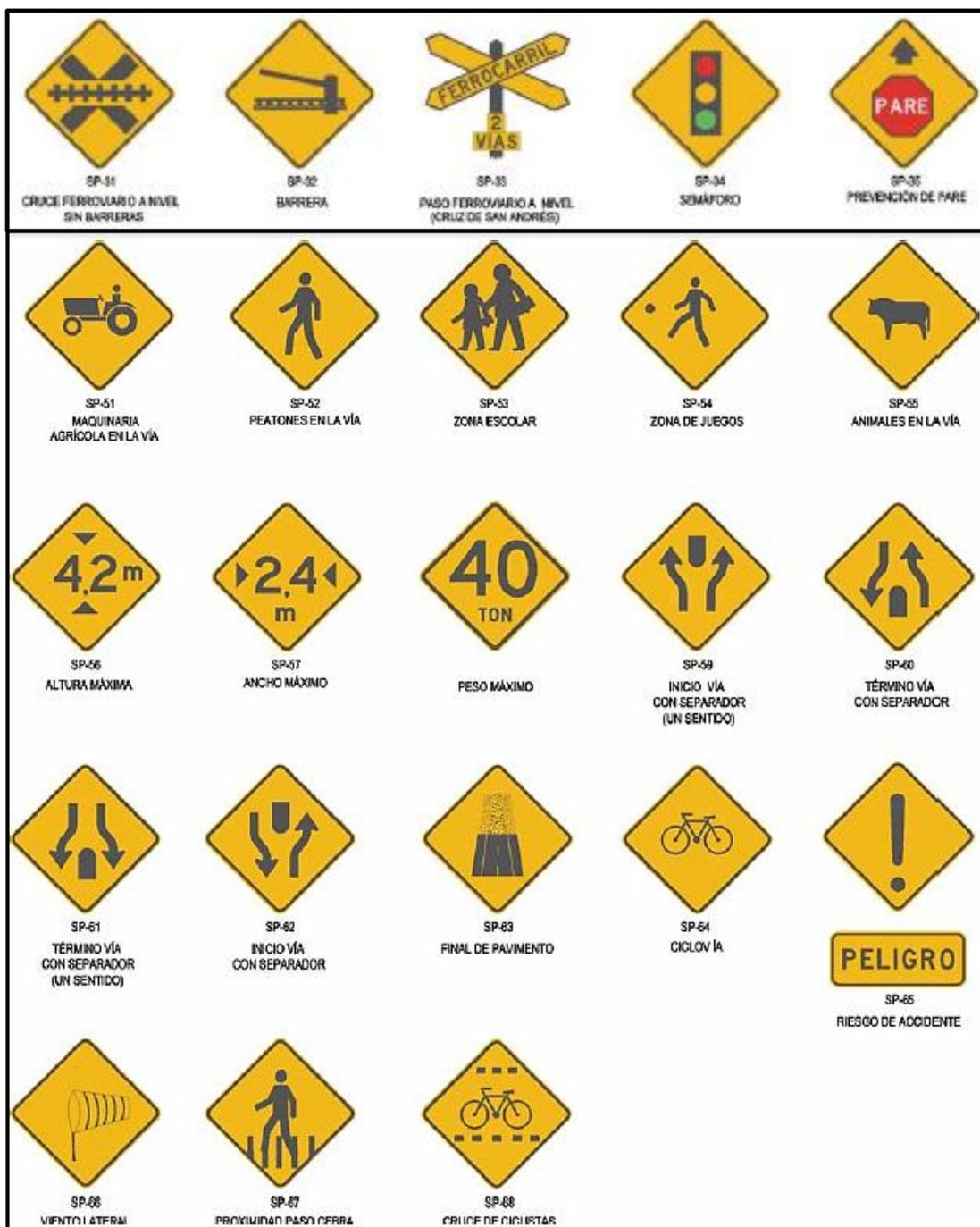
La dimensión depende del tipo de vía de ubicación de la señal:

Calles, avenidas: 0,60 x 0,60 m.

Autopistas: 0,75 x 0,75 m.

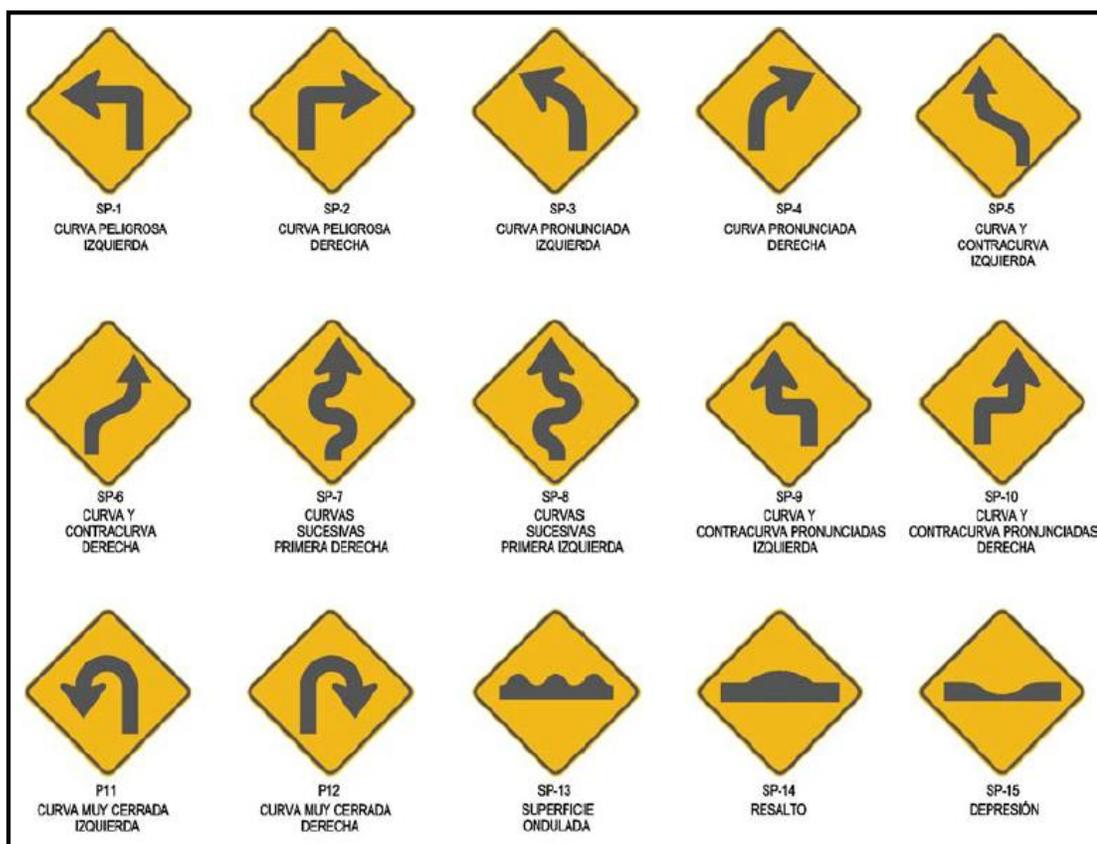
Casos Excepcionales: 0,90 x 0,90 m.

Figura 2.7. Señales preventivas 1



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Figura 2.8. Señales preventivas 2



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

Señales informativas

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc., guían al conductor a través de una determinada ruta, identificar puntos notables.

En particular se utilizan para informar sobre: enlaces o empalmes con otras vías, pistas apropiadas para cada destino, direcciones hacia destinos, calles o rutas, inicio de la salida a otras vías, distancias a que se encuentran los destinos, nombres de rutas y calles,

servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía, nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

En general, las señales informativas tendrán forma rectangular o forma cuadrada. Las excepciones a lo anterior, corresponden a las señales tipo flecha y algunas de identificación vial, las leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. El color de fondo de las señales para autopistas y autovías, será azul y las para vías convencionales color verde.

En el caso en que se requiera adosar placas que amplíen la información de las señales, éstas serán de forma rectangular y en ningún caso deberán tener un ancho superior al de la señal principal.

La ubicación longitudinal de las señales informativas quedará determinada por su función, según se especifica para cada señal en esta sección. En todo caso, para efectos de su instalación, el lugar podrá ser ajustado hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del sector y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

En el caso de las señales informativas, el mensaje no siempre se entrega a través de una sola señal, sino que en una secuencia de señales diseñadas y emplazadas para funcionar en conjunto. Dependiendo de las características y jerarquía de la vía.

Se clasifican en:

Señales de dirección

Señales de destino.

Señales de destino con indicador de distancias.

Señales de indicación de distancias.

Señales Indicadoras de ruta

Señales de información general

Señales de Información.

Señales de Servicios Auxiliares.

Figura 2.9. Señales informativas



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

El tamaño de las señales está normalizado. En la mayor parte de las carreteras se emplean señales triangulares de 900 mm de lado, circulares de 600 mm de diámetro y cuadradas de 600 mm de lado. En autopistas estas dimensiones se aumentan en 50 %, mientras que en zonas urbanas o cuando hay dificultades de espacio se reducen al 75 %. Las señales informativas con direcciones y nombres de localidades no pueden tener tamaños, ya que dependen del número de letras que contengan.

La colocación de las señales informativas depende de las situaciones en que se emplean, y especialmente en intersecciones o enlaces complicados no siempre es fácil colocarlas de manera que no sean mal interpretadas por algunos conductores.

b) SEÑALES HORIZONTALES

La señalización horizontal de tránsito corresponde a demarcaciones, tipo líneas, símbolos, letras u otras, entre las que se incluyen las tachas retro reflectantes complementarias, con la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito. Lo que se indica constituye el estándar mínimo aceptable, pudiendo aumentarse atendiendo a las particularidades que la vía pudiere presentar.

Considerando que la señalización horizontal se ubica sobre la calzada, presenta la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Desde este punto de vista, el lograr una mejor señalización horizontal constituye un objetivo prioritario de la seguridad vial. No obstante, como desventaja, su visibilidad se ve afectada por variables ambientales, tales como nieve, lluvia, polvo, alto tránsito y otros. Por lo tanto, frente a maniobras de alto riesgo tales como zonas de no adelantar, o de detención PARE, deben siempre ser reforzadas con la señalización vertical correspondiente.

Por otro lado, un requisito importante al momento de decidir el material a emplear en la demarcación, será su duración y funcionalidad en climáticas adversas. Esta condición dependerá de las siguientes variables: características del material; el tipo de sustrato sobre el cual se aplica; tipo y cantidad de tránsito; clima y condiciones ambientales en el entorno a la vía.

Todas las vías pavimentadas deberán contar con señalización horizontal, la cual deberá cumplir una función prioritaria en vías interurbanas y/o de apoyo a la señalización vertical en las vías urbanas.

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

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

Existen diferentes tipos de señales horizontales que son pintadas sobre el pavimento entre los más importantes tenemos:

Cruce de peatones.- Estas marcas tienen como objetivo la demarcación de un espacio definido para el cruce de peatones generalmente en las intersecciones de un trazo urbano. En carreteras y autopistas estas señales deben ir en espacios o distancias determinadas para permitir el cruce peatonal de un extremo a otro.

El cruce de peatones de acuerdo a las normas debe colocarse a la llegada del flujo a una intersección a 1,00 m. de la línea de parada cuyo ancho puede variar de 2,50 a 5,00 m. y podrá tener dos formas. Una con segmentos longitudinales paralelas al eje intercaladas entre pintados y no pintadas cuyo ancho de franja será de 0,40 o 0,50 m. La otra forma está definida por dos líneas paralelas transversales al eje de un grosor de 0,10 a 0,15 m. y una separación de 2,50 – 5,00 m. ambos tipos serán pintadas con pintura blanca.

Línea de parada.- Una línea de parada es una señal cuyo objetivo es definir la línea en la cual el vehículo debe detenerse antes de cruzar la intersección esta línea de parada debe ir acompañada por una señal vertical a la derecha de la misma con una nomenclatura de pare.

La línea de parada de color blanco de un ancho de 0,40 a 0,50 m. y una longitud que abarque el ancho de la calzada.

Una línea de parada es una señal cuyo objetivo es definir la línea en la cual el vehículo debe detenerse antes de cruzar la intersección esta línea de parada debe ir acompañada por una señal vertical a la derecha de la misma con una nomenclatura de pare.

La línea de parada de color blanco de un ancho de 0,40 a 0,50 m. y una longitud que abarque el ancho de la calzada.

Línea de separación de carriles.- Las líneas de separación de carriles tienen por objetivo la delimitación longitudinal de cada carril y la delimitación de los carriles para cada sentido de circulación los casos más frecuentes que se pueden presentar son:

Líneas de carriles se un solo sentido.

Dos carriles ambos sentidos.

Calzada de dos carriles por sentidos y ambos sentidos.

Líneas de carriles se un solo sentido.- Estas son líneas segmentadas de color blanco en el caso de dos carriles estarán exactamente sobre el eje, definida por el ancho medio de la calzada en el caso de más carriles se realizara una división entre el ancho de la calzada y el número de carriles definidos, estableciéndose los ejes correspondientes para la señalización. En las calzadas urbanas la relación entre el segmento pintado y no pintado generalmente es igual a 1,00 m., esto debido a las velocidades de circulación medio baja.

Los segmentos son pintados de color blanco cuyo ancho es de 0,10 a 0,15 m.

Dos carriles ambos sentidos.- En calzadas de este tipo estableciéndose que solo hay un carril por cada sentido, la línea que separa ambos carriles y sentidos, es una línea amarilla que tiene restricción de cruce, el ancho de esa línea es de 0,10 a 0,15 m.

Calzada de dos carriles por sentidos y ambos sentidos.- En este caso se demarca la separación de carriles por cada sentido con segmentos de color blanco y la separación de sentidos de circulación con dos líneas amarillas paralelas que van a 0,05 m. del eje de la calzada con un ancho de 0,10 a 0,15 m.

Líneas de demarcación de calzadas.- Las líneas de demarcación de calzada, tienen como objetivo definir efectivamente el área correspondiente a la calzada comprendida al interior de estas líneas, quedando las bermas a la parte exterior a estas líneas. Las líneas de demarcación de calzada es una línea continua de color blanco paralela al eje a ambos lados de la calzada, cuyo espesor es de 0,10 – 0,15 m.

Flechas direccionales.- Las flechas direccionales tienen el objetivo de guiar la circulación vehicular tanto de tramos urbanos como en carreteras y autopistas, estas flechas direccionales son marcas que van pintadas sobre el pavimento y que guían la circulación pudiendo ser de 5 tipos.

La flecha direccional de frente.

La flecha direccional de frente y giro a la izquierda.

La flecha direccional de frente y giro a la derecha.

La flecha direccional de giro izquierda o giro derecha simplemente.

La flecha direccional de frente, giro izquierda y giro derecha.

La ubicación de cada uno de estos tipos de flechas estará de acuerdo al sentido de circulación ya establecido ya sea en arterias urbanas o en carreteras o autopistas. Estas flechas direccionales tienen dimensiones normalizadas que sin ser totalmente invariable. Son de carácter recomendable y en cada caso tienen ya dimensiones establecidas que por la práctica han demostrado ser las más convenientes para la visualización por parte de los conductores a velocidades de circulación media.

La distribución de las flechas direccionales es diferente para el caso de una área urbana y de una carretera o autopista.

En el caso de una área urbana las flechas direccionales deberán ubicarse en los accesos de ingreso a cada intersección separadas de la línea de parada una distancia que puede variar de 1,00 m. hasta 4,00 m. si las velocidades están entre 20 y 50 km/h. Para velocidades mayores el proyecto puede determinarse que estas flechas se separen de la línea de parada en distancias aún mayores de 5,10 hasta 1,50 m. Transversalmente las flechas direccionales deben de estar sobre el eje del carril correspondiente y paralelo al eje. Cuando en una intersección se pueden realizar los tres movimientos es decir de frente giro a la derecha y giro a la izquierda se deberá separar por lo menos en dos señales a los tres movimientos.

Las señales de flechas direccionales son un apoyo a la señalización vertical que también debe existir necesariamente en cada uno de las intersecciones.

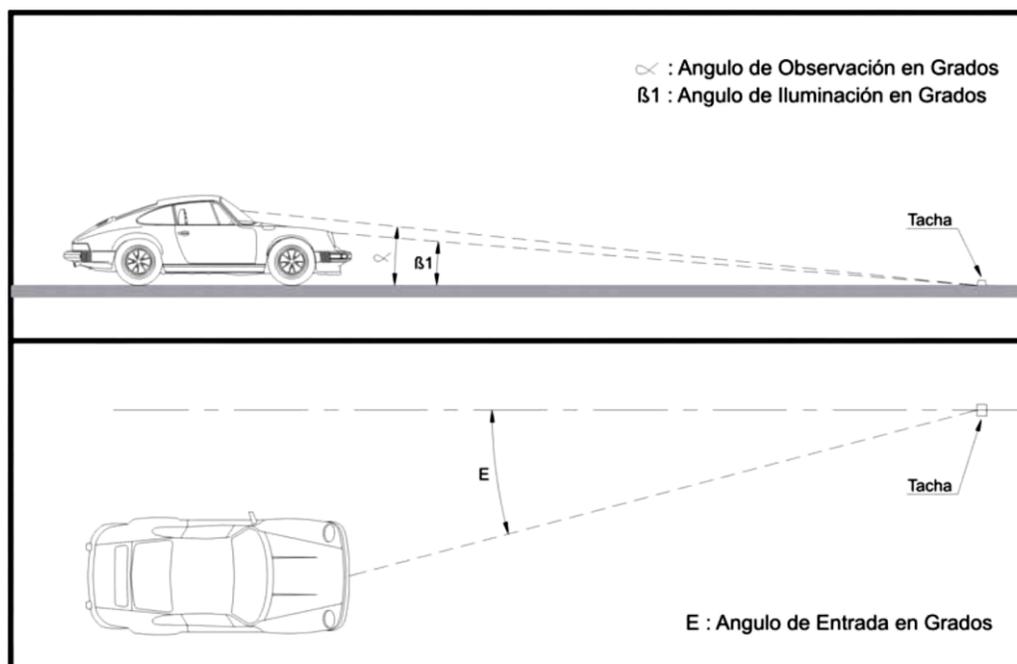
Letras sobre el pavimento.- Las letras sobre el pavimento no son de uso común debido a que dependiendo de la velocidad de circulación puede haber suficiente tiempo y visibilidad para el conductor haga la lectura de las palabras o letras sobre el pavimento. Sin embargo en algunos casos como ser acceso a aeropuerto acceso a rutas principales, rotondas de distribución son obras donde es posible usar letras sobre el pavimento formando palabras como alto, pare, siga, parqueo estacionamiento zona prohibida, etc.

Las dimensiones de las letras sobre el pavimento también están normalizadas el alto de 2,40 y ancho de 0,50 en el caso de la norma boliviana dado en el manual del servicio de caminos se tienen normalizados todas las dimensiones para cada uno de las letras del alfabeto, la separación entre letra y letra normalmente es de 0,40 – 0,50 metros y las letras son pintadas de color blanco.

Las demarcaciones planas deberán ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como pinturas que junto a micro-esferas de vidrio, se someten a procedimientos que aseguran su retro reflexión. Esta propiedad, permitirá que las micro-esferas sean visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

Tratándose de demarcaciones elevadas (tachas), la superficie retrorreflectante debe ser siempre a lo menos de 10 cm². Cuando el elemento instalado pierda parte de dicha superficie, no alcanzando el mínimo señalado, se deberá retirar e instalar uno nuevo.

Figura 2.10. Ángulo de entrada y observación de las demarcaciones (señalización horizontal)



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

En cuanto al color de las demarcaciones o señales horizontales, para las demarcaciones planas, las líneas longitudinales y marcas deben ser blancas o amarillas.

Amarillo: El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de barrera. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.

Blanco: El blanco define la separación entre tránsito en el mismo sentido y la demarcación de borde de calzada, pasos peatonales y espacios de estacionamiento. Las flechas, símbolos y letras serán de color blanco.

Cuando se requiera dar contraste a las líneas blancas o amarillas podrá emplearse líneas negras adyacentes a ellas y de ancho igual a $\frac{1}{2}$ del ancho de la línea, excepto para marcas viales en donde se implementarán líneas negras que sobresalgan 5,00 cm.

Empleo de la señalización en intersecciones

En el caso de las intersecciones la señalización tiene una doble finalidad: advertir el peligro que una intersección siempre representa y regular la prioridad de paso.

Cuando la regla de prioridad vigente es la general de preferencia a la derecha, basta colocar en todos los accesos la señal de peligro correspondiente a intersecciones sin regla especial de prioridad, ya que si no se indica otra cosa debe entenderse que rige lo establecido en el código de circulación. De la misma forma, en el caso de intersecciones con semáforos, solo son necesarias señales de peligro que indiquen la existencia de semáforos, a distancia suficiente para permitir la parada de vehículos, colocando además en la propia intersección marcas viales que señalen los puntos de parada.

En las intersecciones en las que una vía tiene carácter preferente, es necesario emplear en los accesos secundarios señales que indiquen la obligación de ceder el paso a los que circulan por la vía principal. Para ello se emplea preferentemente la señal de ceda el paso situada en el acceso, complementada con marcas que señalan el punto de parada. Si la velocidad de los vehículos en las carreteras secundarias es superior a los 50 km/h, se coloca una señal previa de advertencia indicando la distancia a la que se encuentra la intersección, complementada si es necesario con una limitación de velocidad.

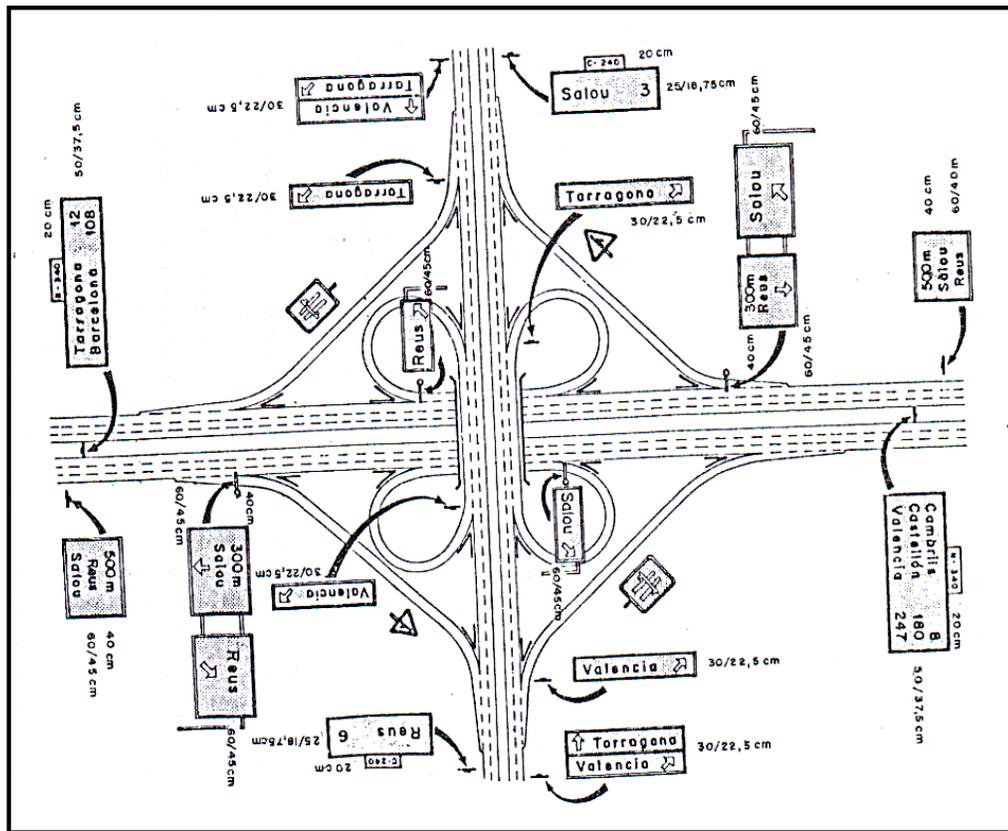
La distancia de visibilidad es uno de los elementos más importantes en la seguridad de un camino o vía y su provisión posibilita una operación eficiente.

Cuando en el acceso secundario la visibilidad es limitada, o cuando la circulación en la vía principal es muy elevada, se utiliza la señal de “stop” que obliga a detenerse a todos los vehículos, aunque no existan vehículos a los que “ceder el paso”.

Toda intersección a nivel debe estar convenientemente regulada mediante señales informativas, preventivas y reglamentarias, que faciliten distinguir entre la vía principal que tiene preferencia y la secundaria.

En la vía preferente se colocan señales de advertencia (correspondientes a intersección con vías no prioritarias) con la doble finalidad de señalar la presencia de la intersección e indicar a los conductores que tienen preferencia, ya que de otra forma tendrían que ceder el paso a los que accediesen por su derecha.

Figura 2.11. Señalización en intersecciones



Fuente: Elementos de la ingeniería de tráfico-Carlos Kraemer

2.8. SEMAFORIZACIÓN

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control de tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados, como lo son el rojo, amarillo y verde (Cal, Reyes, & Cardenas, 1994).

Su función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

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 empiece 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:

VENTAJAS DE LA INSTALACIÓN DE LOS SEMÁFOROS EN INTERSECCIONES

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.

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 como una panacea para resolver todos los problemas, puede presentarse una o varias de las siguientes:

DESVENTAJAS DE LA INSTALACIÓN DE LOS SEMÁFOROS EN INTERSECCIONES

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 la frecuencia o 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.

ESTUDIOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE UN SEMÁFORO

La instalación de un semáforo en un cruce de calles no se justifica en sí misma; sólo es válida si los beneficios superan las pérdidas o costos.

Se debe efectuar previamente una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, para determinar si se justifica la instalación de

semáforos y para proporcionar los datos necesarios para el diseño y la operación apropiada de un semáforo.

Los principales datos a recopilar son los siguientes:

Número de vehículos que ingresan a la intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un período de 16 horas consecutivas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.

El volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos (autos, buses y camiones) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda, para los períodos de la mañana y de la tarde.

Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones.

La velocidad del percentil 85 de todos los vehículos en los accesos a la intersección no controlados y la medición del promedio de detenciones por vehículo antes de cruzar la intersección, lo cual permitirá evaluar los costos de operación vehicular.

Un plano que contenga la siguiente información:

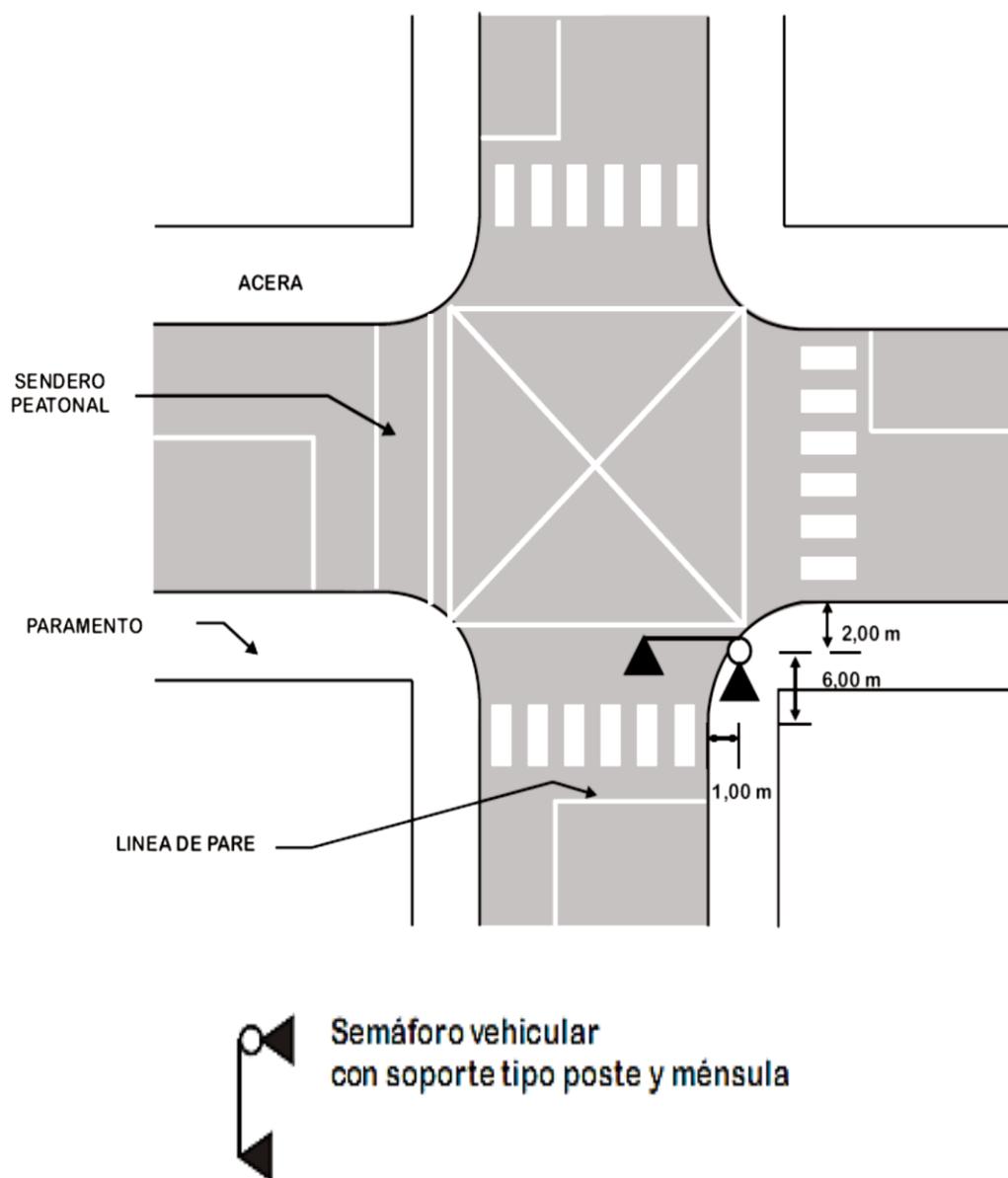
Detalles del diseño físico, incluyendo características, tales como geometría de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancia y visibilidad.

Señalización vertical, demarcaciones del pavimento, iluminación de la calle, sentido de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.

Un diagrama con estadísticas de accidentes, por lo menos durante un año, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana.

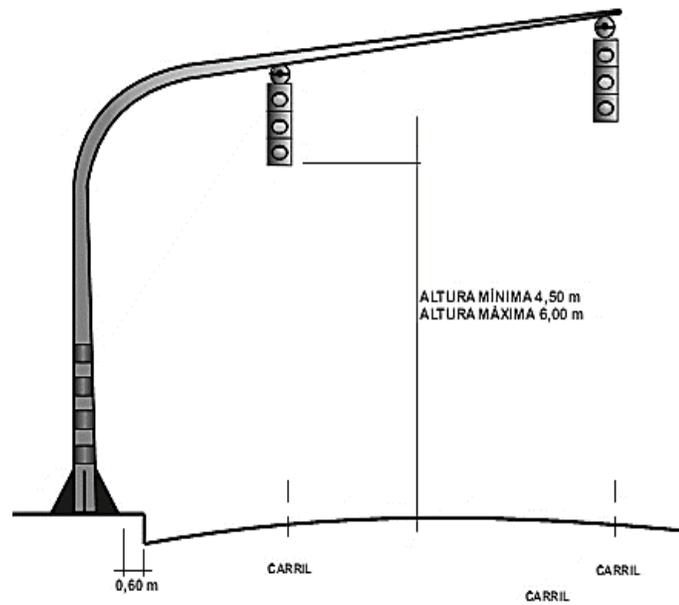
El balance de costos y beneficios puede (adecuadamente desconectados en el tiempo) ser positivo o negativo. Aún más, dado que el tránsito varía a distintas horas del día y días en el año, el balance puede ser positivo para unas pocas horas de gran demanda y negativo para el resto.

Figura 2.12. Localización de las caras del semáforo en el lado más cercano del acceso de la intersección



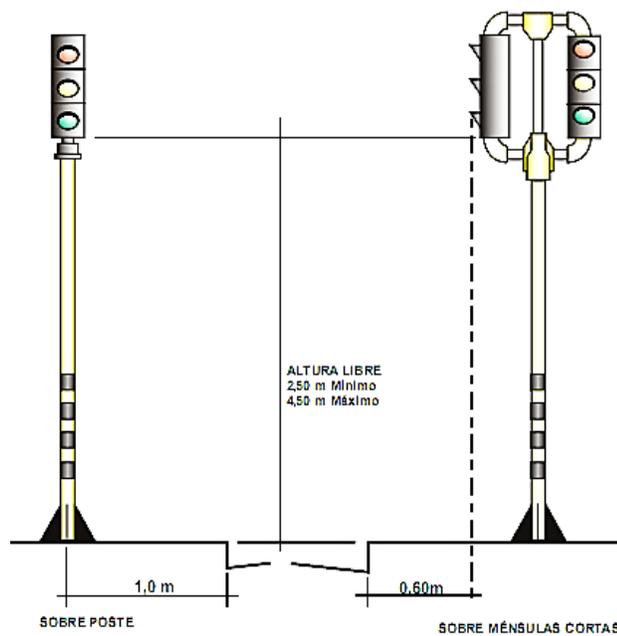
Fuente: Ingeniería de tránsito – Álvarez, L. E.

Figura 2.13. Semáforos montados en ménsula sujeta a poste lateral



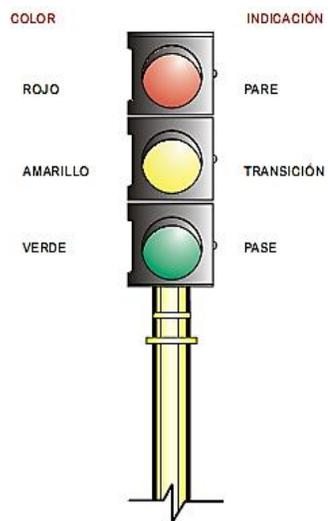
Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

Figura 2.14. Semáforos montados en postes o en ménsula corta



Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

Figura 2.15. Posición de las lentes en un semáforo de tres luces



Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA Y CÁLCULOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La ubicación del área de estudio del proyecto se encuentra en el municipio de Tarija perteneciente a la provincia Cercado, en la cual tomaremos en cuenta como principal referencia 30 puntos de las calles urbanas de la ciudad.

Figura 3.1 Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2. PROCESO DE ESTUDIO

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio tiene las siguientes características principales:

- En las avenidas existe la circulación de vehículos pesados.
- La zona que abarca toda la parte central es netamente comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.
- No presentan la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en algunas de las intersecciones existentes.
- Dentro del área de estudio se identificaron un total de 30 intersecciones.

3.2.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

A continuación se muestra los puntos de estudio:

Tabla 3.1 Puntos de estudio

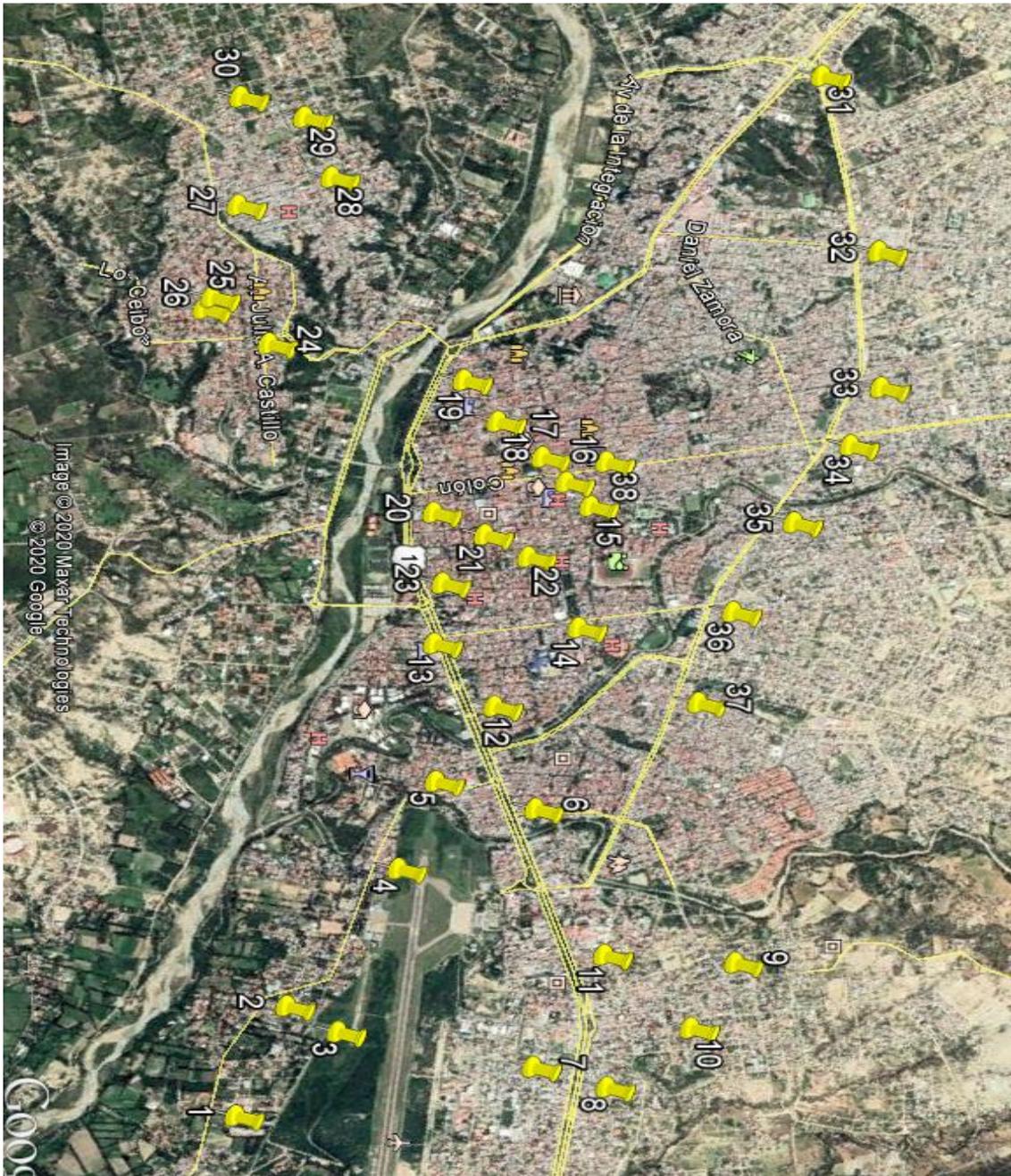
Punto de estudio N°	Intesercción de estudio
1	Av. San Luis – Calle Sin Nombre
2	Av. San Luis – Calle Florencio Alvarado
3	Av. Jaime Rollano – Calle 10 de Noviembre
4	Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado
5	Calle Fortín Campero – Calle Villamontes
6	Av. Jaime Paz Zamora – Calle Juan de Dios Trigo
7	Av. Moreno – Calle Julio Lafaye
8	Av. Panamericana – Calle Ayacucho
9	Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro
10	Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre
11	Av. Defensores del Chaco – Calle Rodolfo Meyer
12	Av. Las Américas – Calle Carlos Lazcano
13	Calle Humberto Echazu – Calle Bernardo Navajas
14	Av. La Paz – Calle Ingavi
15	Av. Domingo Paz – Calle Méndez
16	Calle Colon – Calle Bolívar
17	Calle Ingavi – Calle Sucre
18	Calle Juan Misael Saracho – Calle 15 de Abril
19	Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla

20	Av. Las Américas – Calle Suipacha
21	Calle Delgadillo – Calle Alejandro del Carpio
22	Calle de Abril – Calle Junín
23	Av. Las Américas – Calle O'connor
24	Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo
25	Calle Hermanos Ruiloba – Calle Valencia
26	Calle Toledo – Calle Jaramillo
27	Av. Héroes de la Independencia – Av. 6 de Agosto
28	Av. 6 d Agosto – Av. San Antonio
29	Av. San Antonio – Av. Erque
30	Av. Sama – Av. Caña
31	Av. Circunvalación – Av. Integración
32	Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina
33	Av. Circunvalación – Av. Mejillones
34	Av. Circunvalación – Calle Colón
35	Av. Circunvalación – Av. San Bernardo
36	Av. Circunvalación – Av. La Paz
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda
38	Calle Daniel Campos – Calle Corrado

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra en el plano los puntos de estudio definidos de acuerdo a la Tabla 3.1

Figura: 3.2 Puntos de estudio

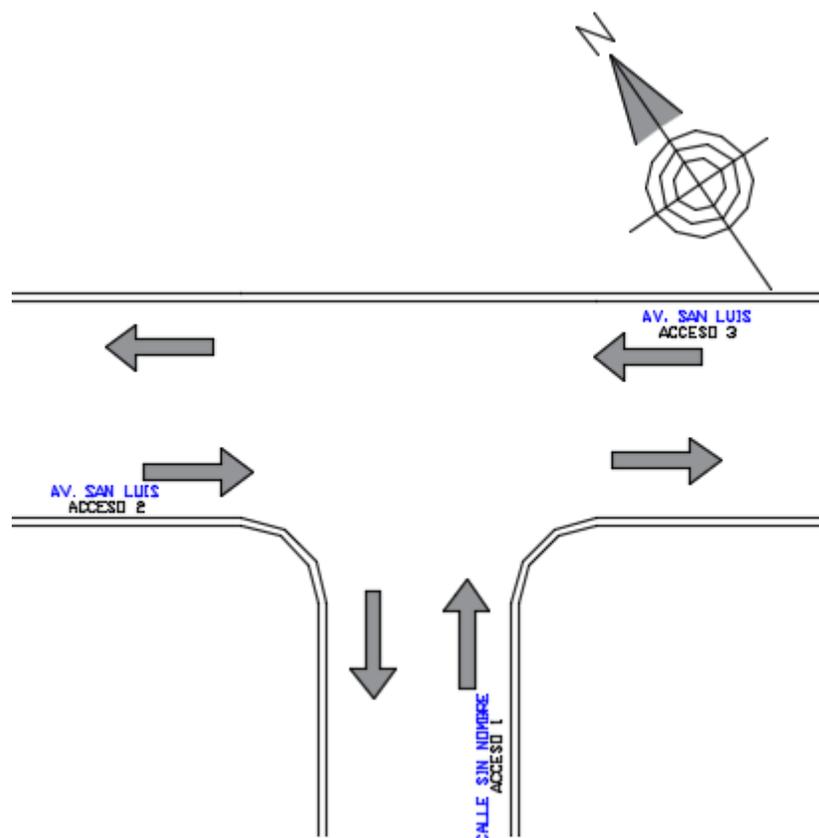


Fuente: Google Earth Pro

3.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

Punto 1. Av. San Luis – Calle sin nombre

Figura 3.3. Croquis de la intersección – Punto de estudio 1



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2. Descripción de la intersección – Punto de estudio 1

Descripción	Calle sin nombre	Av. San Luis
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323532,84	7614549,52

Fuente: Elaboración propia

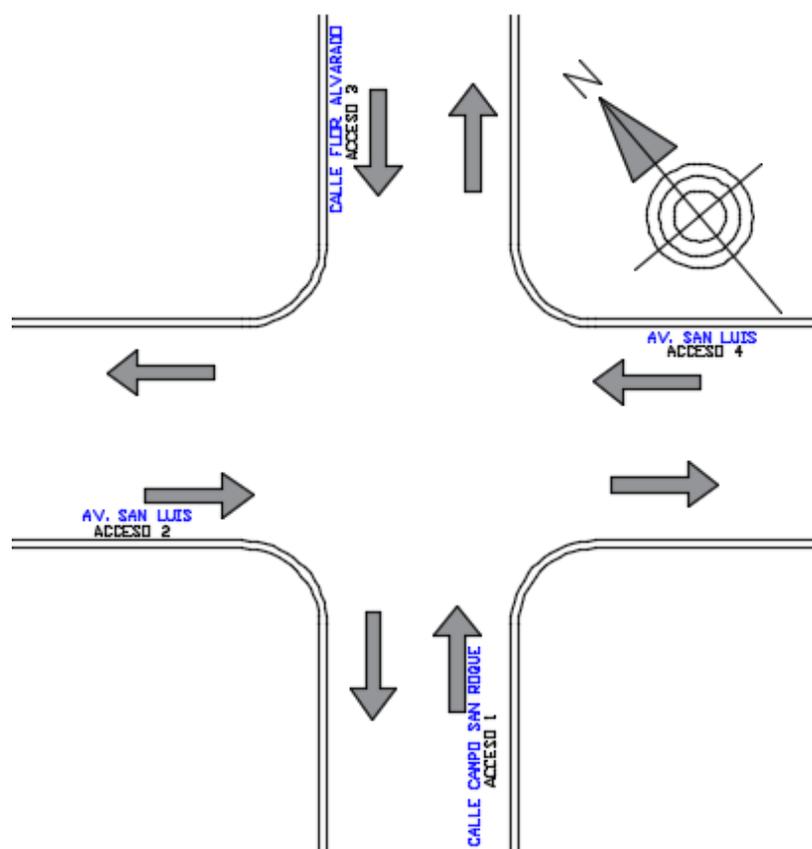
Figura 3.4. Vista de la intersección – Punto de estudio 1



Fuente: Elaboración propia

Punto 2. Av. San Luis – Calle Florencio Alvarado

Figura 3.5. Croquis de la intersección – Punto de estudio 2



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3. Descripción de la intersección – Punto de estudio 2

Descripción	Calle Florencio Alvarado	Av. San Luis
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323018,04	7615105,35

Fuente: Elaboración propia

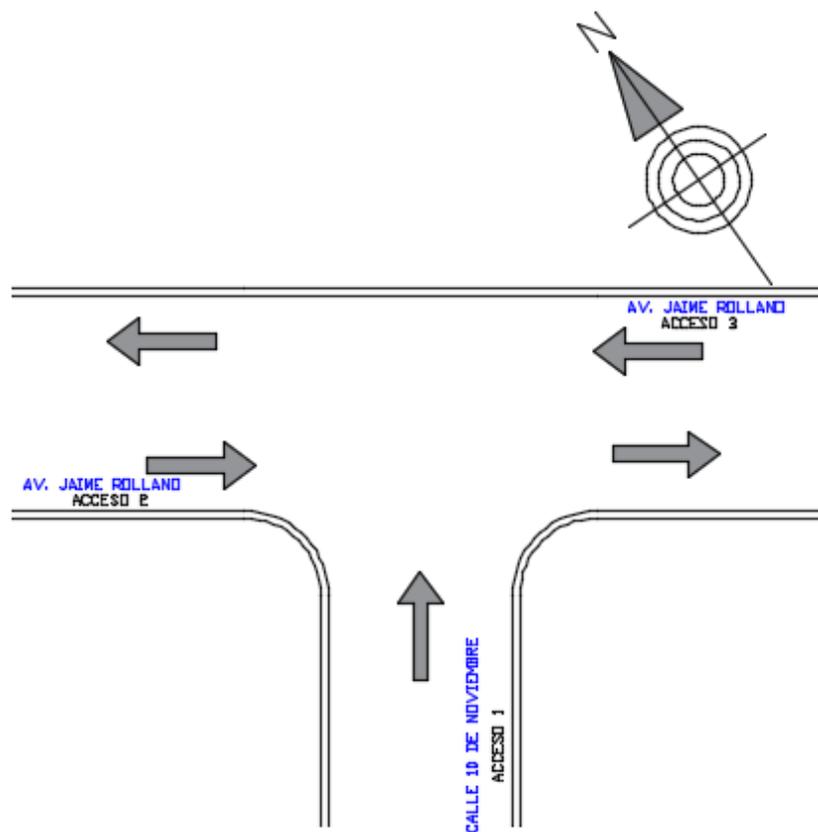
Figura 3.6. Vista de la intersección – Punto de estudio 2



Fuente: Elaboración propia

Punto 3. Av. Jaime Rollano – Calle 10 de Noviembre

Figura 3.7. Croquis de la intersección – Punto de estudio 3



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4. Descripción de la intersección – Punto de estudio 3

Descripción	Calle 10 de Noviembre	Av. Jaime Rollano
Tipo de calle	Un sentido	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323285,80	7615258,70

Fuente: Elaboración propia

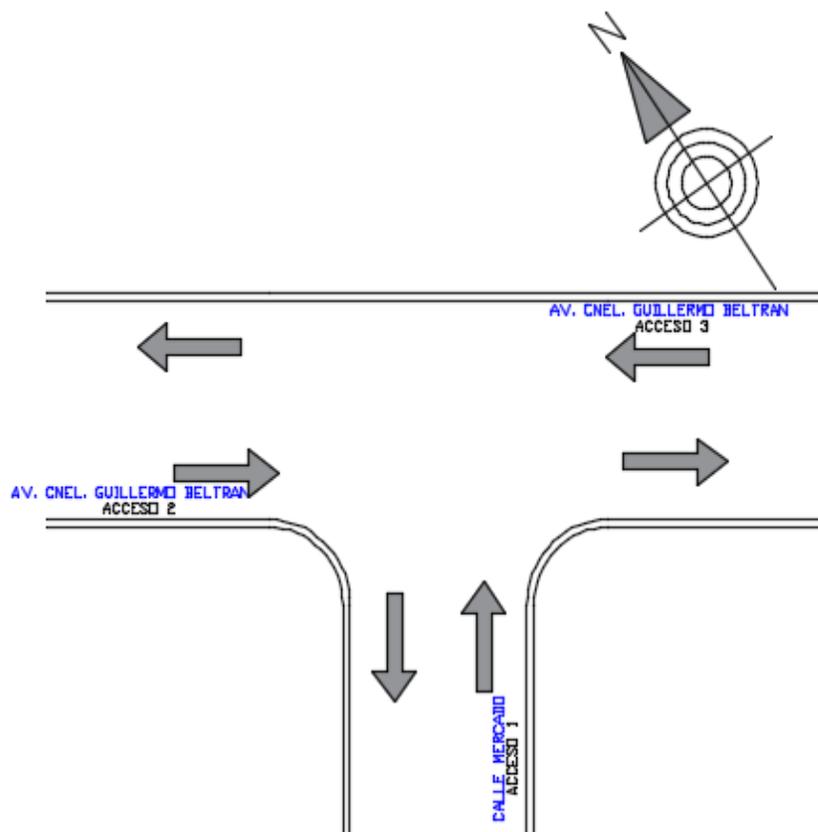
Figura 3.8. Vista de la intersección – Punto de estudio 3



Fuente: Elaboración propia

Punto 4. Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado

Figura 3.9. Croquis de la intersección – Punto de estudio 4



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.5. Descripción de la intersección – Punto de estudio 4

Descripción	Calle Mercado	Av. Cnel. Guillermo Beltran
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	322490,20	7616012,81

Fuente: Elaboración propia

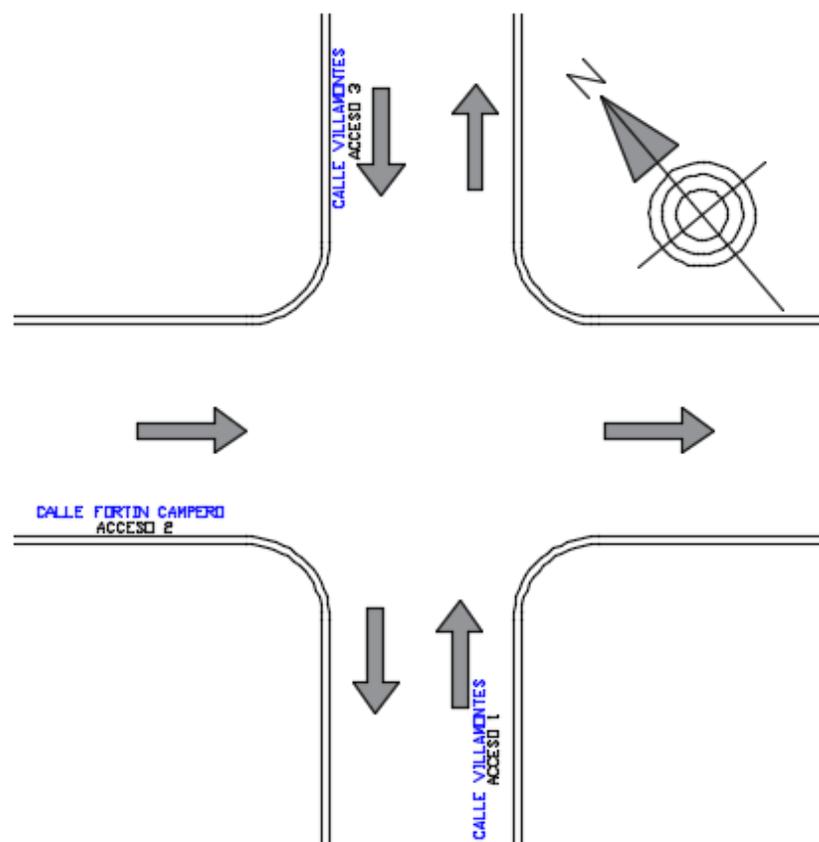
Figura 3.10. Vista de la intersección – Punto de estudio 4



Fuente: Elaboración propia

Punto 5. Calle Fortín Campero – Calle Villamontes

Figura 3.11. Croquis de la intersección – Punto de estudio 5



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6. Descripción de la intersección – Punto de estudio 5

Descripción	Calle Villamontes	Calle Fortín Campero
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	322073,98	7616434,50

Fuente: Elaboración propia

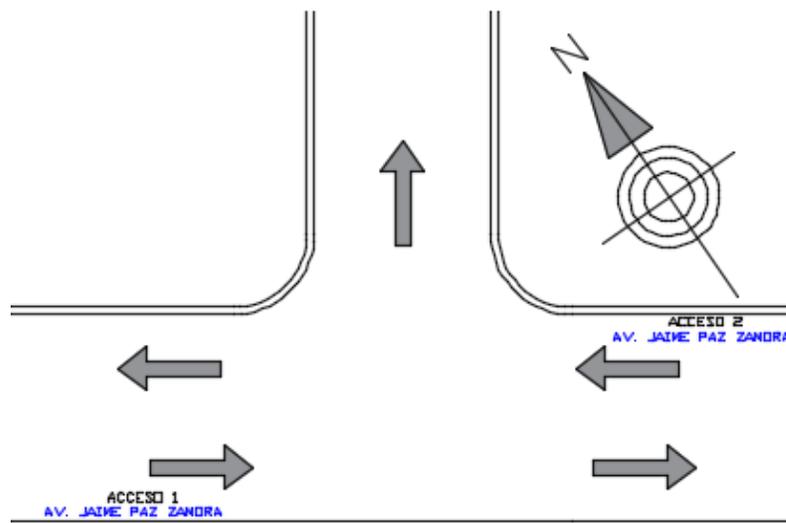
Figura 3.12. Vista de la intersección – Punto de estudio 5



Fuente: Elaboración propia

Punto 6. Av. Jaime Paz Zamora – Calle Juan de Dios Trigo

Figura 3.13. Croquis de la intersección – Punto de estudio 6



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7. Descripción de la intersección – Punto de estudio 6

Descripción	Av. Jaime Paz Zamora	Calle Juan de Dios Trigo
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	322467,00	7616790,37

Fuente: Elaboración propia

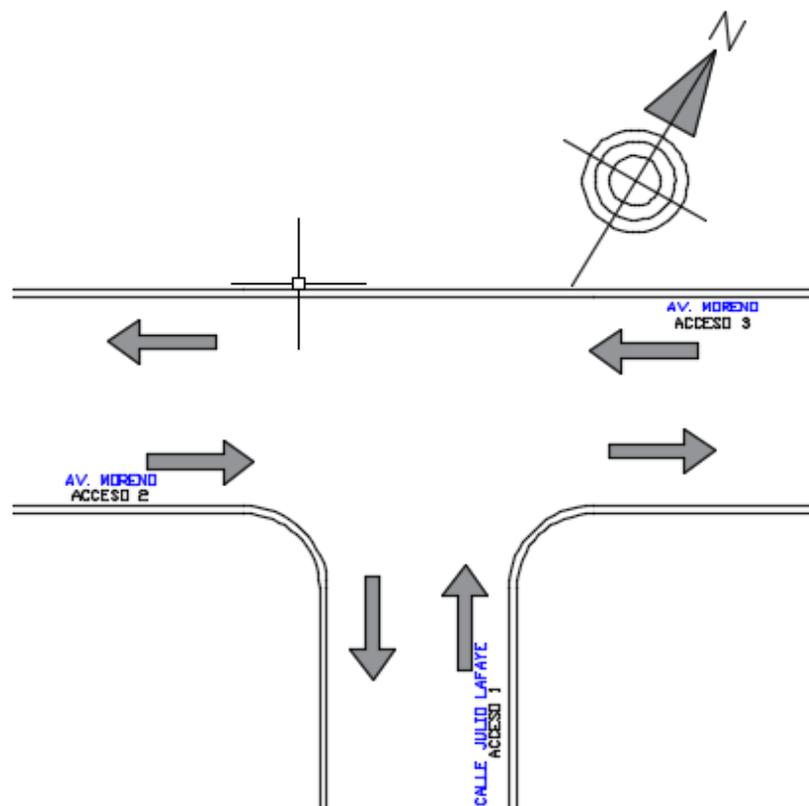
Figura 3.14. Vista de la intersección – Punto de estudio 6



Fuente: Elaboración propia

Punto 7. Av. Moreno – Calle Julio Lafaye

Figura 3.15. Croquis de la intersección – Punto de estudio 7



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.8. Descripción de la intersección – Punto de estudio 7

Descripción	Calle Julio Lafaye	Av. Moreno
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323939,29	7616002,90

Fuente: Elaboración propia

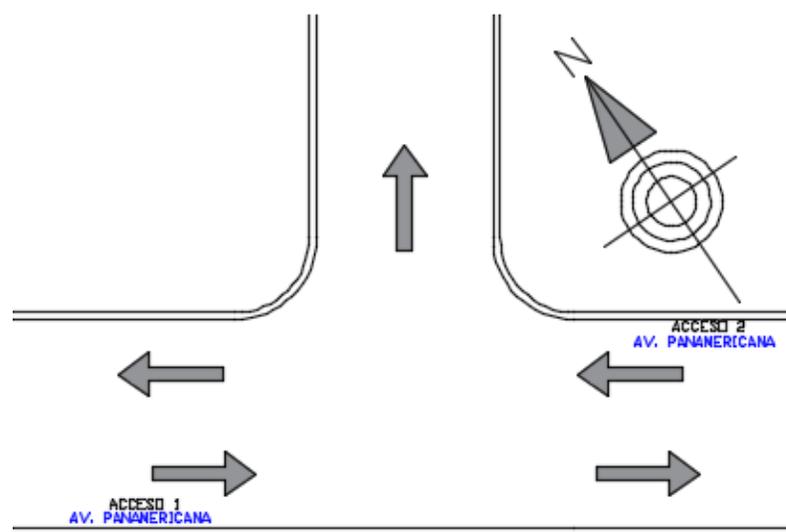
Figura 3.16. Vista de la intersección – Punto de estudio 7



Fuente: Elaboración propia

Punto 8. Av. Panamericana – Calle Ayacucho

Figura 3.17. Croquis de la intersección – Punto de estudio 8



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.9. Descripción de la intersección – Punto de estudio 8

Descripción	Av. Panamericana	Calle Ayacucho
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	324238,04	7616279,09

Fuente: Elaboración propia

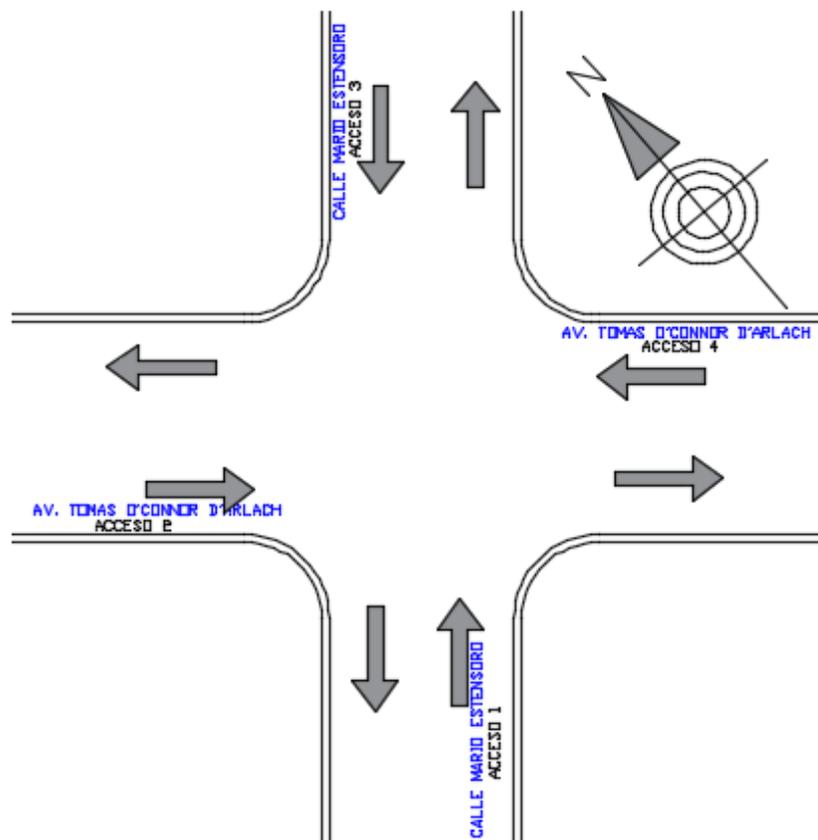
Figura 3.18. Vista de la intersección – Punto de estudio 8



Fuente: Elaboración propia

Punto 9. Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro

Figura 3.19. Croquis de la intersección – Punto de estudio 9



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.10. Descripción de la intersección – Punto de estudio 9

Descripción	Calle Mario Estensoro	Av. Tomas O'Connor Darlach
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323817,21	7617217,29

Fuente: Elaboración propia

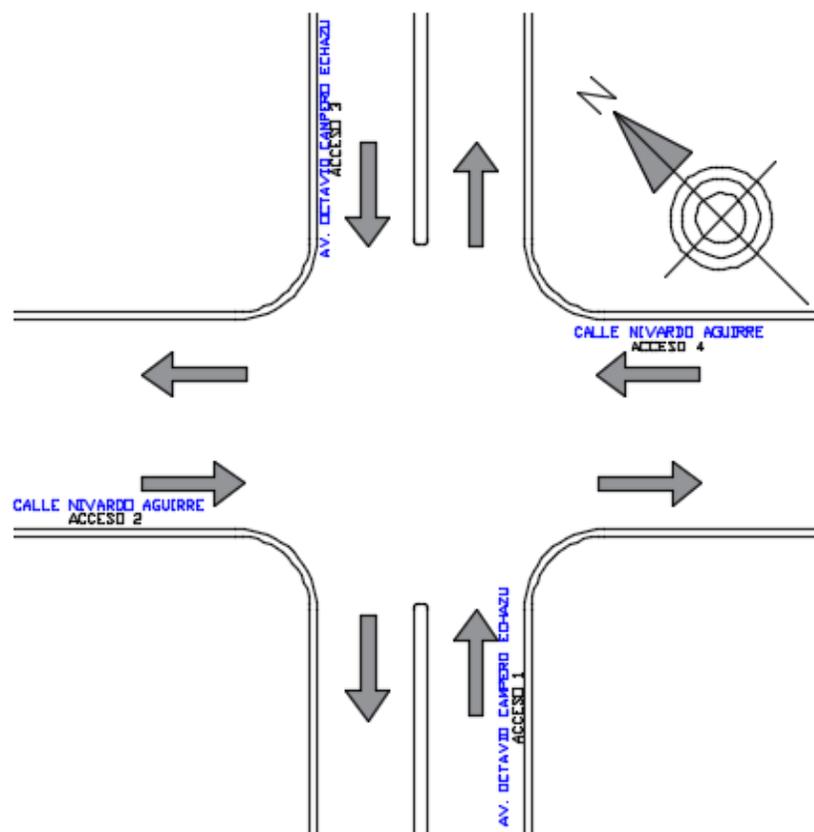
Figura 3.20. Vista de la intersección – Punto de estudio 9



Fuente: Elaboración propia

Punto 10. Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre

Figura 3.21. Croquis de la intersección – Punto de estudio 10



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.11. Descripción de la intersección – Punto de estudio 10

Descripción	Av. Octavio Campero Echazu	Calle Nivardo Aguirre
Tipo de calle	Un sentido	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	324075,22	7616815,40

Fuente: Elaboración propia

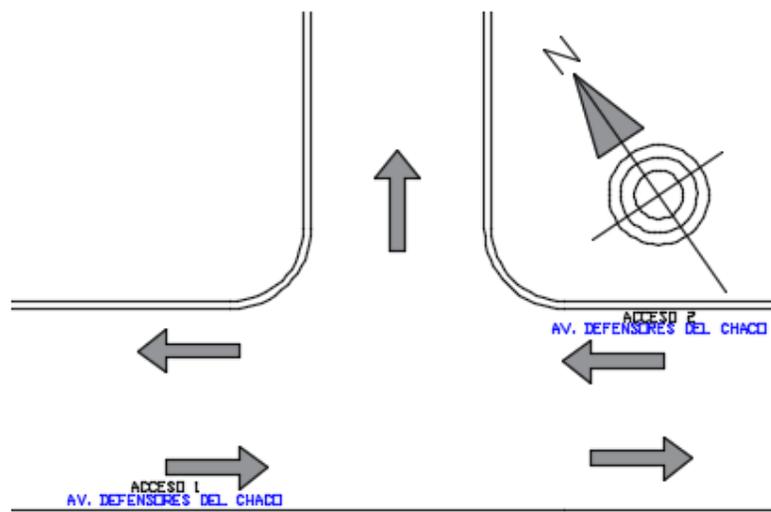
Figura 3.22. Vista de la intersección – Punto de estudio 10



Fuente: Elaboración propia

Punto 11. Av. Defensores del Chaco – Calle Rodolfo Meyer

Figura 3.23. Croquis de la intersección – Punto de estudio 11



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.12. Descripción de la intersección – Punto de estudio 11

Descripción	Av. Defensores del Chaco	Calle Rodolfo Meyer
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	323464,68	7616653,49

Fuente: Elaboración propia

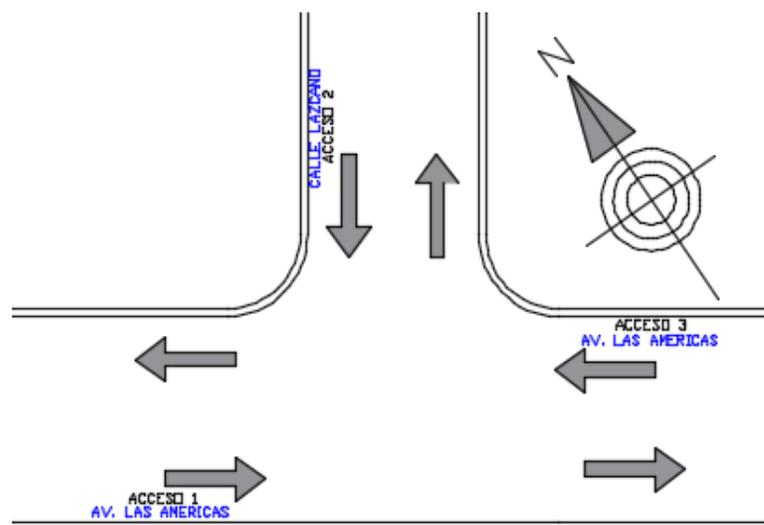
Figura 3.24. Vista de la intersección – Punto de estudio 11



Fuente: Elaboración propia

Punto 12. Av. Las Américas – Calle Carlos Lazcano

Figura 3.25. Croquis de la intersección – Punto de estudio 12



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.13. Descripción de la intersección – Punto de estudio 12

Descripción	Av. Las Américas	Calle Carlos Lazcano
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	Existe/ Malo	Existe/ Malo
Señales verticales/ Estado	Existe/ Malo	Existe/ Malo
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	321788,14	7616923,32

Fuente: Elaboración propia

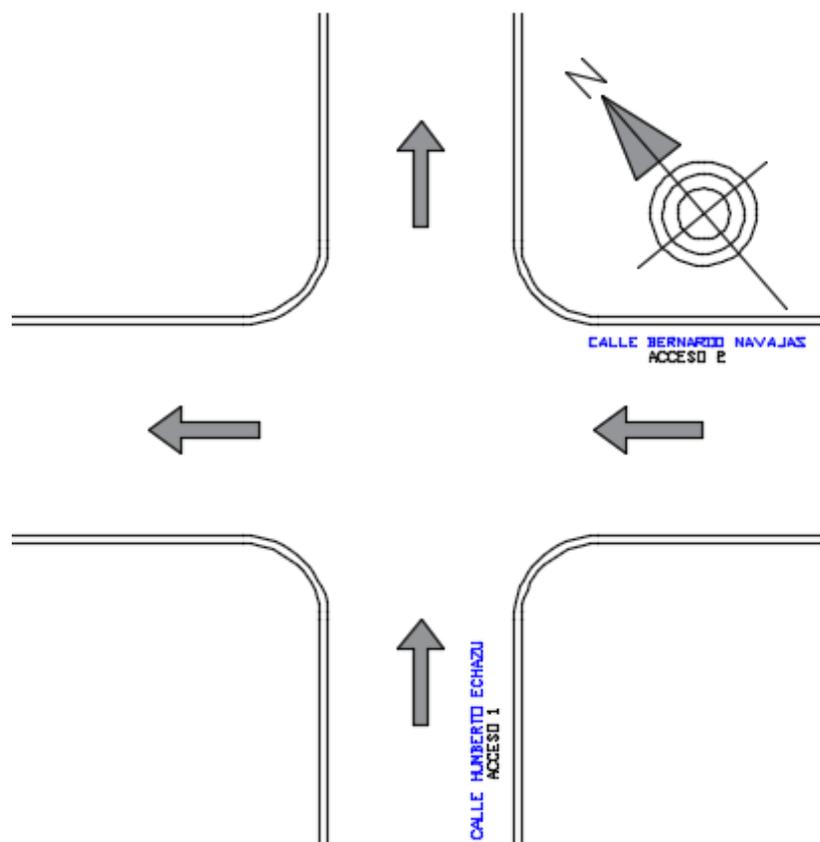
Figura 3.26. Vista de la intersección – Punto de estudio 12



Fuente: Elaboración propia

Punto 13. Calle Humberto Echazu – Calle Bernardo Navajas

Figura 3.27. Croquis de la intersección – Punto de estudio 13



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.14. Descripción de la intersección – Punto de estudio 13

Descripción	Calle Humberto Echazu	Calle Bernardo Navajas
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe	Existe
Señales verticales/ Estado	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	321298.66	7616853.38

Fuente: Elaboración propia

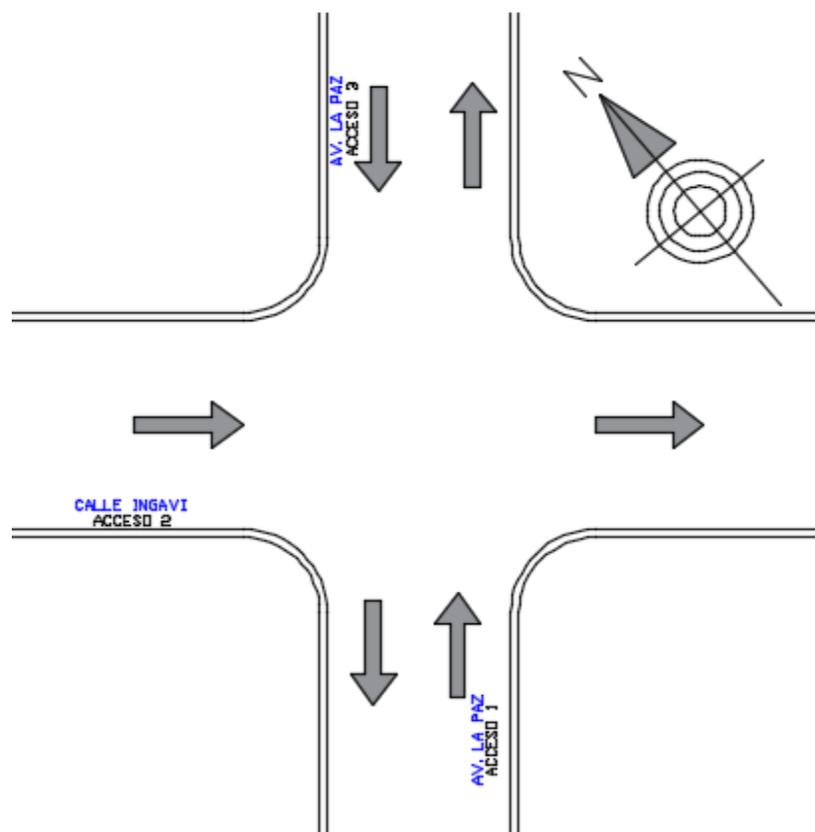
Figura 3.28. Vista de la intersección – Punto de estudio 13



Fuente: Elaboración propia

Punto 14. Av. La Paz – Calle Ingavi

Figura 3.29. Croquis de la intersección – Punto de estudio 14



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15. Descripción de la intersección – Punto de estudio 14

Descripción	Av. La Paz	Calle Ingavi
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Regular	Existe/Regular
Señales verticales/ Estado	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	321533,24	7616853,98

Fuente: Elaboración propia

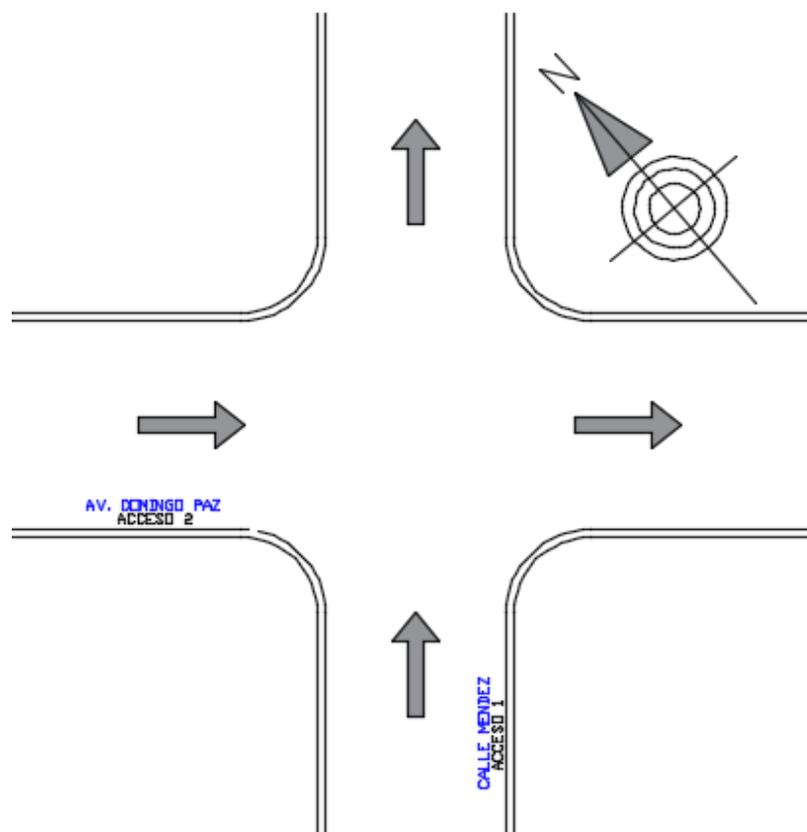
Figura 3.30. Vista de la intersección – Punto de estudio 14



Fuente: Elaboración propia

Punto 15. Av. Domingo Paz – Calle Méndez

Figura 3.31. Croquis de la intersección – Punto de estudio 15



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.16. Descripción de la intersección – Punto de estudio 15

Descripción	Calle Méndez	Av. Domingo Paz
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Malo	Existe/Malo
Señales verticales/ Estado	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	320861,59	7617943,46

Fuente: Elaboración propia

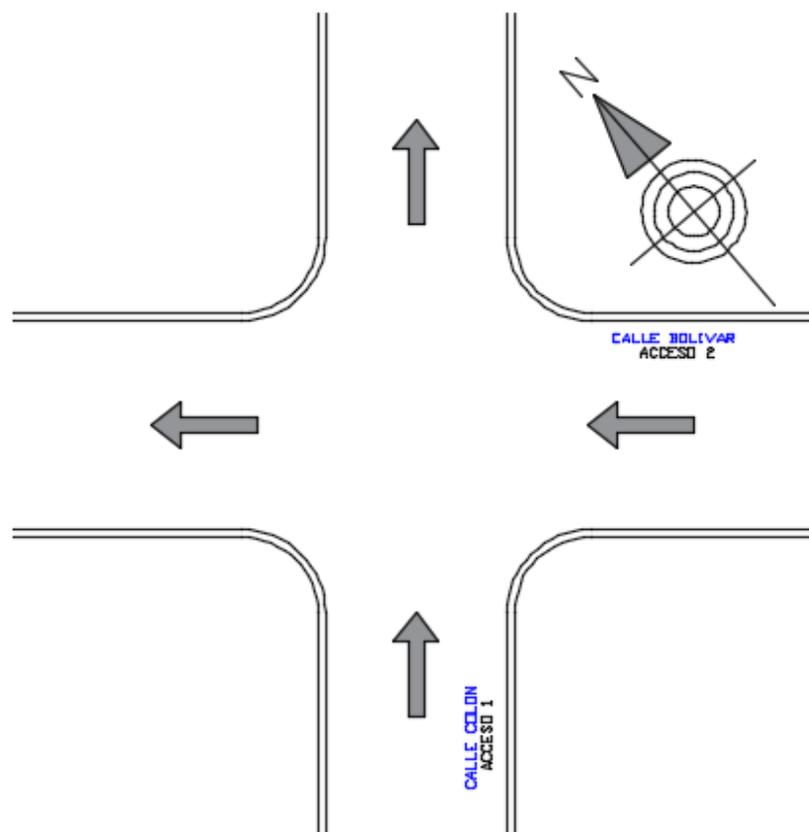
Figura 3.32. Vista de la intersección – Punto de estudio 15



Fuente: Elaboración propia

Punto 16. Calle Colón – Calle Bolívar

Figura 3.33. Croquis de la intersección – Punto de estudio 16



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.17. Descripción de la intersección – Punto de estudio 16

Descripción	Calle Colón	Calle Bolívar
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe	Existe
Señales verticales/ Estado	Existe	Existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320674,05	7617913,06

Fuente: Elaboración propia

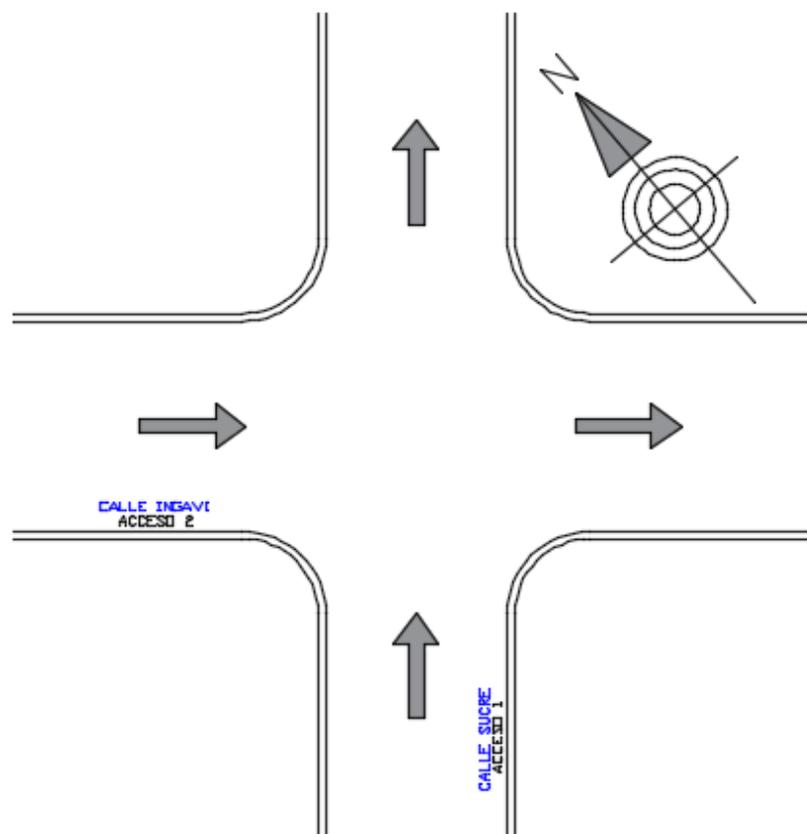
Figura 3.34. Vista de la intersección – Punto de estudio 16



Fuente: Elaboración propia

Punto 17. Calle Ingavi – Calle Sucre

Figura 3.35. Croquis de la intersección – Punto de estudio 17



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.18. Descripción de la intersección – Punto de estudio 17

Descripción	Calle Sucre	Calle Ingavi
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe	Existe
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320474,19	7617886,47

Fuente: Elaboración propia

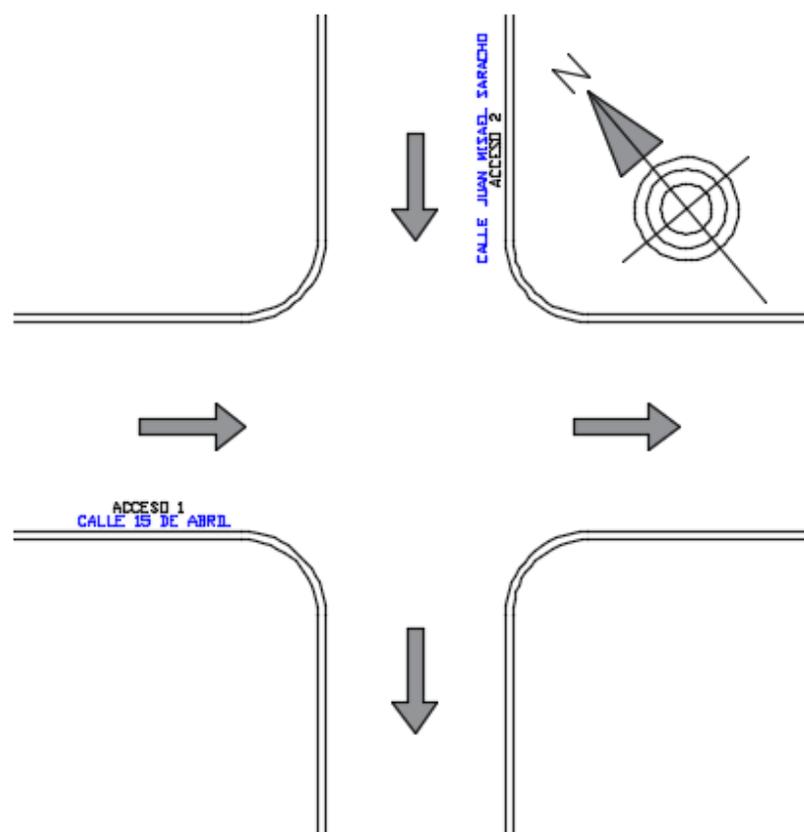
Figura 3.36. Vista de la intersección – Punto de estudio 17



Fuente: Elaboración propia

Punto 18. Calle Juan Misael Saracho – Calle 15 de Abril

Figura 3.37. Croquis de la intersección – Punto de estudio 18



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.19. Descripción de la intersección – Punto de estudio 18

Descripción	Calle 15 de Abril	Calle Juan Misael Saracho
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe	Existe
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320162,97	7617798,64

Fuente: Elaboración propia

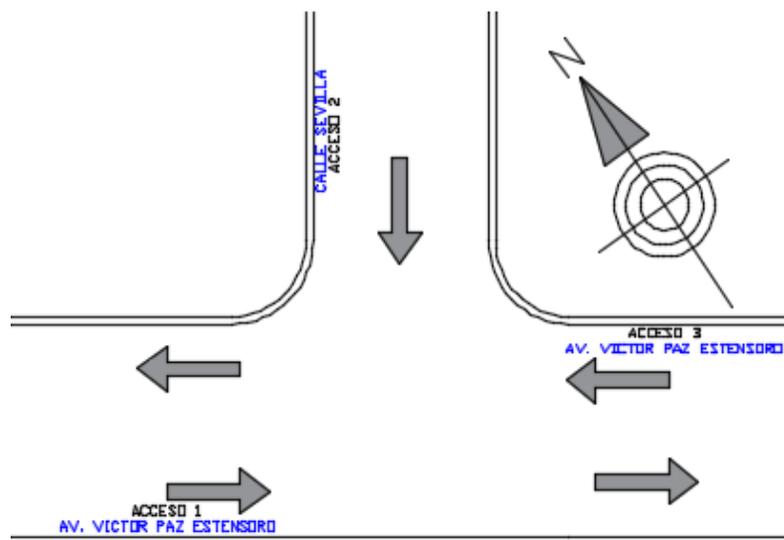
Figura 3.38. Vista de la intersección – Punto de estudio 18



Fuente: Elaboración propia

Punto 19. Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla

Figura 3.39. Croquis de la intersección – Punto de estudio 19



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.20. Descripción de la intersección – Punto de estudio 19

Descripción	Av. Víctor Paz Estensoro	Calle Sevilla
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Malo	Existe
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	329854,26	7617791,61

Fuente: Elaboración propia

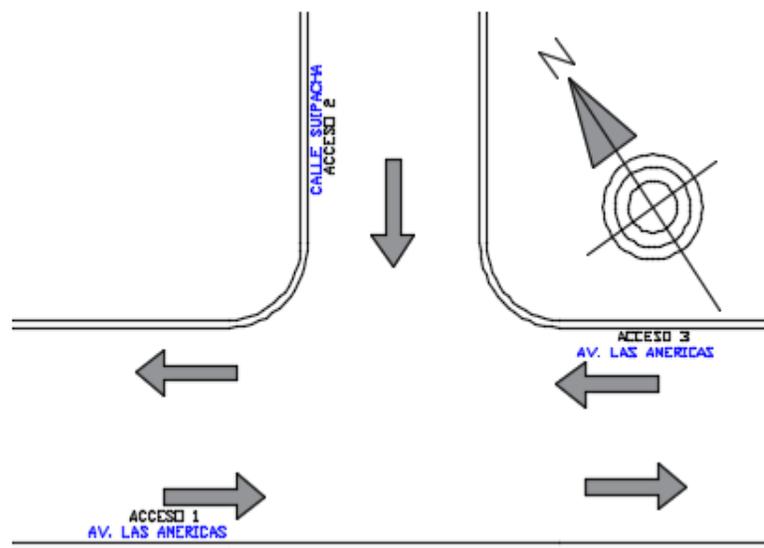
Figura 3.40. Vista de la intersección – Punto de estudio 19



Fuente: Elaboración propia

Punto 20. Av. Las Américas – Calle Suipacha

Figura 3.41. Croquis de la intersección – Punto de estudio 20



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.21. Descripción de la intersección – Punto de estudio 20

Descripción	Av. Las Américas	Calle Suipacha
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	Existe/Regular
Señales verticales	No existe	Existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320540,44	7617249,49

Fuente: Elaboración propia

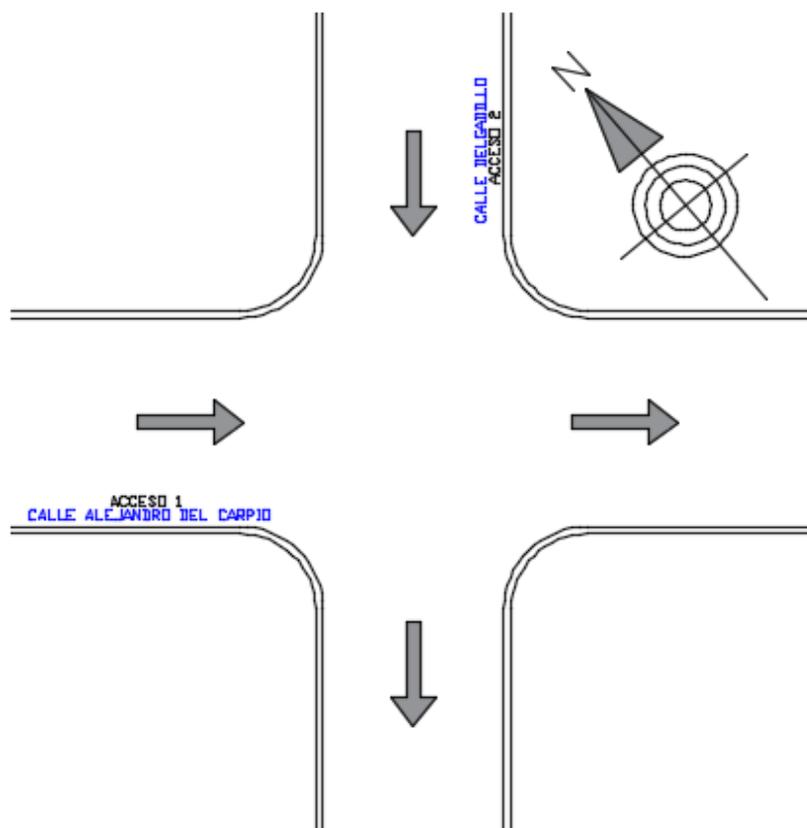
Figura 3.42. Vista de la intersección – Punto de estudio 20



Fuente: Propia

Punto 21. Calle Delgadillo – Calle Alejandro del Carpio

Figura 3.43. Croquis de la intersección – Punto de estudio 21



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.22. Descripción de la intersección – Punto de estudio 21

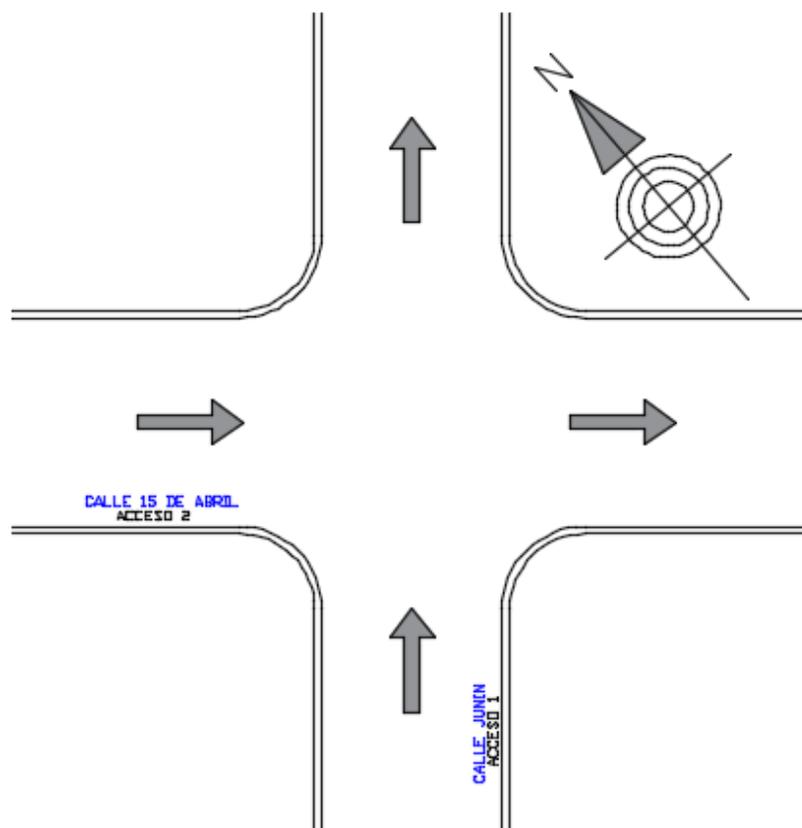
Descripción	Calle Alejandro del Carpio	Calle Delgadillo
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Regular	Existe/Regular
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	320785,72	7617396,82

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.44. Vista de la intersección – Punto de estudio 21



Fuente: Elaboración propia

Punto 22. Calle 15 de Abril – Calle Junín**Figura 3.45. Croquis de la intersección – Punto de estudio 22**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.23. Descripción de la intersección – Punto de estudio 22

Descripción	Calle Junin	Calle 15 de Abril
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Regular	Existe/Regular
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	321013,05	7617531,88

Fuente: Elaboración propia

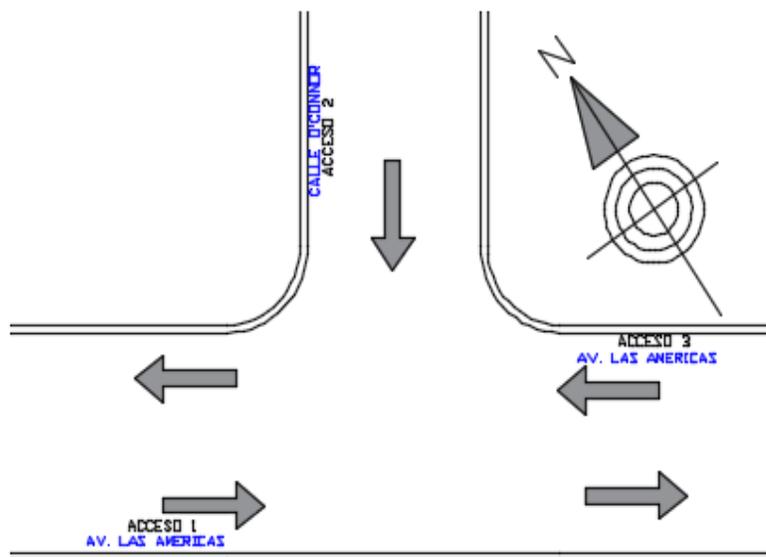
Figura 3.46. Vista de la intersección – Punto de estudio 22



Fuente: Elaboración propia

Punto 23. Av. Las Américas – Calle O'connor

Figura 3.47. Croquis de la intersección – Punto de estudio 23



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.24. Descripción de la intersección – Punto de estudio 23

Descripción	Av. Las Américas	Calle O'connor
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	Existe/Malo	Existe/Regular
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	320966,28	7617071,21

Fuente: Elaboración propia

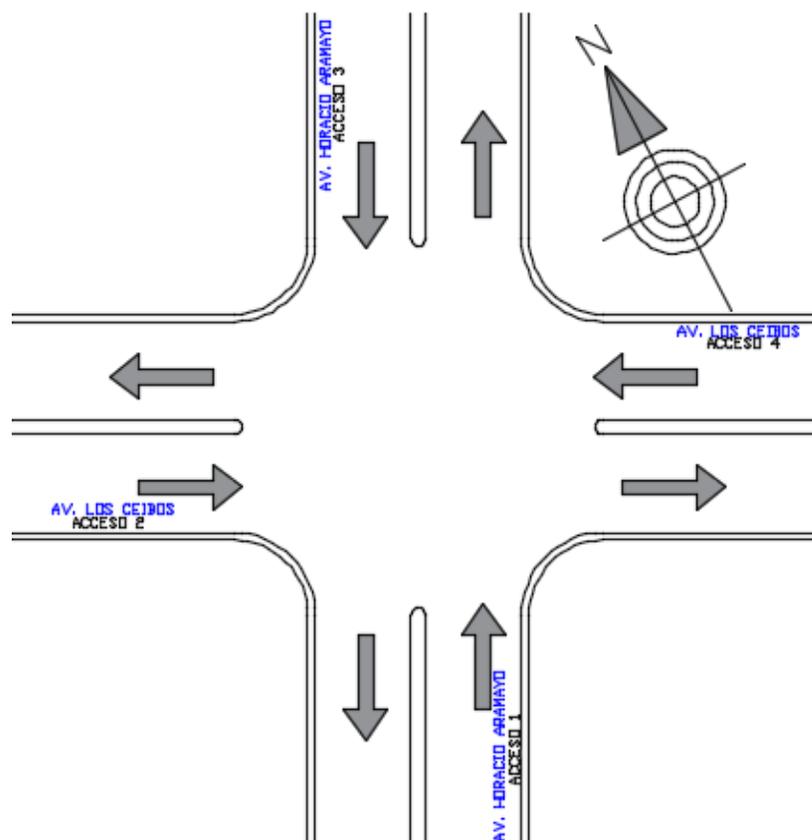
Figura 3.48. Vista de la intersección – Punto de estudio 23



Fuente: Elaboración propia

Punto 24. Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo

Figura 3.49. Croquis de la intersección – Punto de estudio 24



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.25. Descripción de la intersección – Punto de estudio 24

Descripción	Av. Horacio Aramayo	Av. Los Ceibos
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	Existe/Malo	Existe/Malo
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	319200,82	7617046,70

Fuente: Elaboración propia

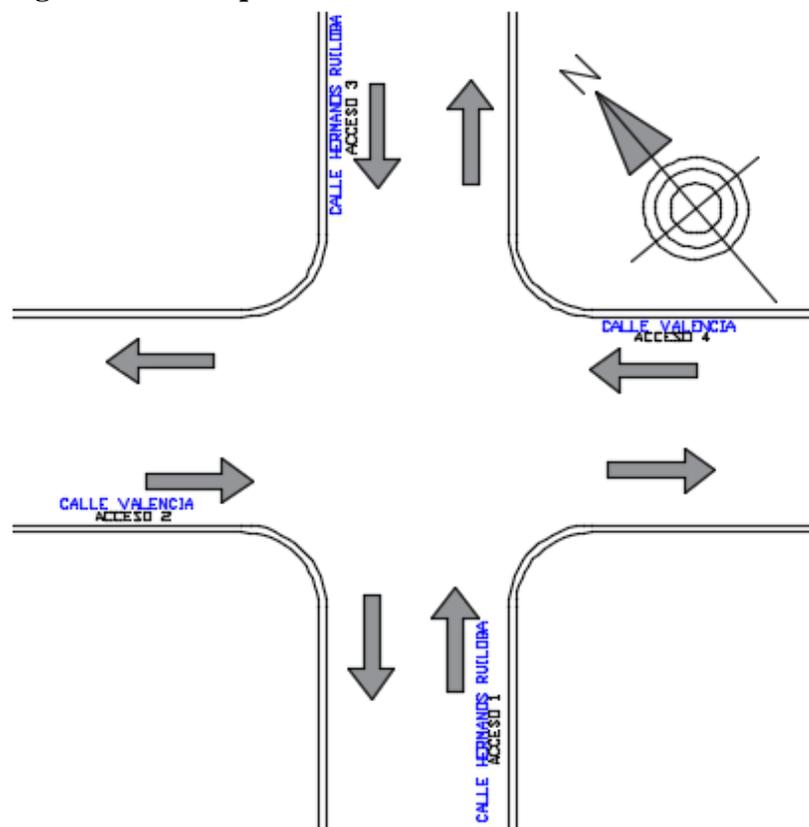
Figura 3.50. Vista de la intersección – Punto de estudio 24



Fuente: Elaboración propia

Punto 25. Calle Hermanos Ruiloba – Calle Valencia

Figura 3.51. Croquis de la intersección – Punto de estudio 25



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.26. Descripción de la intersección – Punto de estudio 25

Descripción	Calle Hermanos Ruiloba	Calle Valencia
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	Existe/Malo	Existe/Malo
Señales verticales	Existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	318854,89	7616868,27

Fuente: Elaboración propia

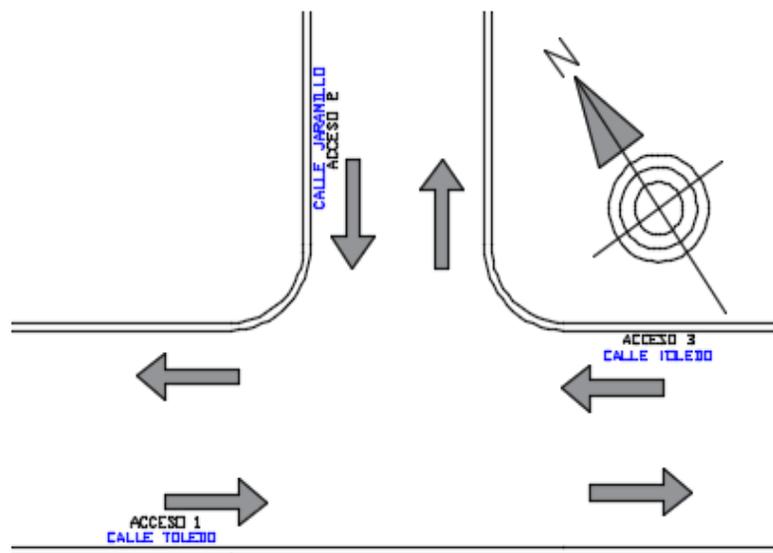
Figura 3.52. Vista de la intersección – Punto de estudio 25



Fuente: Elaboración propia

Punto 26. Calle Toledo – Calle Jaramillo

Figura 3.53. Croquis de la intersección – Punto de estudio 26



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.27. Descripción de la intersección – Punto de estudio 26

Descripción	Calle Toledo	Calle Jaramillo
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	318804,81	7616939,46

Fuente: Elaboración propia

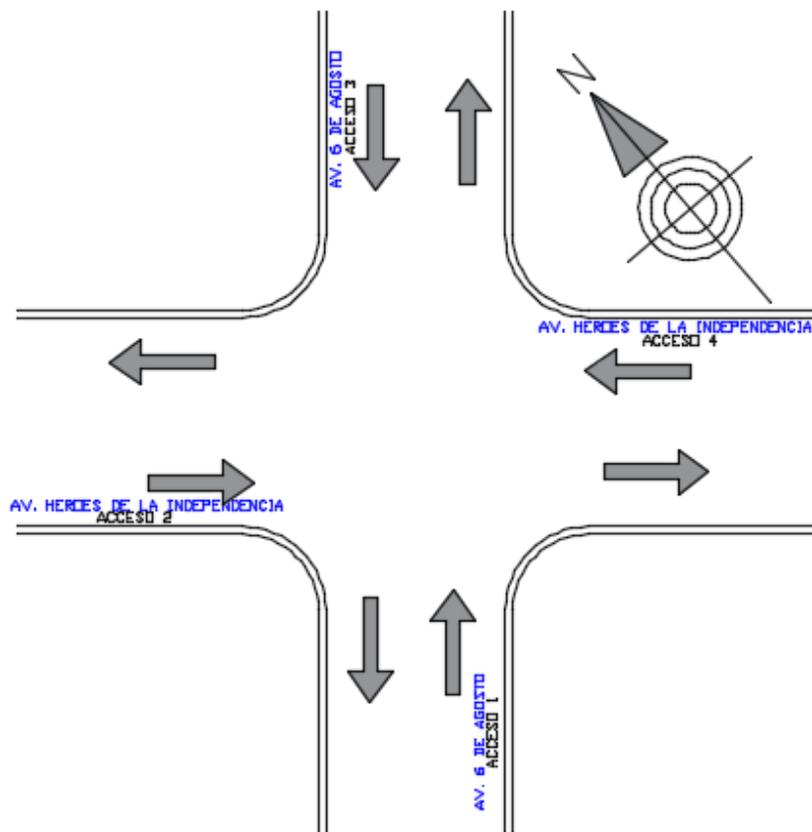
Figura 3.54. Vista de la intersección – Punto de estudio 26



Fuente: Elaboración propia

Punto 27. Av. Héroes de la Independencia – Av. 6 de Agosto

Figura 3.55. Croquis de la intersección – Punto de estudio 27



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.28. Descripción de la intersección – Punto de estudio 27

Descripción	Av. 6 de Agosto	Av. Héroes de la Independencia
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	Existe/Regular	Existe/Regular
Señales verticales	Existe	Existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	318346,12	7617325,66

Fuente: Elaboración propia

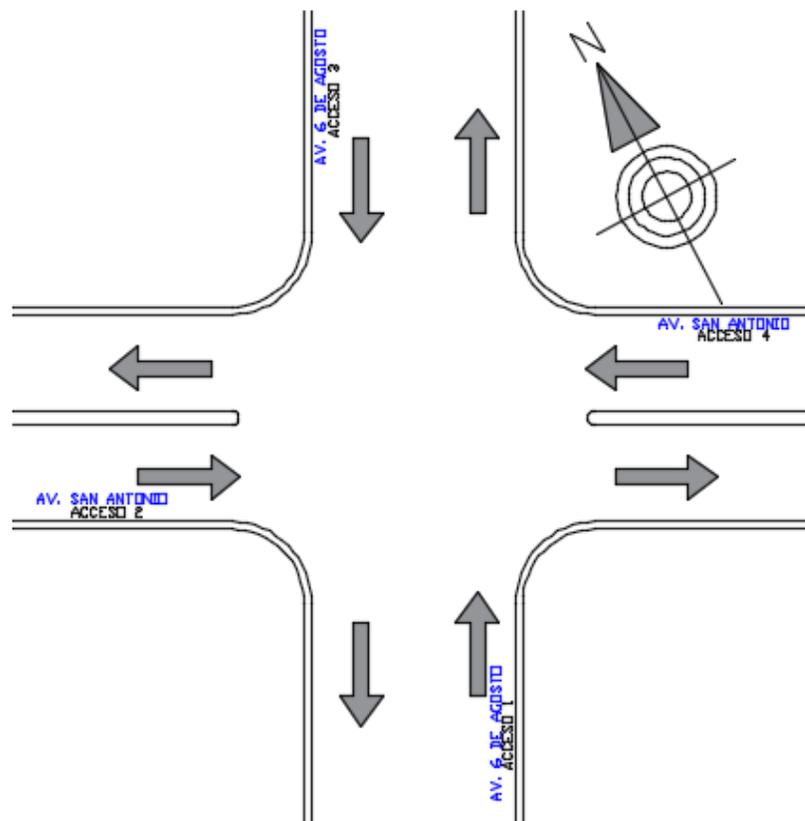
Figura 3.56. Vista de la intersección – Punto de estudio 27



Fuente: Elaboración propia

Punto 28. Av. 6 de Agosto – Av. San Antonio

Figura 3.57. Croquis de la intersección – Punto de estudio 28



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.29. Descripción de la intersección – Punto de estudio 28

Descripción	Av. 6 de Agosto	Av. San Antonio
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	318406,58	7617816,13

Fuente: Elaboración propia

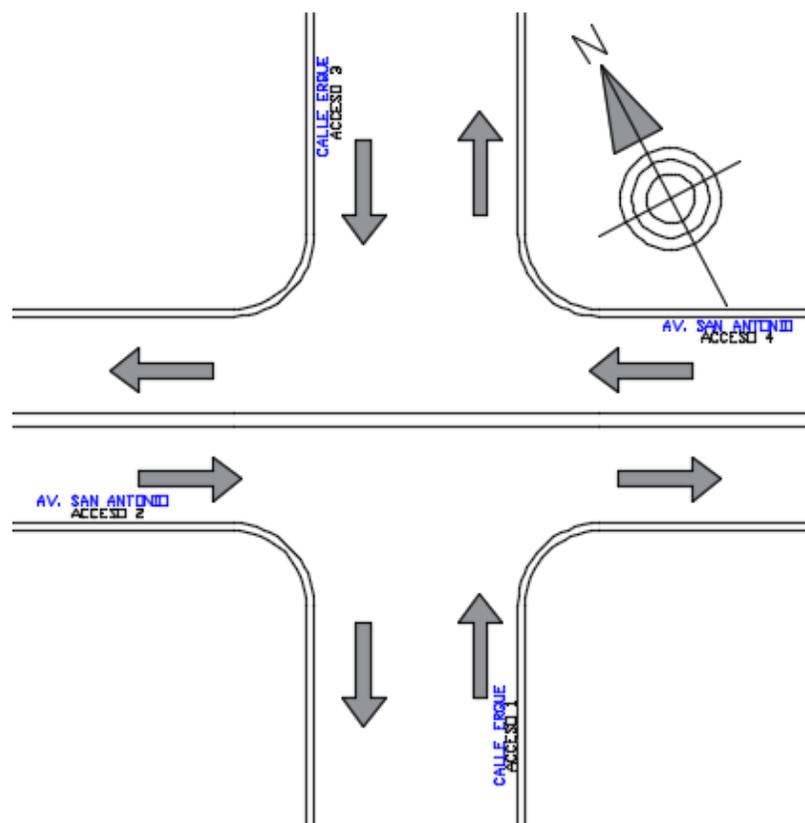
Figura 3.58. Vista de la intersección – Punto de estudio 28



Fuente: Elaboración propia

Punto 29. Av. San Antonio – Av. Erque

Figura 3.59. Croquis de la intersección – Punto de estudio 29



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.30. Descripción de la intersección – Punto de estudio 29

Descripción	Calle Erque	Av. San Antonio
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	318001,82	7617873,29

Fuente: Elaboración propia

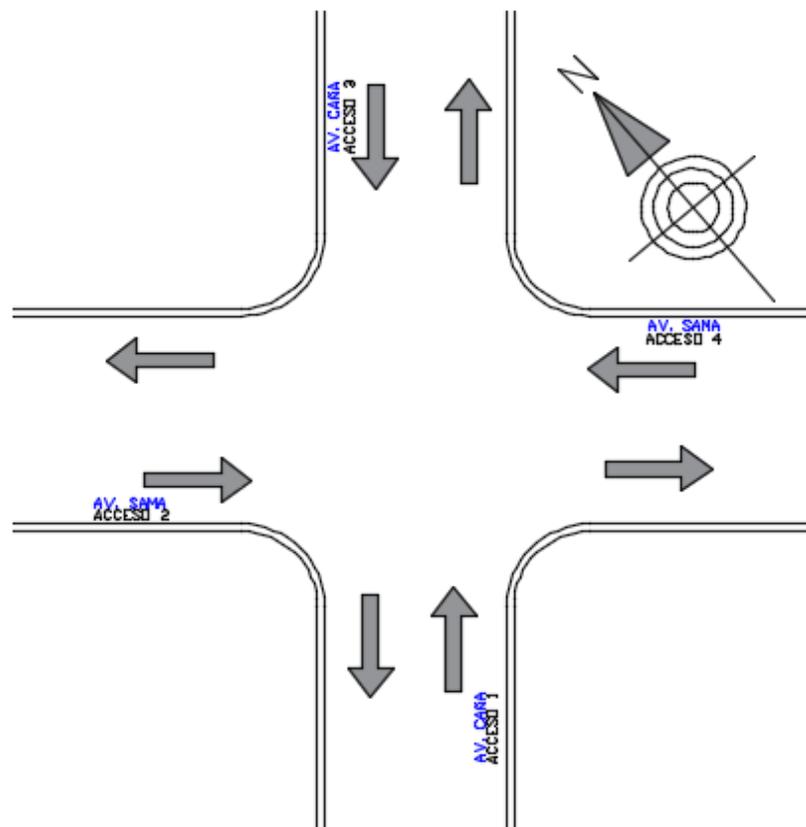
Figura 3.60. Vista de la intersección – Punto de estudio 29



Fuente: Elaboración propia

Punto 30. Av. Sama – Av. Caña

Figura 3.61. Croquis de la intersección – Punto de estudio 30



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.31. Descripción de la intersección – Punto de estudio 30

Descripción	Av. Caña	Av. Sama
Tipo de calle	Dos sentidos	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Coordenadas	X	Y
	317747,11	7617667,38

Fuente: Elaboración propia

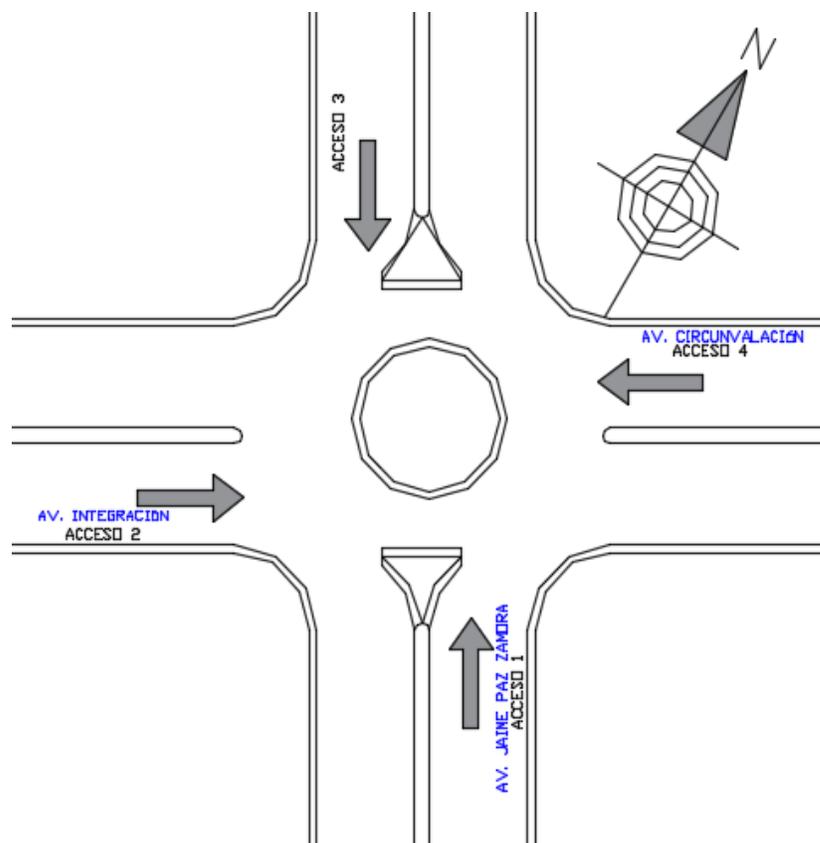
Figura 3.62. Vista de la intersección – Punto de estudio 30



Fuente: Elaboración propia

Punto 31. Av. Circunvalación – Av. Integración

Figura 3.63. Croquis de la intersección – Punto de estudio 31



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.32. Descripción de la intersección – Punto de estudio 31

Descripción	Av. Circunvalación	Av. Integración y Av. Jaime Paz
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	Existe/Malo	Existe/Malo
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	318934,05	7620255,15

Fuente: Elaboración propia

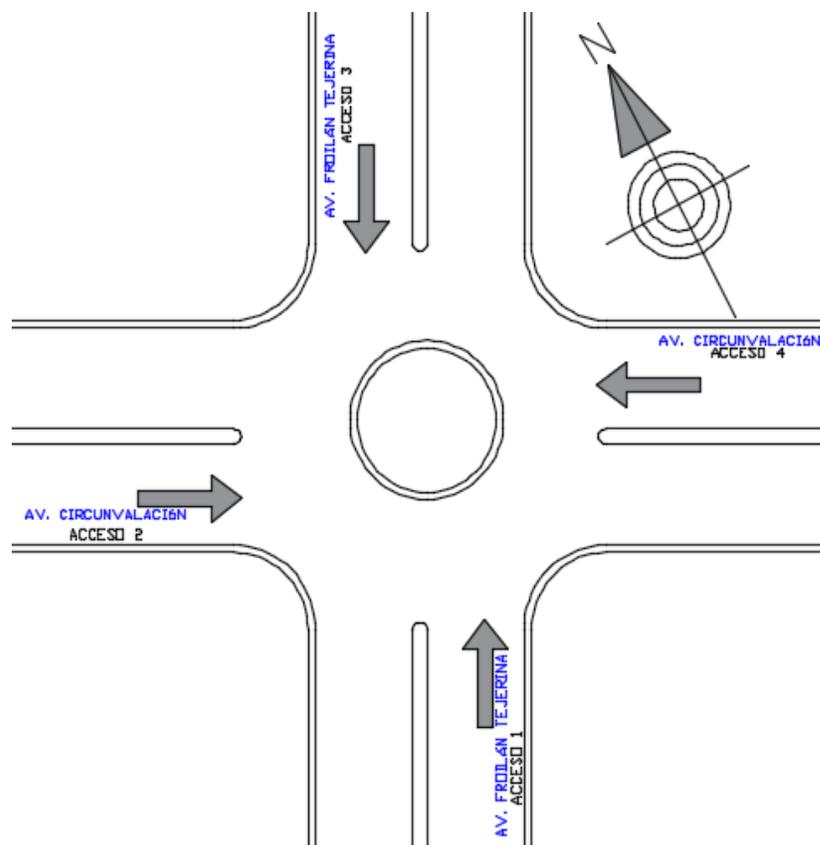
Figura 3.64. Vista de la intersección – Punto de estudio 31



Fuente: Elaboración propia

Punto 32. Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina

Figura 3.65. Croquis de la intersección – Punto de estudio 32



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.33. Descripción de la intersección – Punto de estudio 32

Descripción	Av. Circunvalación	Av. Froilán Tejerina
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	Existe/Malo
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320075,68	7619945,52

Fuente: Elaboración propia

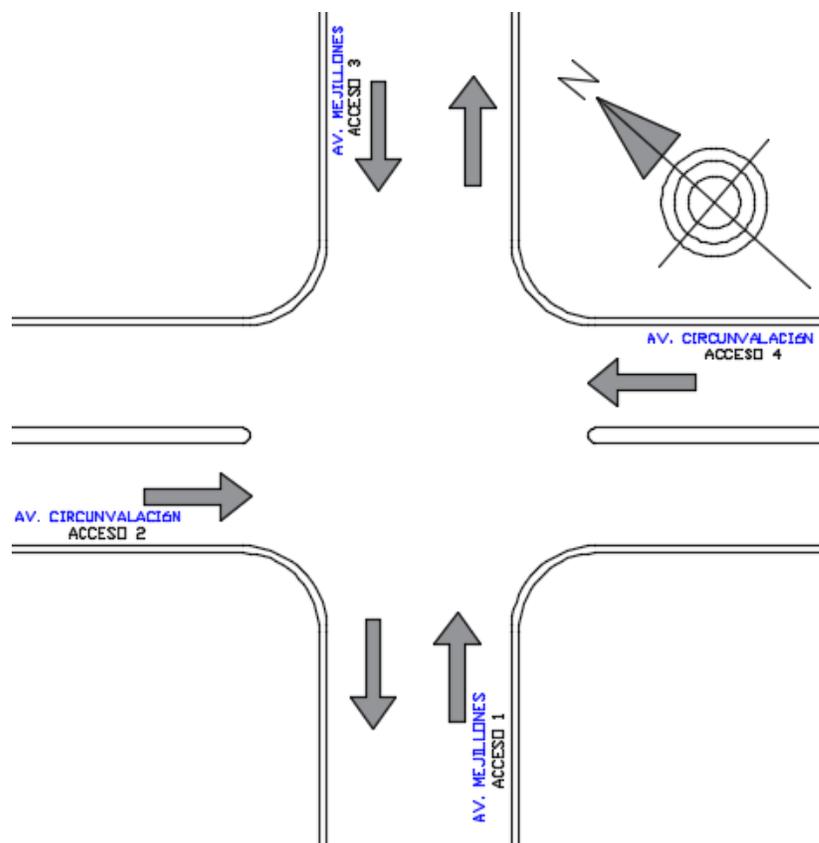
Figura 3.66. Vista de la intersección – Punto de estudio 32



Fuente: Elaboración propia

Punto 33. Av. Circunvalación – Av. Mejillones

Figura 3.67. Croquis de la intersección – Punto de estudio 33



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.34. Descripción de la intersección – Punto de estudio 33

Descripción	Av. Circunvalación	Av. Mejillones
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	323532,84	7614549,52

Fuente: Elaboración propia

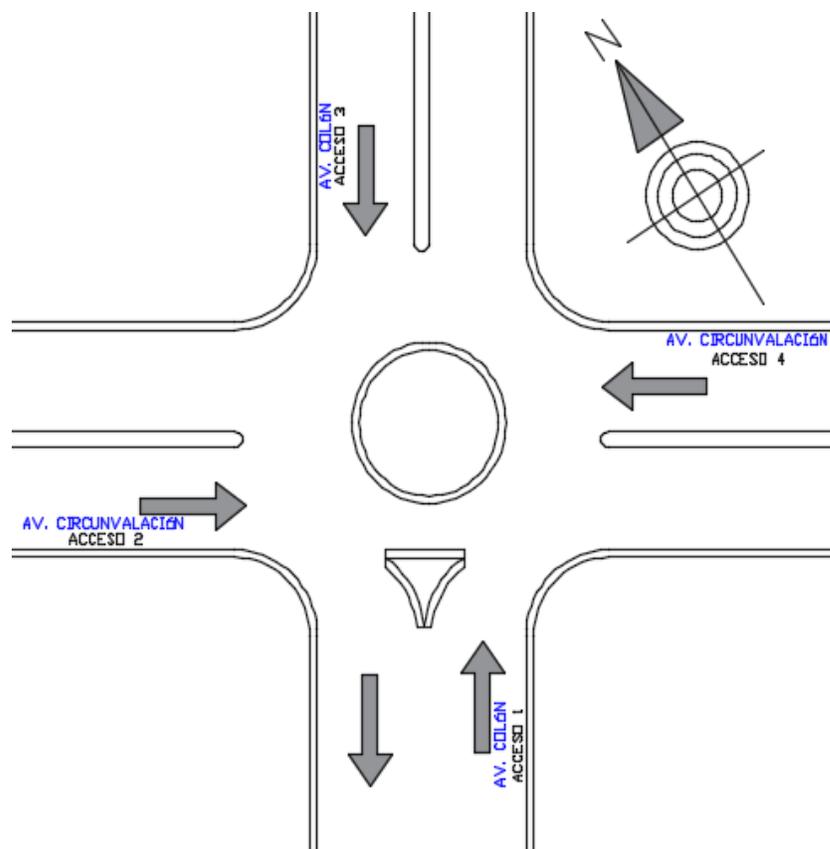
Figura 3.68. Vista de la intersección – Punto de estudio 33



Fuente: Elaboración propia

Punto 34. Av. Circunvalación – Calle Colón

Figura 3.69. Croquis de la intersección – Punto de estudio 34



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.35. Descripción de la intersección – Punto de estudio 34

Descripción	Av. Circunvalación	Calle Colón
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	321110,50	7619248,16

Fuente: Elaboración propia

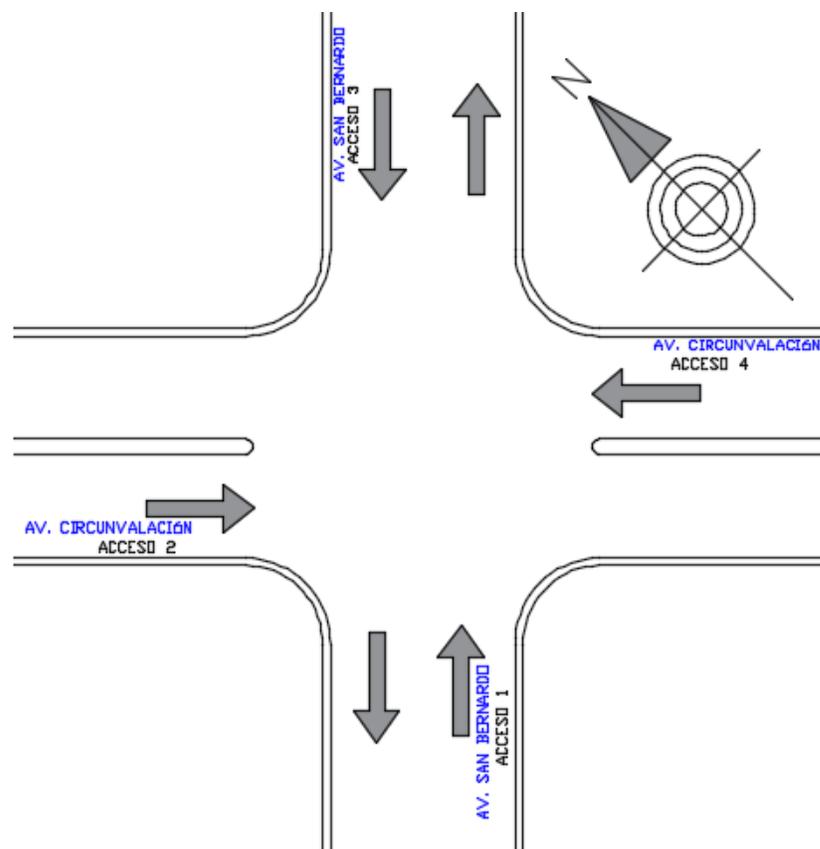
Figura 3.70. Vista de la intersección – Punto de estudio 34



Fuente: Elaboración propia

Punto 35. Av. Circunvalación – Av. San Bernardo

Figura 3.71. Croquis de la intersección – Punto de estudio 35



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.36. Descripción de la intersección – Punto de estudio 35

Descripción	Av. Circunvalación	Av. San Bernardo
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	Existe/malo
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	321424,06	7618768,33

Fuente: Elaboración propia

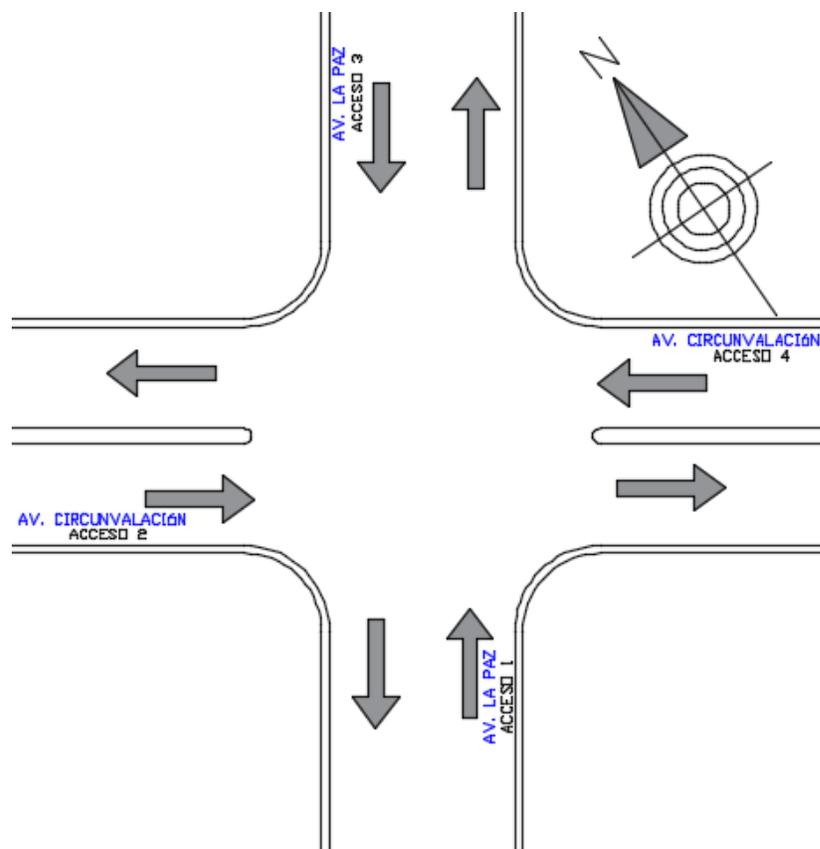
Figura 3.72. Vista de la intersección – Punto de estudio 35



Fuente: Elaboración propia

Punto 36. Av. Circunvalación – Av. La Paz

Figura 3.73. Croquis de la intersección – Punto de estudio 36



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.37. Descripción de la intersección – Punto de estudio 36

Descripción	Av. Circunvalación	Av. La Paz
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	321790,20	7618237,95

Fuente: Elaboración propia

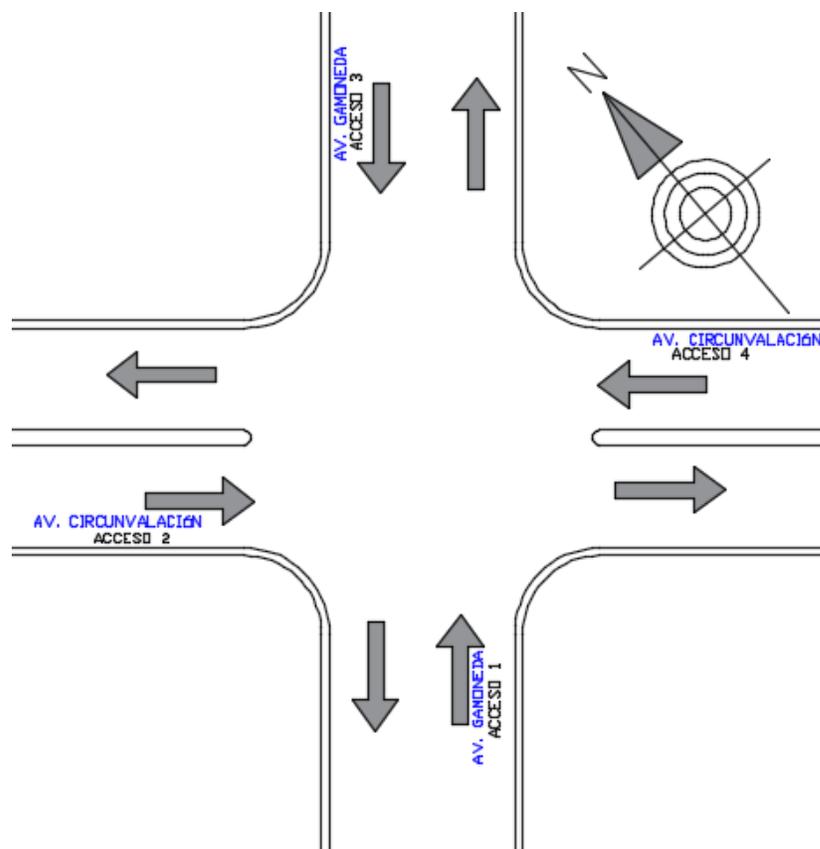
Figura 3.74. Vista de la intersección – Punto de estudio 36



Fuente: Elaboración propia

Punto 37. Av. Circunvalación – Av. Gamoneda

Figura 3.75. Croquis de la intersección – Punto de estudio 37



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.38. Descripción de la intersección – Punto de estudio 37

Descripción	Av. Circunvalación	Av. Gamoneda
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	Si existe/malo	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	322231,80	7617810,32

Fuente: Elaboración propia

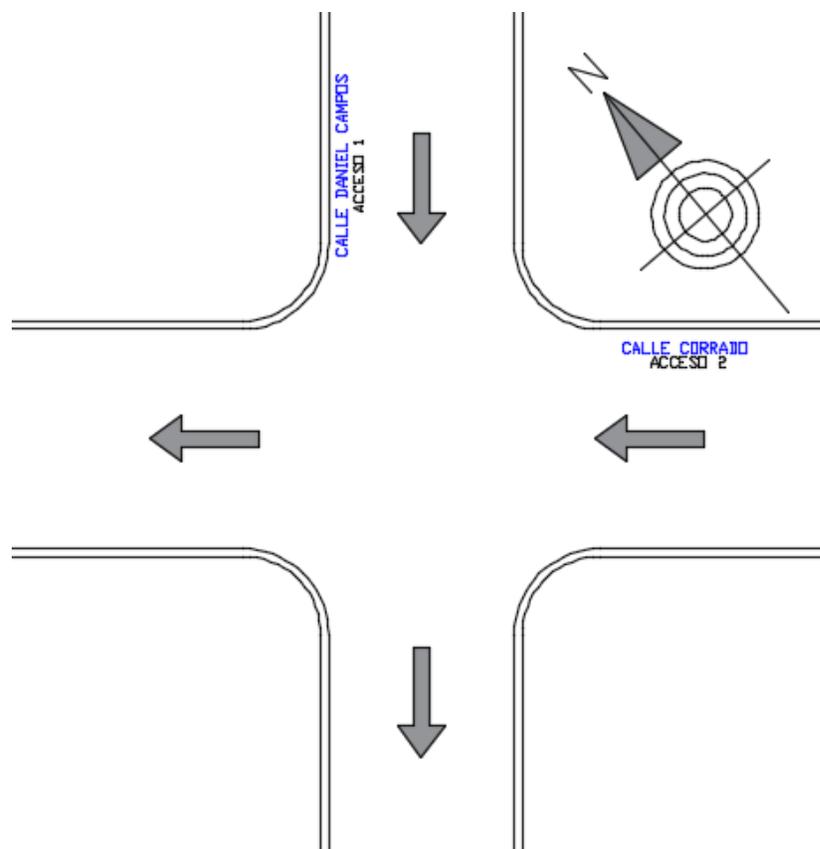
Figura 3.76. Vista de la intersección – Punto de estudio 37



Fuente: Elaboración propia

Punto 38. Calle Daniel Campos – Calle Corrado

Figura 3.77. Croquis de la intersección – Punto de estudio 38



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.39. Descripción de la intersección – Punto de estudio 38

Descripción	Calle Daniel Campos	Calle Corrado
Tipo de calle	Un sentido	Un sentido
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales	Si existe/malo	No existe
Semaforización	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	320645,36	7618137,12

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.78. Vista de la intersección – Punto de estudio 38



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.40. Distritos de la ciudad de Tarija

Distritos	N°	Barrios
1	1	El Molino
2	1	San Roque
3	1	Las Panosas
4	1	La Pampa
5	1	Fátima
6	1	La Loma
	2	El Carmen
	3	Guadalquivir
	4	57 viviendas
	5	Luis Pizarro
	6	15 de Noviembre
	7	Juan Pablo II
	8	Libertad
	9	Virgen de Chaguaya
	10	15 de Agosto
	11	Panamericano
	12	Carlos Wagner
	13	Los Olivos
	14	Paraíso
	15	Los Álamos
	16	Urbanización la Unión
	17	Los mecánicos
	18	Aranjuez Norte (Paraíso al frente)
	19	Casa Vieja
	20	Eucaliptos
	21	Copacabana
	22	La Torre
	23	Tim - Aranjuez
	24	Parrales
	25	Monte Cristo Norte
	26	Aranjuez II
	27	Sinai
7	1	Defensores del Chaco
	2	Los Chapacos
	3	Oscar Zamora
	4	3 de Mayo
	5	IV Centenario
	6	4 de Julio
	7	12 de Octubre
	8	Las Pascuas
	9	15 de Junio

10	101 Familias
11	19 de Marzo
12	20 de Enero
13	María de los Ángeles
14	Fray Quebracho
15	Municipal
16	Cadepia
17	San Mateo Sud
18	San Mateo Centro
19	Alto San Mateo
20	San Mateo La Loma
21	Santa Fé
22	La Cañada
23	La Cañada II
24	29 de Octubre
25	Santa Rosa Las Barrancas
26	Monte Centro La Banda
27	7 de Octubre
28	Tarija Nueva
29	Unidad y Fortaleza
30	Nueva Esperanza
31	15 de Junio II
32	San Miguel
33	26 de Agosto
34	3 de Octubre
35	Chapacos II
36	Los Pinos
37	Integración Iscayachi
38	26 de Agosto Área Municipal
39	Monte Sud Nueva Esperanza
1	Eduardo Abaroa
2	San José
3	Lourdes
4	San Marcos
5	Oscar Alfaro
6	La Florida
7	24 de Junio
8	Trigal
9	Nueva Jerusalén
10	24 de Junio Monte Sud Este
11	Monte Sud
12	La Huerta
13	Valle Hermoso
14	Japón

	15	Buena Vista
	16	Laureles
	17	La Huerta
	18	Monte Centro
	19	Monte Rey
	20	Agrupación 6 de Octubre
	21	Inquilinos 24 de Junio
9	1	6 de Agosto
	2	Pedro Antonio Flores
	3	7 de Septiembre
	4	1 de Mayo
	5	2 de Mayo
	6	El Constructor
	7	La Salamanca
	8	San Bernardo
	9	Moto Méndez
	10	Luis Espinal
	11	Aniceto Arce
	12	Narciso Campero
	13	Andaluz
	14	12 de Abril
	15	27 de Mayo
	16	4 de Marzo
	17	Santa Rosa
	18	San Santiago
	19	1 de Abril
	20	Nuevo Valle Hermoso
	21	Monte Cristo
	22	Juana Azurduy
	23	Tarijeños en Progreso
10	1	Bartolome Attard
	2	San Jorge I
	3	San Jorge II
	4	Aeropuerto
	5	Torrecillas
	6	Simón Bolívar
	7	Juan Nicolay
	8	15 de Abril
	9	Juan XXIII
	10	Rosedal
	11	San Pedro
	12	Morros Blancos
	13	Artesanal
	14	Nuevo Amanecer

	15	San Salvador
	16	Jardín
	17	Anaspugio (Jesús María)
	18	Urbanización Che Guevara
	19	Independencia – 4 de Julio
	20	Torrecillas Alto
	21	Concordia
11	1	El Tejar
	2	La Terminal
	3	Lindo San Jerónimo
	4	San Jerónimo Centro
	5	San Jerónimo Sud
	6	Petrolero
	7	San Luis
12	1	San Martin
	2	German Busch
	3	Aranjuez Sud
	4	Miraflores
	5	San Blas
	6	La Merced
13	1	Alto Senac
	2	Senac
	3	Tabladita I
	4	Tabladita II
	5	Tabladita III (Guadalupe – Las Palmas)
	6	Catedral
	7	Luis de Fuentes
	8	Méndez Arcos
	9	San Antonio
	10	Amalia Medinacelli
	11	1 de Agosto
	12	Cerezos
	13	Tierra Linda
	14	14 de Enero
	15	El Mirador

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO

En primer lugar, se definieron las horas pico que se presentan en la zona de estudio; es decir, el período de tiempo en el que regularmente existen congestiones en la vía o volúmenes de tráfico altos.

En este caso se seleccionó la intersección entre la Av. San Luis y la calle sin nombre; ubicada en la zona de San Luis, realizando el aforo desde horas 6:00 a horas 20:00.

Dando como resultado los valores de la tabla 3.32.

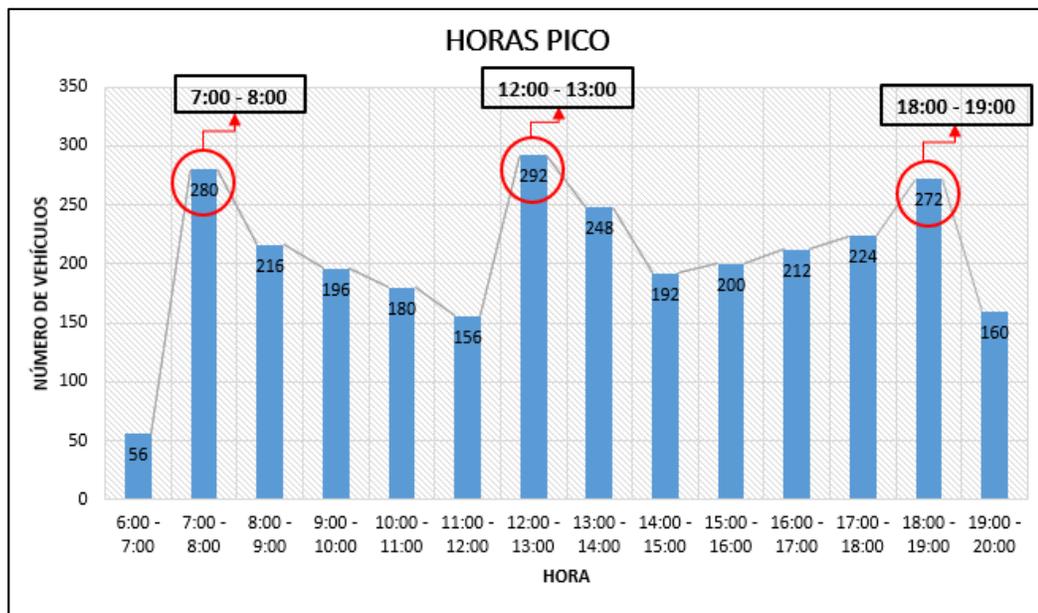
Se puede observar en la gráfica 3.1. que los picos más representativos se presentan de horas: 7:00 a 8:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Por lo tanto, el aforo de volúmenes de tráfico vehicular, se realizó dos días hábiles martes y jueves; y un día inhábil sábado en las horas mencionadas.

Tabla 3.41. Valores de horas pico Av. San Luis

Hora	Número de vehículos hora
6:00 - 7:00	56
7:00 - 8:00	280
8:00 - 9:00	216
9:00 - 10:00	196
10:00 - 11:00	180
11:00 - 12:00	156
12:00 - 13:00	292
13:00 - 14:00	248
14:00 - 15:00	192
15:00 - 16:00	200
16:00 - 17:00	212
17:00 - 18:00	224
18:00 - 19:00	272
19:00 - 20:00	160

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.79. Horas pico – Avenida San Luis

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el procedimiento de análisis y depuración de los datos aforados; esto con el fin de optar por un rango de seguridad dado a partir de la media y la desviación estándar como se desarrolla a continuación para el punto de estudio 1 – intersección Av. San Luis y Calle S/N (Urbanización Oller).

Datos aforados punto de estudio 1 en las horas pico:

Tabla 3.42. Datos aforados semana 1 – Punto de estudio 1

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
	Sin Nombre									San Luis								
	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
HORA	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	-	12	0	-	0	0	-	4	-	108	8	-	20	0	-	8	0
12:00 - 13:00	0	-	4	0	-	0	0	-	8	-	64	0	-	16	0	-	8	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	4	-	76	0	-	20	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Martes	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	72	-	0	12	-	8	0	-
12:00 - 13:00	20	108	-	0	24	-	4	4	-
18:00 - 19:00	8	56	-	4	24	-	0	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Jueves	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	12	0	-	0	0	-	4	-	116	4	-	16	0	-	12	0
12:00 - 13:00	0	-	8	0	-	0	0	-	4	-	56	0	-	20	0	-	4	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	0	-	84	0	-	16	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Jueves	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	88	-	0	8	-	12	0	-
12:00 - 13:00	8	116	-	4	20	-	8	0	-
18:00 - 19:00	4	72	-	0	16	-	0	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Sábado	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	20	0	-	0	4	-	4	-	112	0	-	28	0	-	8	0
12:00 - 13:00	4	-	4	0	-	0	0	-	0	-	64	0	-	20	0	-	12	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	4	0	-	0	-	76	0	-	8	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Sábado	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	56	-	0	8	-	0	4	-
12:00 - 13:00	4	116	-	0	8	-	0	12	-
18:00 - 19:00	8	52	-	0	8	-	0	4	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.43. Datos aforados semana 2 – Punto de estudio 1

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Martes	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	12	4	-	0	0	-	4	-	100	8	-	16	0	-	4	0
12:00 - 13:00	0	-	4	0	-	0	0	-	8	-	60	4	-	16	0	-	12	0
18:00 - 19:00	4	-	0	4	-	0	0	-	4	-	68	0	-	24	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Martes	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	12	64	-	0	12	-	8	4	-
12:00 - 13:00	24	116	-	4	24	-	4	8	-
18:00 - 19:00	4	64	-	4	24	-	4	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Jueves	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	8	0	-	4	0	-	4	-	108	4	-	20	0	-	12	4
12:00 - 13:00	4	-	12	0	-	0	0	-	4	-	48	0	-	16	0	-	4	4
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	0	-	72	4	-	16	0	-	8	0

DIA	Acceso 3								
Jueves	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	76	-	0	8	-	12	4	-
12:00 - 13:00	8	108	-	4	16	-	8	0	-
18:00 - 19:00	8	72	-	4	16	-	4	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Sábado	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	20	4	-	4	4	-	4	-	104	0	-	24	0	-	8	4
12:00 - 13:00	4	-	4	0	-	0	4	-	0	-	56	0	-	16	0	-	16	4
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	4	0	-	0	-	84	0	-	12	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Sábado	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	60	-	0	8	-	0	4	-
12:00 - 13:00	4	100	-	0	12	-	4	12	-
18:00 - 19:00	4	60	-	0	8	-	4	4	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.44. Datos aforados semana 3 – Punto de estudio 1

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Martes	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	8	4	-	0	0	-	4	-	96	4	-	12	0	-	4	4
12:00 - 13:00	4	-	4	0	-	4	4	-	8	-	52	4	-	20	0	-	12	4
18:00 - 19:00	0	-	4	4	-	0	0	-	4	-	60	0	-	16	0	-	8	0

DIA	Acceso 3								
Martes	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	12	68	-	0	8	-	4	12	-
12:00 - 13:00	20	108	-	8	24	-	8	8	-
18:00 - 19:00	8	60	-	4	20	-	4	8	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Jueves	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	4	0	-	4	0	-	4	-	100	4	-	16	0	-	12	4
12:00 - 13:00	4	-	12	4	-	0	0	-	4	-	48	0	-	16	0	-	8	4
18:00 - 19:00	4	-	4	0	-	0	0	-	4	-	68	0	-	20	0	-	8	0

DIA	Acceso 3								
Jueves	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	72	-	4	8	-	8	4	-
12:00 - 13:00	16	100	-	0	20	-	8	8	-
18:00 - 19:00	12	68	-	4	16	-	8	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Sábado	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	12	4	-	4	4	-	4	-	96	0	-	24	0	-	8	4
12:00 - 13:00	4	-	4	0	-	4	4	-	0	-	52	4	-	20	0	-	16	4
18:00 - 19:00	4	-	4	0	-	4	0	-	4	-	72	0	-	16	0	-	16	0

DIA	Acceso 3								
Sábado	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	56	-	0	8	-	0	4	-
12:00 - 13:00	12	92	-	4	24	-	8	12	-
18:00 - 19:00	8	56	-	0	8	-	4	8	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.45. Datos aforados semana 4 – Punto de estudio 1

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Martes	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	-	12	0	-	0	0	-	4	-	112	4	-	16	0	-	4	0
12:00 - 13:00	0	-	4	0	-	0	0	-	4	-	56	0	-	12	0	-	12	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	4	-	80	0	-	16	0	-	4	0

DIA	Acceso 3								
Martes	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	12	80	-	0	16	-	8	0	-
12:00 - 13:00	12	120	-	0	20	-	4	0	-
18:00 - 19:00	4	60	-	4	20	-	0	0	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Jueves	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	-	8	0	-	0	0	-	0	-	108	8	-	20	0	-	8	0
12:00 - 13:00	0	-	4	0	-	0	0	-	4	-	60	0	-	16	0	-	8	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	4	-	88	0	-	12	0	-	8	0

DIA	Acceso 3								
Jueves	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	92	-	0	12	-	8	0	-
12:00 - 13:00	12	128	-	0	16	-	8	0	-
18:00 - 19:00	8	64	-	4	16	-	0	4	-

DIA	Acceso 1									Acceso 2								
Sábado	Sin Nombre									San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados			Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	8	-	16	0	-	0	0	-	4	-	120	0	-	24	0	-	8	0
12:00 - 13:00	0	-	8	0	-	0	0	-	0	-	44	0	-	24	0	-	0	0
18:00 - 19:00	0	-	4	0	-	0	0	-	0	-	68	0	-	8	0	-	0	0

DIA	Acceso 3								
Sábado	San Luis								
HORA	Livianos			Medianos			Pesados		
	GI	DF	GD	GI	DF	GD	GI	DF	GD
7:00 - 8:00	4	60	-	0	12	-	0	4	-
12:00 - 13:00	8	108	-	0	12	-	0	4	-
18:00 - 19:00	4	48	-	0	12	-	0	0	-

Fuente: Elaboración propia

Calculamos el volumen total de cada acceso

Tabla 3.46. Volúmenes totales – Hora 7:00 – 8:00

Intersección: San Luis - Sin Nombre			
DIA	HORA 7:00-8:00		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Martes	24	144	100
Jueves	20	148	112
Sábado	32	148	72
Martes	24	128	100
Jueves	20	148	108
Sábado	40	140	76
Martes	20	120	104
Jueves	16	136	104
Sábado	32	132	72
Martes	20	136	116
Jueves	16	144	120
Sábado	28	152	80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.47. Volúmenes totales – Hora 12:00 – 13:00

Intersección: San Luis - Sin Nombre			
DIA	HORA 12:00-13:00		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Martes	12	88	160
Jueves	12	80	156
Sábado	8	96	140
Martes	12	92	180
Jueves	20	72	144
Sábado	12	92	132
Martes	24	92	176
Jueves	24	76	152
Sábado	16	96	152
Martes	8	80	156
Jueves	8	84	164
Sábado	8	68	132

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.48. Volúmenes totales – Hora 18:00 – 19:00

Intersección: San Luis - Sin Nombre			
DIA	HORA 18:00-19:00		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Martes	8	100	96
Jueves	4	104	96
Sábado	8	88	72
Martes	12	96	104
Jueves	4	100	108
Sábado	8	100	80
Martes	12	84	104
Jueves	12	96	112
Sábado	16	104	84
Martes	8	100	88
Jueves	8	108	96
Sábado	4	76	64

Fuente: Elaboración propia

Calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora del horario 7:00 – 8:00

$$\dot{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\dot{X} = \frac{24 + 20 + 32 + 24 + 20 + 40 + 20 + 16 + 32 + 20 + 16 + 28}{12}$$

$$\dot{X} = 24,33 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \dot{X})^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{12-1}\right) * (0,11 + 18,75 + 58,33 + 0,11 + 18,75 + 245,55 + 18,75 + 69,39 + 58,83 + 18,75 + 69,39 + 13,47)}$$

$$s = \sqrt{53,70}$$

$$s = 7,33 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Rango superior

Definido por la media más la desviación estándar

$$\begin{aligned} &= 24,33 \frac{\text{veh}}{\text{h}} + 7,32 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \\ &= 35,65 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Rango inferior

Definido por la media menos la desviación estándar

$$\begin{aligned} &= 24,33 \frac{\text{veh}}{\text{h}} - 7,32 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \\ &= 17,01 \frac{\text{veh}}{\text{h}} \end{aligned}$$

En la siguiente tabla se identifican los valores medios del horario de 7:00 – 8:00 que se encuentran fuera del rango previamente calculado.

Tabla 3.49. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1

Acceso 1
24
20
32
24
20
40
20
16
32
20
16
28

Fuente: Elaboración propia

Los valores dentro de la casilla de color identifica el valor fuera del rango (31,65 – 17,01).

Por lo tanto, se calcula la media excluyendo dichos valores:

Tabla 3.50. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)

Acceso 1
24
20
24
20
20
20
28

Fuente: Elaboración propia

$$\bar{X} = 22,29 \text{ veh /h}$$

Los redondeamos al inmediato superior porque no pueden existir decimales en los volúmenes.

$$\bar{X} = 23,00 \text{ veh /h}$$

Calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora del horario 12:00 – 13:00

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{X} = \frac{12 + 12 + 8 + 12 + 20 + 12 + 24 + 24 + 16 + 8 + 8 + 8}{12}$$

$$\bar{X} = 13,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x - \bar{X})^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{12-1}\right) * (2,79 + 2,79 + 32,15 + 2,79 + 40,07 + 2,79 + 106,71 + 106,71 + 5,43 + 32,15 + 32,15 + 32,15)}$$

$$s = \sqrt{36,24}$$

$$s = 6,02 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Rango superior

Definido por la media más la desviación estándar

$$= 13,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}} + 6,02 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 19,69 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Rango inferior

Definido por la media menos la desviación estándar

$$= 13,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}} - 6,02 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 7,65 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

En la siguiente tabla se identifican los valores medios del horario de 12:00 – 13:00 que se encuentran fuera del rango previamente calculado.

Tabla 3.51. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1

Acceso 1
12
12
8
12
20
12
24
24
16
8
8
8

Fuente: Elaboración propia

Los valores dentro de la casilla de color identifica el valor fuera del rango (19,69 – 7,65).

Por lo tanto, se calcula la media excluyendo dichos valores:

Tabla 3.52. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)

Acceso 1
12
12
8
12
12
16
8
8
8

Fuente: Elaboración propia

$$\bar{X} = 10,67 \text{ veh /h}$$

Los redondeamos al inmediato superior porque no pueden existir decimales en los volúmenes.

$$\bar{X} = 11,00 \text{ veh /h}$$

Calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora del horario 18:00 – 19:00

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{X} = \frac{8 + 4 + 8 + 12 + 4 + 8 + 12 + 12 + 16 + 8 + 8 + 4}{12}$$

$$\bar{X} = 8,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{1}{12-1}\right) * (0,45 + 21,81 + 0,45 + 11,09 + 21,81 + 0,45 + 11,09 + 11,09 + 53,73 + 0,45 + 0,45 + 21,81)}$$

$$s = \sqrt{14,06}$$

$$s = 3,75 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Rango superior

Definido por la media más la desviación estándar

$$= 8,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}} + 3,75 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 12,42 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Rango inferior

Definido por la media menos la desviación estándar

$$= 8,67 \frac{\text{veh}}{\text{h}} - 3,75 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 4,92 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

En la siguiente tabla se identifican los valores medios del horario de 18:00 – 19:00 que se encuentran fuera del rango previamente calculado.

Tabla 3.53. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1

Acceso 1
8
4
8
12
4
8
12
12
16
8
8
4

Fuente: Elaboración propia

Los valores dentro de la casilla de color identifica el valor fuera del rango (12,42 – 4,92).

Por lo tanto, se calcula la media excluyendo dichos valores:

Tabla 3.54. Volúmenes del acceso 1 – Punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)

Acceso 1
8
4
8
12
4
8
12
12

8
8
4

Fuente: Elaboración propia

$$\bar{X} = 8,00 \text{ veh /h}$$

Teniendo la media de los volúmenes de las horas pico, calculamos la media de las medias cuyo resultado será el volumen del acceso 1.

Tabla 3.55. Volumen total del acceso 1 – Punto de estudio 1 (media de las medias)

Hora	Acceso 1
7:00-8:00	23,00
12:00-13:00	11,00
18:00-19:00	8,00
\bar{X}	14,00

Fuente: Elaboración propia

Este cálculo se lo realiza de igual manera para los accesos restantes (acceso 2 y acceso 3), en las 3 horas pico.

En cuanto al cálculo de los porcentajes de giro izquierda, derecha, vehículos que realizan la trayectoria de frente y vehículos pesados que circulan por la intersección, se realizó el siguiente procedimiento:

En las tablas se muestran los datos aforados de los vehículos livianos, medianos y pesados que realizaron el giro izquierda, giro derecha y la trayectoria de frente para el acceso 1 en horas 7:00 a 8:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00 donde se sumaron hallando el total y sobre el total de vehículos que circularon por la intersección se calcularon los porcentajes.

Cabe resaltar que para éste cálculo ya no se hace uso de los datos que se encontraron fuera del rango, anteriormente calculado.

Tabla 3.56. Porcentajes de maniobras en las horas pico para el acceso 1 – Punto de estudio 1

Acceso 1						
Hora	7:00 - 8:00					
Total	Giros				Frente	
	Izquierda		Derecha			
	N°	%	N°	%	N°	%
24	8	33,33	16	66,67	-	-
20	4	20,00	16	80,00	-	-
24	8	33,33	16	66,67	-	-
20	4	20,00	16	80,00	-	-
20	8	40,00	12	60,00	-	-
20	4	20,00	16	80,00	-	-
28	8	28,57	20	71,43	-	-
Ā		27,89		72,11		
Hora	12:00 - 13:00					
Total	Giros				Frente	
	Izquierda		Derecha			
	N°	%	N°	%	N°	%
12	0	0,00	12	100,00	-	-
12	0	0,00	12	100,00	-	-
8	4	50,00	4	50,00	-	-
12	0	0,00	12	100,00	-	-
12	8	66,67	4	33,33	-	-
16	8	50,00	8	50,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
Ā		18,52		81,48		
Hora	18:00 - 19:00					
Total	Giros				Frente	
	Izquierda		Derecha			
	N°	%	N°	%	N°	%
8	0	0,00	8	100,00	-	-
4	0	0,00	4	100,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
12	8	66,67	4	33,33	-	-
4	0	0,00	4	100,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
12	4	33,33	8	66,67	-	-
12	4	33,33	8	66,67	-	-

8	0	0,00	8	100,00	-	-
8	0	0,00	8	100,00	-	-
4	0	0,00	4	100,00	-	-
\bar{X}		12,12		87,88		

Fuente: Elaboración propia

% de GI para el acceso 1 del punto de estudio 1

$$\%GI = \frac{27,89 + 18,52 + 12,12}{3}$$

$$\%GI = 19,51 \%$$

% de GD para el acceso 1 del punto de estudio 1

$$\%GD = \frac{72,11 + 81,48 + 87,88}{3}$$

$$\%GI = 80,49 \%$$

% de FRENTE para el acceso 1 del punto de estudio 1

En este caso, no cuenta con maniobras de frente por las características de la intersección.

% vehículos pesados

Tabla 3.57. Porcentaje de vehículos pesados - Punto de estudio 1

7:00 - 8:00								
Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3		
Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros
24	4	20	144	8	136	100	8	92
20	4	16	148	12	136	112	12	100
24	4	20	148	8	140	100	12	88
20	4	16	148	16	132	108	16	92
20	4	16	140	12	128	104	16	88
20	4	16	136	16	120	104	12	92
28	4	24	132	12	120	80	4	76
22,29	4,00		136	4	132	101,14	11,43	
			144	8	136			
			141,78	10,67				
\bar{X}	17,95		\bar{X}	7,52		\bar{X}	11,30	
12:00 - 13:00								

Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3		
Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros
12	8	4	88	8	80	160	8	152
12	4	8	80	4	76	156	8	148
8	0	8	92	12	80	140	12	128
12	8	4	92	20	72	144	8	136
12	4	8	92	16	76	152	16	136
16	4	12	76	12	64	152	20	132
8	4	4	80	12	68	156	4	152
8	4	4	84	8	76	164	8	156
8	0	8	85,50	11,50		153,00	10,50	
10,67	4,00							
\bar{X}	37,50		\bar{X}	13,45		\bar{X}	6,86	
18:00 - 19:00								
Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3		
Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros	Total	Pesados	Otros
8	4	4	100	4	96	96	4	92
4	0	4	104	4	100	96	4	92
8	0	8	88	4	84	104	8	96
12	4	8	96	4	92	80	8	72
4	0	4	100	8	92	104	12	92
8	0	8	100	4	96	84	12	72
12	4	8	96	8	88	88	0	88
12	4	8	104	16	88	96	4	92
8	4	4	100	4	96	93,50	6,50	
8	4	4	98,67	6,22				
4	0	4						
8,00	2,18							
\bar{X}	27,27		\bar{X}	6,31	\bar{X}		6,95	

Fuente: Elaboración propia

$$\%VP = \frac{17,95 + 37,50 + 27,27}{3}$$

$$\%VP = 27,57 \%$$

A continuación, se presentan las tablas resumen de los puntos de estudio con los siguientes datos:

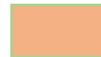
- Volúmenes vehiculares por hora para cada acceso de la intersección durante 4 semanas.
- % de giros izquierda de cada acceso.
- % de giro derecha de cada acceso.
- % de vehículos con trayectoria de frente para cada acceso.
- % de vehículos pesados para cada acceso de la intersección.

Punto de estudio No 1

Av. San Luis y Calle Sin Nombre



Datos que se encuentran fuera del rango, calculado en base a la media y la desviación estándar.



Media calculada sin tomar en cuenta los datos fuera de rango, redondeada al inmediato superior.



Volumen de circulación vehicular medio de horas pico para cada acceso, redondeado al inmediato superior.

Tabla 3.58. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – Punto de estudio 1

AFORO DE VOLÚMENES DE TRÁFICO EN HORAS PICO									
DÍA	7:00 - 8:00			11:00 - 12:00			18:00 - 19:00		
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
Martes	24	144	100	12	88	160	8	100	96
Jueves	20	148	112	12	80	156	4	104	96
Sábado	32	148	72	8	96	140	8	88	72
Martes	24	128	100	12	92	180	12	96	104
Jueves	20	148	108	20	72	144	4	100	108
Sábado	40	140	76	12	92	132	8	100	80
Martes	20	120	104	24	92	176	12	84	104
Jueves	16	136	104	24	76	152	12	96	112
Sábado	32	132	72	16	96	152	16	104	84
Martes	20	136	116	8	80	156	8	100	88
Jueves	16	144	120	8	84	164	8	108	96
Sábado	28	152	80	8	68	132	4	76	64
Media	23	142	102	11	86	153	8	99	94
Volumen	Acceso 1			Acceso 2			Acceso 3		
	14			109			117		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.59. Porcentajes de giros y vehículos pesados de la intersección - Punto de estudio 1

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3
% Giro izquierda	19,51	-	13
% Giro derecha	80,49	2,35	-
% Frente	-	97,65	87
% Pesados	27,57	9,09	8,37

Fuente: Elaboración propia

3.3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LAS INTERSECCIONES DE LAS CALLES URBANAS EN LA CIUDAD DE TARIJA

En este capítulo se desarrolla el cálculo de la capacidad y nivel de servicio para nuestros puntos de estudio, tomando en cuenta todas las características y factores propios de cada una de ellas.

3.3.1. PARÁMETROS CONSIDERADOS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

El cálculo de la capacidad y nivel de servicio se realizará para cada intersección y dentro de la misma para cada acceso que se presente en ella.

Siendo la capacidad de la intersección la menor calculada de los accesos. E igualmente el nivel de servicio será el más crítico calculado en base a la relación volumen capacidad de los accesos a la intersección.

Cabe resaltar que el método empleado para el cálculo es el utilizado en la ciudad de Tarija por personal de movilidad urbana, el cual considera las maniobras realizadas aforadas en cada intersección.

Se consideró también la aplicación del método de cálculo de capacidad y nivel de servicio del manual de diseño geométrico de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) pero el mismo es aplicable a carreteras o secciones de ellas que presenten tránsito ininterrumpido, libres de interferencias como semáforos, cruces a nivel de mayor prioridad, etc.; siendo nuestro estudio el de vías interrumpidas se optó por utilizar el método HCM descrito a continuación, que se ajusta de mejor manera a nuestro estudio.

Tomando en cuenta que la capacidad de la intersección será la más crítica presentada en los accesos de la misma.

A continuación, se describen los parámetros utilizados para el cálculo:

Volumen de circulación.- Determinado a partir de los volúmenes aforados en las horas pico para cada acceso. Que vendrá a ser el volumen medio del acceso en estudio (sin tomar en cuenta los datos fuera de rango).

El rango es calculado en base a la media y la desviación estándar. Por lo tanto, el rango estará definido de la siguiente manera:

- El valor superior será la media de todos los valores aforados más (+) la desviación estándar.
- El valor inferior será la media de todos los valores aforados menos (-) la desviación estándar.

Una vez definidos los parámetros se verifica si los datos aforados se encuentran dentro del rango, posteriormente se calcula una nueva media aritmética, teniendo la media de las horas pico calculamos la medias de las medias, con la cual se trabaja.

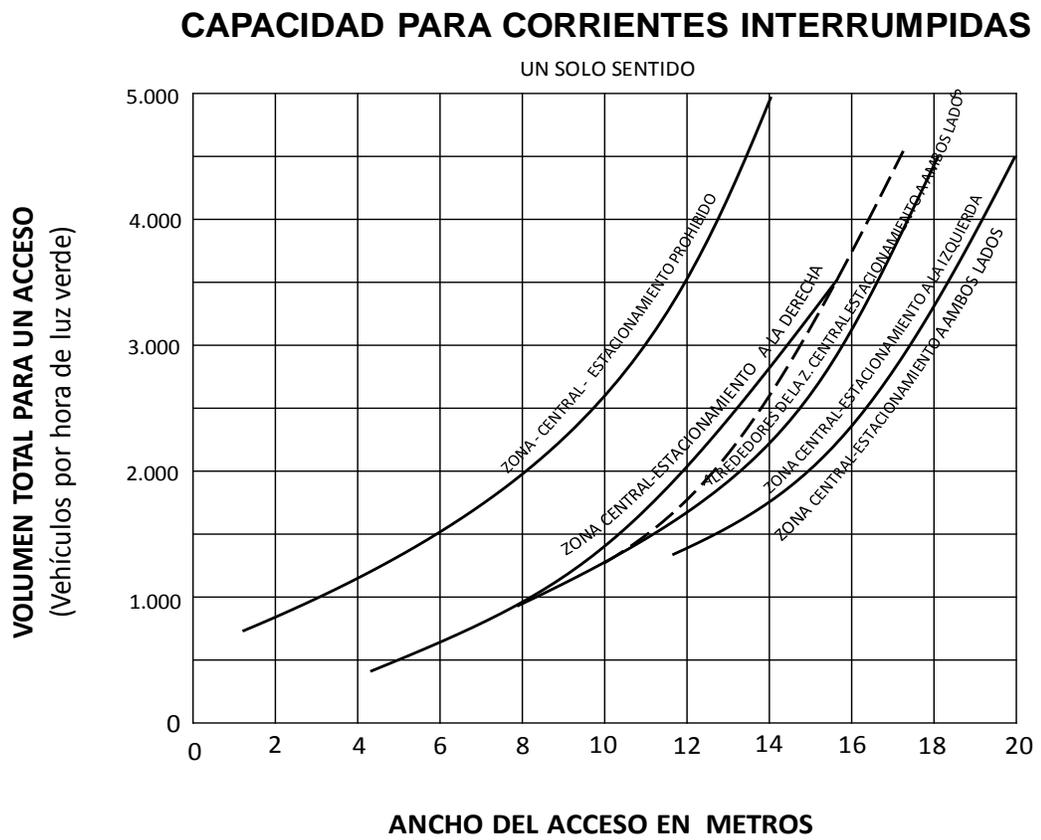
Número de sentidos.- Puede ser de un sentido o dos (doble vía) este dato es requerido únicamente para ingresar al ábaco.

Ancho de acceso.- Ancho de la vía de acceso en metros; dato requerido para el ingreso al ábaco.

Capacidad teórica.- Este dato es hallado mediante el ábaco presentado en las figuras 3.80. y 3.81. en las cuales se considera: si la vía es de uno o dos sentidos, y dependiendo la zona en la cual se encuentre la vía en estudio.

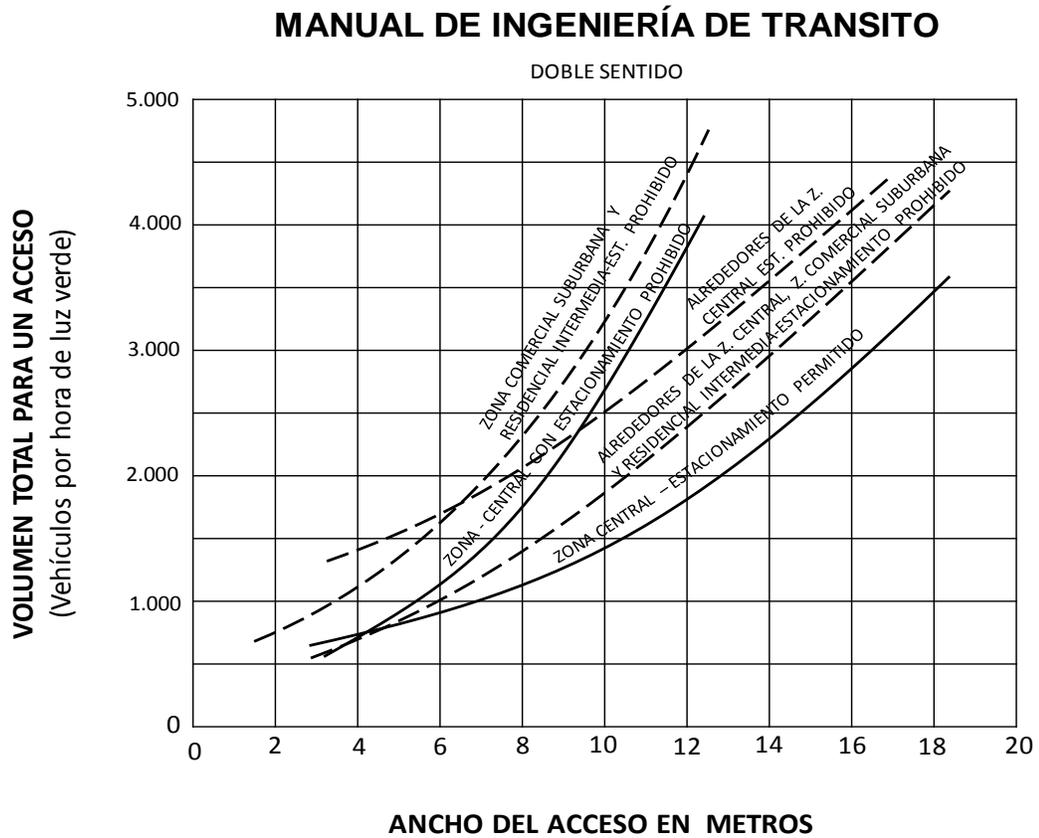
Se ingresa con el ancho del acceso en el eje X y cortando la curva que define la zona y el tipo de reglamentación que existe en ella (estacionamiento permitido o no), se halla en el eje Y la capacidad teórica de la vía.

Figura 3.80. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

Figura 3.81. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas de doble sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

% **Vehículos pesados.**- Será la media de los porcentajes de los vehículos pesados aforados en las 3 horas pico en cada acceso.

% **Vehículos giro izquierda.**- Media de los porcentajes de los vehículos que realizan el giro izquierda aforados en las 3 horas pico de cada acceso.

% **Vehículos giro derecha.**- Media de los porcentajes de los vehículos que realizan giro derecha en cada acceso en las 3 horas pico aforadas.

% **Por Paradas.**- De ómnibuses antes de la intersección restar el 10 % por paradas después de la intersección restas el 5 % en zonas centrales y 10 % en zonas intermedias.

3.3.2. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Como ejemplo de cálculo se muestra el procedimiento realizado para la determinación de la capacidad real y nivel de servicio en las intersecciones a partir de los factores de giros, tanto izquierda como derecha, vehículos que realizan trayectoria de frente, paradas, y porcentajes de vehículos pesados; detalladamente en el punto de estudio 1.

Intersección a nivel de la Av. San Luis y Calle sin nombre. Para el acceso 1

Datos de entrada

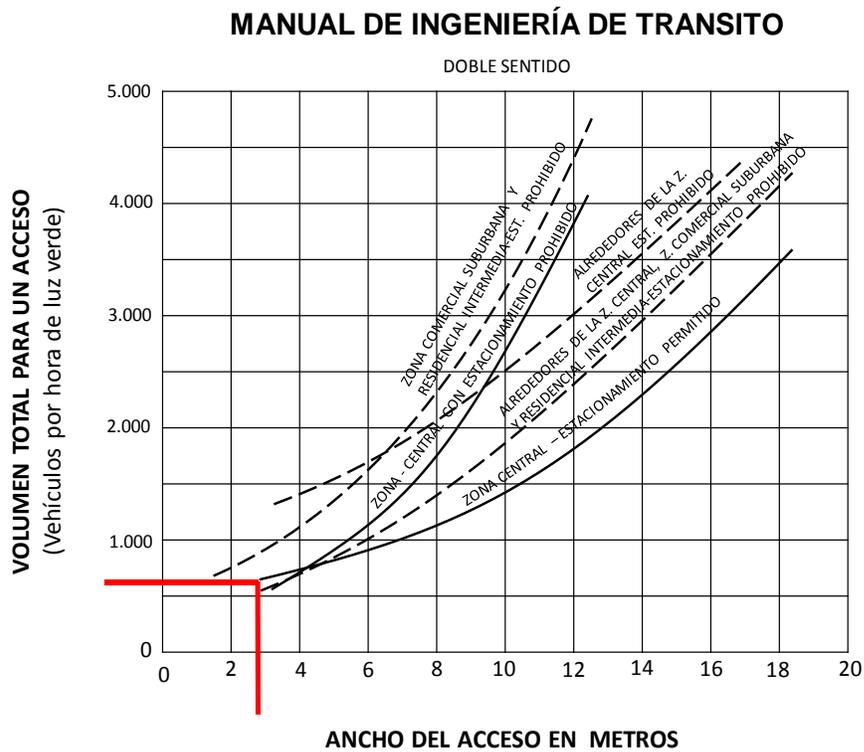
Volumen de circulación $V = 14$ veh/h

Capacidad teórica

Número de sentidos = 2

Ancho de acceso = 2,55 m

Figura 3.82. Capacidad teórica del acceso 1 del punto de estudio 1



Fuente: Elaboración propia

Capacidad teórica según ábaco = 700 veh/h.

Capacidad práctica

$$\text{Cap. práctica} = \text{Cap. Teórica} * 0,90$$

$$\text{Cap. práctica} = 700 \frac{\text{veh}}{\text{h}} * 0,90$$

$$\text{Cap. práctica} = 630 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

Factor de reducción por vehículos pesados

% de vehículos pesados salientes del acceso 1

VP= 27,57%

$$\text{FVP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$$

$$\text{FVP} = 1 - \frac{27,57 - 10}{100}$$

$$\text{FVP} = 0,82$$

Factor de reducción por giro izquierda

% de vehículos que realizan el giro izquierda salientes del acceso 1

GI= 19,51%

$$\text{FGI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$$

$$\text{FGI} = 1 - \frac{19,51 - 10}{100}$$

$$\text{FGI} = 0,90$$

Factor de reducción por giro derecha

% de vehículos que realizan el giro derecha salientes del acceso 1

GD= 80.49%

$$FGI = 1 - \frac{(\%GD - 10) * 0,5}{100}$$

$$FGD = 1 - \frac{(80.49 - 10) * 0.5}{100}$$

FGD= 0,65

Factor de reducción por paradas

% de paradas antes del acceso 1 = 0%

% de paradas después del acceso 1 =0%

$$FPA = \frac{(100 - \% Parada)}{100}$$

FPA=1

Capacidad real

$$\text{Capacidad}_{\text{REAL}} = \text{Capacidad}_{\text{PRACTICA}} * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD} * f_{Pa}$$

$$\text{Capacidad real} = 630 * 0.82 * 0.90 * 0.65 * 1$$

$$\text{Capacidad real} = 305 \text{ veh/h} = C$$

Nivel de servicio

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{V}{C}$$

$$\text{Relación} = \frac{14 \text{ veh/h}}{305 \text{ veh/h}}$$

Relación= 0,05

Tabla 3.60. Clasificación del nivel de servicio del acceso 1 del punto de estudio 1

Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo Libre	0
B	Flujo Estable	$\leq 0,10$
C	Flujo Estable	$\leq 0,30$
D	Próximo al flujo inestable	$\leq 0,70$
E	Flujo Inestable	$\leq 1,0$
F	Flujo Forzado	> 1

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, en el acceso 1 de la intersección de la Av. San Luis y calle sin nombre el nivel de servicio es = B, es decir, que presenta un flujo estable.

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los cuatro accesos que tiene la Av. San Luis y calle sin nombre.

Tabla 3.61. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 1

Acceso	Capacidad real veh/h	Relación V/C	Nivel de servicio	Tipo de flujo
1	305	0,05	B	Flujo estable
2	801	0,14	C	Flujo estable
3	777	0,15	C	Flujo estable

Fuente: Elaboración propia

De los 4 accesos que tiene el punto 1, el nivel de servicio más crítico de los accesos será el nivel de servicio de la intersección.

Es decir; el nivel de servicio de la intersección de la Av. San Luis y Calle Sin Nombre es “C” (flujo estable).

Y la capacidad real será la menor de los accesos pertenecientes a la Av. San Luis y Calle Sin Nombre, ya que a mayor capacidad mejores condiciones de circulación, y a menor capacidad menores condiciones de fluidez en la vía, es así que escogemos el valor más crítico para la intersección; que para este caso será = 305 veh/h.

3.3.3. TABLA DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Se presentan las tablas resumen de los resultados de la determinación de las capacidades y niveles de servicio de para todos los puntos de estudio.

Las capacidades reales de los puntos de estudio, calculadas en base a los porcentajes medios de vehículos que ingresan a la intersección y realizan giros izquierda, derecha o siguen de frente, también influye el factor por paradas y el ancho de acceso de la vía.

La capacidad real es aquella que la vía puede llevar bajo las características geométricas propias de cada intersección y las condiciones porcentuales regulares de las maniobras que realizan en la misma.

Y el nivel de servicio que es hallado de tablas a partir de la relación volumen/capacidad.

El desarrollo del cálculo de cada intersección se puede observar en Anexos.

Tabla 3.62. Tabla resumen de resultados de la capacidad y nivel de servicio de los 38 puntos de estudio

Punto de estudio No	Intersección de estudio	Capacidad real veh/h	Nivel de servicio
1	Av. San Luis – Calle Sin Nombre	305	C
2	Av. San Luis – Calle Florencio Alvarado	281	C
3	Av. Jaime Rollano – Calle 10 de Noviembre	244	B
4	Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado	226	D
5	Calle Fortín Campero – Calle Villamontes	152	C
6	Av. Jaime Paz Zamora – Calle Juan de Dios Trigo	873	D
7	Av. Moreno – Calle Julio Lafaye	323	B
8	Av. Panamericana – Calle Ayacucho	784	C
9	Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro	569	B
10	Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre	318	D
11	Av. Defensores del Chaco – Calle Rodolfo Meyer	936	D

12	Av. Las Américas – Calle Carlos Lazcano	544	F
13	Calle Humberto Echazu – Calle Bernardo Navajas	234	C
14	Av. La Paz – Calle Ingavi	313	F
15	Av. Domingo Paz – Calle Méndez	394	F
16	Calle Colon – Calle Bolívar	398	E
17	Calle Ingavi – Calle Sucre	736	E
18	Calle Juan Misael Saracho – Calle 15 de Abril	344	E
19	Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla	268	E
20	Av. Las Américas – Calle Suipacha	224	E
21	Calle Delgadillo – Calle Alejandro del Carpio	379	E
22	Calle de Abril – Calle Junín	394	F
23	Av. Las Américas – Calle O'connor	231	F
24	Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo	204	D
25	Calle Hermanos Ruiloba – Calle Valencia	323	B
26	Calle Toledo – Calle Jaramillo	306	B
27	Av. Héroes de la Independencia – Av. 6 de Agosto	186	E
28	Av. 6 d Agosto – Av. San Antonio	241	B
29	Av. San Antonio – Av. Erque	480	B
30	Av. Sama – Av. Caña	338	B
31	Av. Circunvalación – Av. Integración	1228	E
32	Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina	919	E
33	Av. Circunvalación – Av. Mejillones	579	F
34	Av. Circunvalación – Calle Colón	575	F
35	Av. Circunvalación – Av. San Bernardo	701	F
36	Av. Circunvalación – Av. La Paz	612	F
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda	440	F
38	Calle Daniel Campos – Calle Corrado	392	F

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.63. Cuadro comparativo capacidad vs nivel de servicio de las intersecciones más críticas por distrito

N°	Calles o intersecciones	Capacidad real veh/h	Nivel de servicio
Distrito 1			
19	Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla	268	E
Distrito 2			
38	Av. Circunvalación – Calle Corrado	392	F
Distrito 3			
22	Calle 15 de Abril – Calle Junín	394	F
Distrito 4			
15	Av. Domingo Paz – Calle Méndez	394	F
Distrito 5			
23	Av. Las Américas – Calle O'connor	231	F
Distrito 6			
31	Av. Circunvalación – Av. Integración	1228	E
Distrito 7			
32	Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina	919	E
Distrito 8			
34	Av. Circunvalación – Calle Colón	575	F
Distrito 9			
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda	440	F
Distrito 10			
10	Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre	318	D
Distrito 11			
4	Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado	226	D
Distrito 13			
24	Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo	226	D

Fuente: Elaboración propia

3.3.4. ANALISIS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Una vez efectuado el estudio de la capacidad y nivel de servicio en las intersecciones de las calles urbanas, se observó que circulan diversidad de vehículos automóviles vagonetas, furgonetas, camionetas, taxis, taxitrufis micros, también se observó maquinaria pesada en

su mayoría perteneciente al Servicio Departamental de Caminos. El transporte que circula por las calles urbanas es tanto público como privado.

Capacidad

Analizando la capacidad de nuestros 38 puntos de estudio, obtuvimos valores máximos mínimos y medios, como capacidad mínima tenemos al punto de estudio número 5 la intersección calle Fortín Campero – Calle Villamontes con una capacidad de 152 veh/h, como capacidad máxima tenemos al punto de estudio número 31 la intersección Avenida Circunvalación – Avenida Integración con una capacidad de 1228 veh/h y como capacidad media tenemos al punto de estudio número 37 la intersección Avenida Circunvalación y Avenida Gamoneda.

Tabla 3.64. Tabla capacidad máxima, media y mínima

Capacidad Mínima		
5	Calle Fortín Campero – Calle Villamontes	152
Capacidad Media		
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda	440
Capacidad Máxima		
31	Av. Circunvalación – Av. Integración	1228

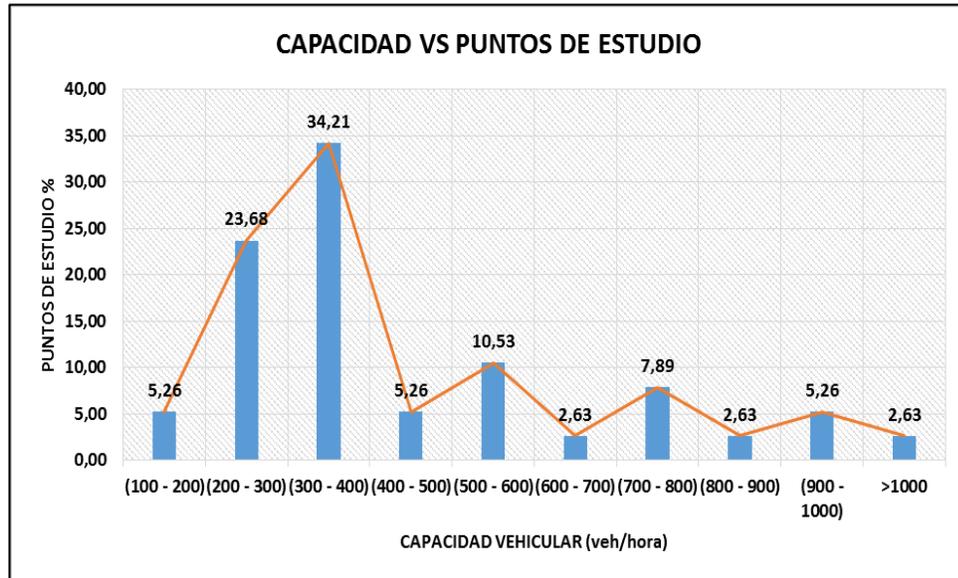
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.65. Tabla capacidad de menor a mayor

Punto de estudio No	Intersección de estudio	Capacidad real veh/h
5	Calle Fortín Campero – Calle Villamontes	152
27	Av. Héroes de la Independencia – Av. 6 de Agosto	186
24	Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo	204
20	Av. Las Américas – Calle Suipacha	224
4	Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado	226
23	Av. Las Américas – Calle O'connor	231
13	Calle Humberto Echazu – Calle Bernardo Navajas	234
28	Av. 6 d Agosto – Av. San Antonio	241
3	Av. Jaime Rollano – Calle 10 de Noviembre	244
19	Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla	268

2	Av. San Luis – Calle Florencio Alvarado	281
1	Av. San Luis – Calle Sin Nombre	305
26	Calle Toledo – Calle Jaramillo	306
14	Av. La Paz – Calle Ingavi	313
10	Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre	318
7	Av. Moreno – Calle Julio Lafaye	323
25	Calle Hermanos Ruiloba – Calle Valencia	323
30	Av. Sama – Av. Caña	338
18	Calle Juan Misael Saracho – Calle 15 de Abril	344
21	Calle Delgadillo – Calle Alejandro del Carpio	379
38	Calle Daniel Campos – Calle Corrado	392
15	Av. Domingo Paz – Calle Méndez	394
22	Calle de Abril – Calle Junín	394
16	Calle Colon – Calle Bolívar	398
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda	440
29	Av. San Antonio – Av. Erque	480
12	Av. Las Américas – Calle Carlos Lazcano	544
9	Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro	569
34	Av. Circunvalación – Calle Colón	575
33	Av. Circunvalación – Av. Mejillones	579
36	Av. Circunvalación – Av. La Paz	612
35	Av. Circunvalación – Av. San Bernardo	701
17	Calle Ingavi – Calle Sucre	736
8	Av. Panamericana – Calle Ayacucho	784
6	Av. Jaime Paz Zamora – Calle Juan de Dios Trigo	873
32	Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina	919
11	Av. Defensores del Chaco – Calle Rodolfo Meyer	936
31	Av. Circunvalación – Av. Integración	1228

Fuente: Elaboración propia

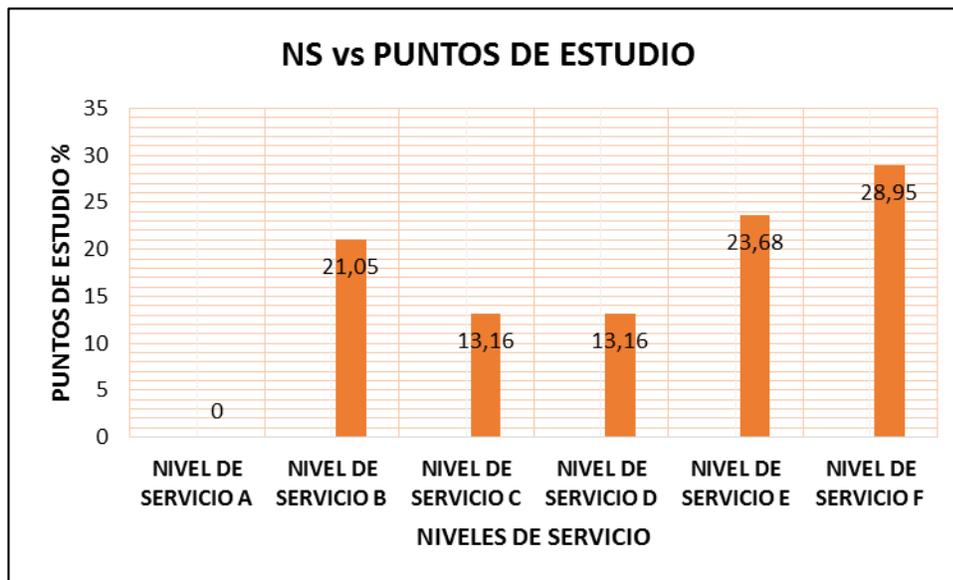
Figura 3.83. Capacidades vs puntos de estudio

Fuente: Elaboración propia

Hay una tendencia creciente en las capacidades manteniéndose la mayoría entre los rangos de 150 veh/h a 612veh/h, disparándose 7 capacidades de 700 veh/h pasando los 1228 veh/h.

Nivel de Servicio

Realizados los cálculos para la determinación del nivel de servicio de nuestros puntos de estudio, pudimos determinar que de los 38 puntos, 8 puntos tienen un nivel de servicio B presentando un flujo estable, 5 puntos tienen un nivel de servicio C presentando un flujo estable, 5 puntos tienen un nivel de servicio D presentando un flujo próximo al inestable, 9 puntos tienen un nivel de servicio E presentando un flujo inestable y por último 11 puntos tienen un nivel de servicio F presentando un flujo forzado.

Figura 3.84. Niveles de servicio vs puntos de estudio

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que en nuestras intersecciones no existe ninguna con nivel de servicio A, siendo este el nivel que cuenta con condiciones de circulación libre, comodidad física y psicológica para los conductores. Nuestras intersecciones están repartidas en mayor cantidad al flujo inestable y flujo forzado y en menor cantidad a un flujo estable.

Figura 3.66. Tabla de resultados nivel de servicio A

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
-	-	A

Fuente: Elaboración propia

Tenemos 8 intersecciones con nivel de servicio B y 5 intersecciones con nivel de servicio C, estos niveles están dentro del flujo estable, sus condiciones disminuyen un poco al anterior nivel en cuanto a las maniobras porque ya existe la presencia de otros usuarios.

Figura 3.67. Tabla de resultados nivel de servicio B

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
3	Av. Jaime Rollano – Calle 10 de Noviembre	B
7	Av. Moreno – Calle Julio Lafaye	B
9	Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro	B
25	Calle Hermanos Ruiloba – Calle Valencia	B
26	Calle Toledo – Calle Jaramillo	B
28	Av. 6 de Agosto – Av. San Antonio	B
29	Av. San Antonio – Av. Erque	B
30	Av. Sama – Av. Caña	B

Fuente: Elaboración propia

Figura 3.68. Tabla de resultados nivel de servicio C

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
1	Av. San Luis – Calle Sin Nombre	C
2	Av. San Luis – Calle Florencio Alvarado	C
5	Calle Fortín Campero – Calle Villamontes	C
8	Av. Panamericana – Calle Ayacucho	C
13	Calle Humberto Echazu – Calle Bernardo Navajas	C

Fuente: Elaboración propia

Tenemos 5 intersecciones con nivel de servicio D, próximos al flujo inestable quedando las libertades de maniobras restringidas, la comodidad del conductor o peatón son bajos.

Figura 3.69. Tabla de resultados nivel de servicio D

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
4	Av. Coronel Guillermo Beltrán – Calle Mercado	D
6	Av. Jaime Paz Zamora – Calle Juan de Dios Trigo	D
10	Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre	D
11	Av. Defensores del Chaco – Calle Rodolfo Meyer	D
24	Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo	D

Fuente: Elaboración propia

Contamos con 9 intersecciones de nivel de servicio E, existiendo un aumento con el anterior nivel de servicio, la libertad de maniobras es muy difícil, la comodidad del conductor o peatón son extremadamente bajos causando frustración en ellos.

Figura 3.70. Tabla de resultados nivel de servicio E

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
16	Calle Colon – Calle Bolívar	E
17	Calle Ingavi – Calle Sucre	E
18	Calle Juan Misael Saracho – Calle 15 de Abril	E
19	Av. Víctor Paz Estensoro – Calle Sevilla	E
20	Av. Las Américas – Calle Suipacha	E
21	Calle Delgadillo – Calle Alejandro del Carpio	E
27	Av. Héros de la Independencia – Av. 6 de Agosto	E
31	Av. Circunvalación – Av. Integración	E
32	Av. Circunvalación – Av. Froilán Tejerina	E

Fuente: Elaboración propia

Por último tenemos 11 intersecciones con nivel de servicio F, siendo estas las intersecciones más críticas con condiciones de flujo forzado, corresponde a la congestión, se irán formando una cola de vehículos q avanzaran lentamente esta situación se torna inaceptable.

Figura 3.71. Tabla de resultados nivel de servicio F

Punto de estudio	Intersección de estudio	Nivel de servicio
12	Av. Las Américas – Calle Carlos Lazcano	F
14	Av. La Paz – Calle Ingavi	F
15	Av. Domingo Paz – Calle Méndez	F
22	Calle de Abril – Calle Junín	F
23	Av. Las Américas – Calle O'connor	F
33	Av. Circunvalación – Av. Mejillones	F
34	Av. Circunvalación – Calle Colón	F
35	Av. Circunvalación – Av. San Bernardo	F
36	Av. Circunvalación – Av. La Paz	F
37	Av. Circunvalación – Av. Gamoneda	F

38	Calle Daniel Campos – Calle Corrado	F
----	-------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Mediante esta actualización se llegó a determinar la capacidad vehicular y nivel de servicio de las calles urbanas de Tarija en los puntos de estudio, siendo la capacidad vehicular mínima de 152 veh/hora y la máxima de 1228 veh/hora y un nivel de servicio mínimo B y un máximo F, los mismos datos que servirán de guía para los próximos estudios que se realicen.
- En la geometría de los puntos de estudio existe una diferencia en cuanto a las medidas de los accesos, siendo la máxima 10,5 m. y la mínima 2,55m.
- La señalización horizontal en la mayoría de los puntos de estudio no existe y los pocos puntos de estudio q cuentan con la señalización están en mal estado. La señalización vertical también es escasa pero en los puntos de estudio q existe dicha señalización está en buen estado.
- En los puntos de estudio obtuvimos porcentajes de giro izquierda siendo el máximo 86,83% y el mínimo 0,29%. Porcentajes de giro derecha siendo el máximo 100% y el mínimo 0.20%.
- En los puntos de estudio obtuvimos porcentajes de vehículos pesados siendo el máximo 34,85% y el mínimo 1,02%.
- En el distrito 1 tenemos la intersección Av. Victor Paz Estensoro y Calle Sevilla con una capacidad vehicular de 268 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 0 a 300 veh/h, se escogió el color verde para este rango por tanto el distrito 1 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 2 tenemos la intersección Calle Daniel Campos y Calle Corrado con una capacidad vehicular de 392 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color amarillo para este rango por tanto el distrito 2 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 3 tenemos la intersección Av. Las Américas y Calle Suipacha con una capacidad vehicular de 224 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 0 a

300 veh/h, se escogió el color verde para este rango por tanto el distrito 3 contara con este color en el mapeo de capacidades.

- En el distrito 4 tenemos la intersección Av. Domingo Paz y Calle Méndez con una capacidad vehicular de 394 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color amarillo para este rango por tanto el distrito 4 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 5 tenemos la intersección Av. Las Américas y Calle O'connor con una capacidad vehicular de 231 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 0 a 300 veh/h, se escogió el color verde para este rango por tanto el distrito 5 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 6 tenemos la intersección Av. Circunvalación y Av. Integración con una capacidad vehicular de 1228 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 900 veh/h en adelante, se escogió el color rojo para este rango por tanto el distrito 6 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 7 tenemos la intersección Av. Circunvalacion y Av. Froilan Tejerina con una capacidad vehicular de 919 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 900 veh/h en adelante, se escogió el color rojo para este rango por tanto el distrito 7 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 8 tenemos la intersección Av. Circunvalación y Calle Colón con una capacidad vehicular de 575 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color amarillo para este rango por tanto el distrito 8 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 9 tenemos la intersección Av. Circunvalación y Av. Gamoneda con una capacidad vehicular de 440 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color amarillo para este rango por tanto el distrito 9 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 10 tenemos la intersección Av. Octavio Campero Echazu – Calle Nivardo Aguirre con una capacidad vehicular de 318 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color amarillo para este rango por tanto el distrito 10 contara con este color en el mapeo de capacidades.

- En el distrito 11 tenemos la intersección Calle Fortín Campero – Calle Villamontes con una capacidad vehicular de 152 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 0 a 300 veh/h, se escogió el color verde para este rango por tanto el distrito 11 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 13 tenemos la intersección Av. Héroes de la Independencia y Av. 6 de Agosto con una capacidad vehicular de 186 veh/h la cual se encuentra entre los rangos de 300 a 600 veh/h, se escogió el color verde para este rango por tanto el distrito 13 contara con este color en el mapeo de capacidades.
- En el distrito 1 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Víctor Paz Estensoro y Calle Sevilla, con un nivel de servicio E, se escogió el color naranja para caracterizar este nivel por tanto el distrito 1 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 2 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Calle Daniel Campos y Calle Corrado, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 1 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 3 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Calle 15 de Abril y Calle Junín, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 3 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 4 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Domingo Paz y Calle Méndez, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 4 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 5 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Las Américas y Calle O'connor, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 5 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 6 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Circunvalación y Av. Integración, con un nivel de servicio E, se escogió el color

naranja para caracterizar este nivel por tanto el distrito 6 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.

- En el distrito 7 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Circunvalación y Av. Froilan Tejerina, con un nivel de servicio E, se escogió el color naranja para caracterizar este nivel por tanto el distrito 7 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 8 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Circunvalación y Calle Colón, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 8 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 9 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Circunvalación y Av. Gamoneda, con un nivel de servicio F, se escogió el color rojo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 9 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 10 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Octavio Campero Echazu y Calle Nivardo Aguirre, con un nivel de servicio D, se escogió el color amarillo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 10 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 11 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Coronel Guillermo Beltrán y Calle Mercado, con un nivel de servicio D, se escogió el color amarillo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 11 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.
- En el distrito 13 tenemos el nivel de servicio más crítico en la intersección Av. Los Ceibos – Av. Horacio Aramayo, con un nivel de servicio D, se escogió el color amarillo para caracterizar este nivel por tanto el distrito 13 contara con este color en el mapeo de niveles de servicio.

4.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear las siguientes medidas de solución:

- El estado de algunas calles que no cuentan con pavimento impide el flujo vehicular normal, presentando un manejo problemático. Sobre todo en las intersecciones Av. San Luis – Calle S/N Av. La Paz, Av. Moreno – Calle Julio Lafaye, Av. Tomas O'Connor Darlach – Calle Mario Estensoro y la Av. San Antonio – Av. Erque. Es así que se recomienda la pavimentación completa de las intersecciones.
- Los valores obtenidos con este estudio de las calles urbanas de la ciudad de Tarija, deben ser tomados en cuenta para determinar parámetros en dichas calles y de esta manera, permita brindar herramientas para el planeamiento o dimensionamiento de las calles o para implementos que se quieran realizar a futuro.
- Se recomienda que en los próximos años no deben incrementarse nuevas líneas de micros y taxitrufis, ni mucho menos que pasen por las calles y zonas que estén congestionadas. Y si la demanda lo solicita crear nuevas líneas de micros y taxitrufis que pasen por rutas alternas.
- Se debe realizar la colocación de señalización vertical como ser: ceda el paso, velocidad maxima, no estacionar, en todas aquellas calles donde no se dispone de éstas, con el propósito de regular el flujo vehicular.
- Ejecutar las señales horizontales de Cruce de peatones, líneas de parada, y no estacionar en las intersecciones que no se dispone de ellas y en las que sí; realizar acciones preventivas para mantener su condición visible tanto diurna como nocturna con la reflectividad necesaria.
- Establecer señales verticales de presencia de paradas de micros o ómnibus del transporte público, en forma recomendable no cerca de la intersección sino más bien a 20 o 25 m. de las intersecciones para no generar congestiones.
- Realizar un control estricto del estacionamiento próximo a las intersecciones, ya que, en aquellas más conflictivas, es el principal factor que afecta a la capacidad real de la vía.
- En la toma de datos de aforo realizado en los puntos de estudio establecidos, se pudo evidenciar que en el flujo vehicular el mayor porcentaje de vehículos que

circulan por calles y avenidas de la ciudad de Tarija, pertenece al transporte público, es decir micros, taxis, taxi-trufis, quienes además realizan maniobras peligrosas como las detenciones bruscas, el ascenso y descenso de pasajeros en la vía, salidas y entradas en las paradas de manera sorpresiva, etc. Por lo que se debería plantear rutas exclusivamente para este tipo de vehículos para así brindar comodidad al resto de los usuarios de la vía como ser transporte privado como también los usuarios peatones.

- En cuanto al comportamiento de los usuarios es deficiente, en primer lugar, debido al desconocimiento de las normas de tránsito y otro al incumpliendo de las normas de tránsito que nos rigen, por ello se debe hacer campañas educativas tanto para usuarios peatones, como para usuarios conductores de manera que se logre concientizar a dicha población de la responsabilidad que tienen.
- Tanto la Dirección Departamental de Tránsito de Tarija como la unidad encargada de Transporte de la Honorable Alcaldía Municipal deben proyectar con fines educativos e informativos, spots por los diversos medios de comunicación donde se visualice la falta de educación vial y las consecuencias que ello lleva.

BIBLIOGRAFIA

Administradora Boliviana de Carreteras (2007) *Manual de dispositivos de control de tránsito*. (Tercera Edición).

Bolivia: APIAXXI

Administradora Boliviana de Carreteras (1990) *Manual y normas para el diseño geométrico de carreteras*. (Segunda Edición).

Bolivia: APIAXXI

Álvarez, L. E. (1976) *Ingeniería de Tránsito*. Escuela de Ingeniería Universidad de Chile. (Segunda Edición)

Chile: MSA

Cal, R., Reyes, M., & Cardenas, J. (1994). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: ALFAOMEGA.

Carlos, K., Victor, S. B., & Juan, G. O. (1995). *Elementos de la Ingeniería de Tráfico*. Madrid, España: RUGARTE S.L.

Organización de los Estados Americanos. (1991). *Manual interamericano de señalización vial para el control del tránsito en calles y carreteras*. (Segunda Edición).

Colombia: GUV.

Tapia, J., & Romel, V. (2006). Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de la Asignatura de Ingeniería de Tráfico. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.