

CAPITULO I INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La gran necesidad de buenos caminos en nuestro país debido al incremento vehicular, requiere que se de atención preferentemente al aspecto operacional de las vías, a fin de lograr una mayor distancia de recorrido en el menor tiempo posible, así como a la vez una mayor duración de la vía. En los últimos años se agrava el problema del tránsito yesnecesario estudiar otro aspecto conocido como la ingeniería del tráfico que es una rama de la ingeniería que trata de la parte funcional de la vía. Está referido a los problemas que se pueden presentar en el tránsito vehicular como los accidentes y congestionamiento vehicular.

La distribución espacial de volúmenes generalmente resulta del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, las distribuciones temporales de volúmenes de tráfico son el producto de estilos y formas de vida, lo que hace que establezcan patrones de viajes basados en el tiempo, donde la velocidad se manifiesta siempre como una respuesta al deseo humano. En este sentido la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizados para medir la calidad de operación a través de un sistema de transporte, donde los conductores miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. Se sabe bien que para la selección de una ruta específica, para ir de un origen a un destino consiste en la minimización de la demora, lo cual da por resultado una buena velocidad y que a la vez esta sea segura.

Con los rápidos progresos en la ingeniería automotriz y la expansión de los sistemas viales, el concepto de velocidad ha cambiado. A través de los años las velocidades se van incrementando y no se prevé que se vaya a estabilizar, desde la aparición de vehículos a motor se ha encontrado la necesidad del incremento de la velocidad de circulación lo cual que lleva a un gran impacto en cuanto a accidentes.

En este trabajo se estudia el Impacto en el tráfico que provoca la puesta en servicio del puente Bicentenario en la ciudad de Tarija, en cuanto a la capacidad, nivel de servicio, y

comportamiento del tráfico vehicular en un estado actual con un estado anterior de años atrás donde no estaba en servicio el puente.

En base a datos de estudios de tráfico anteriores en la avenida Víctor paz y las rotondas que intersectan la avenida Víctor Paz con los Puentes San Martín y Bicentenario, donde se puede hallar los datos de velocidades, volúmenes de tráfico y Capacidad (nivel de servicio).

Para un estudio de un tráfico actual y elaborar una comparación en base a datos anteriores, con objeto de ver el impacto provocado actualmente.

1.2 JUSTIFICACION

Teniendo en cuenta el desarrollo económico y el mejoramiento de la seguridad en viajes por la ciudad de Tarija, cada vez se incrementa el número de transportes que se mueven por las vías de nuestro departamento, haciendo necesario brindar un viaje cómodo a los usuarios, lo que con lleva al análisis de tráfico vehicular para ver el impacto que produce la puesta en servicio del puente Bicentenario, para comparar si se produce una mejora en cuanto al congestionamiento, velocidades de circulación, nivel de servicio, tiempos de viaje en las vías que están relacionadas con el puente Bicentenario.

En las urbanizaciones de considerable magnitud el tráfico vehicular se encuentra en casi todas las actividades diarias de la población, ocasionando numerosos fenómenos que destacan en el congestionamiento y demoras vehiculares.

En este estudio nos enfocamos en el impacto provocado por la puesta en servicio del puente bicentenario de Tarija, a la avenida Víctor Paz Estensoro específicamente al tramo y rotondas en intersección a los puentes San Martín y Bicentenario.

Observando con atención las zonas que fueron afectadas por la puesta en servicio del puente Bicentenario en cuanto al flujo de tráfico, teniendo como puntos de estudio para análisis las rotondas:

Rotonda en intersección Avenida Víctor Paz, Puente Bicentenario y calle Sucre, donde el tráfico proviene de zonas de Senac, Avenida Víctor Paz y calle Sucre, que tiene por objetivo movilizarse a zonas como el centro de Tarija, la terminal, campos de deportivos de la García Agreda, zona de Tabladita y Senac, es decir, el tráfico vehicular que circula por el puente bicentenario.

Por otra parte, Rotonda en intersección Avenida Víctor Paz, Puente San Martín y calle 15 de abril, donde el tráfico es proveniente de la zona de Senac, Tabladita y demás barrios que tienen por objetivodirigirse a la zona central de Tarija, es el tráfico vehicular que circula por el puente san Martín y se dirige por la avenida Víctor Paz.

El presente estudio pretende analizar el comportamiento de los parámetros de velocidad, volumen, capacidad y nivel de servicio, en base a estudios realizados con anterioridad en los tramos ya mencionados para poder observar el comportamiento del tráfico por la puesta en servicio de un puente, tomando en cuenta el porcentaje de mejora que se produciría en cuanto a la disminución de velocidades de circulación, mayores volúmenes de circulación por hora, mayor capacidad y un mejor nivel de servicio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis comparativo del tráfico vehicular en la Avenida Víctor Paz, rotondas puentes San Martín y fuente de Los Deseos para establecer la incidencia en el comportamiento del tráfico por la puesta en servicio del **PUENTE BICENTENARIO** y evaluar si se han mejorado las condiciones del tráfico en la vía en estudio.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos que permiten llegar al objetivo general del presente estudio son:

- Estudiar los aspectos generales de la ingeniería del tráfico para establecer las condiciones necesarias para realizar una buena evaluación de la vía en estudio.
- Establecer cuál es la metodología adecuada para analizar el comportamiento del flujo vehicular en la zona de estudio, de manera que sea aplicable.
- Detallar cada aplicación de la metodología como ser: volúmenes de máxima demanda, velocidad de punto, capacidad o flujo máximo y determinación de los niveles de servicio.
- Detallar en los resultados conforme a datos históricos en un estado cuando el puente no se encontraba en servicio, tomando en cuenta los volúmenes de

circulación, las velocidades, capacidad y niveles de servicio en comparación con datos actuales donde el puente Bicentenario se encuentra trabajando.

- Establecer conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

1.4 ALCANCE

A continuación se describen, de manera breve, tanto los temas tratados en cada capítulo, como su articulación en una secuencia lógica y metodológica que facilita la comprensión de los mismos:

El estudio contiene una breve introducción al estudio sobre antecedentes de tráfico, para un buen estudio de tráfico a las zonas que incide la puesta en servicio del puente bicentenario de la ciudad de Tarija, se ha tomado en cuenta a datos históricos de la zona de estudio, donde se plantea elaborar una comparación en base a datos históricos y datos actuales con el fin de ver el impacto provocado actualmente.

En cuanto a la justificación del estudio sobre la incidencia del tráfico por la puesta en servicio del Puente Bicentenario de la ciudad de Tarija, donde se hace un enfoque en el impacto en las zonas afectadas como ser: Avenida Víctor Paz Estensoro y las rotondas que interceptan: Puentes Bicentenario con la avenida Víctor Paz , Puente San Martín con la Avenida Víctor Paz, donde se destaca que se pretende analizar el comportamiento de los parámetros de velocidad, volumen, capacidad y nivel de servicio.

En la parte de los objetivos perseguidos, el objetivo general es de realizar un análisis comparativo en base a datos históricos y mediciones actuales del tráfico vehicular para establecer la incidencia en el comportamiento del tráfico, en cuanto a objetivos específicos estudiar aspectos generales de la ingeniería de tráfico, establecer metodologías para analizar el flujo vehicular, detallar aplicaciones de las metodologías de volúmenes, velocidades, capacidades y niveles de servicio, elaborar conclusiones y recomendaciones del estudio.

El alcance correspondiente al capítulo II en aspectos generales de la ingeniería de tráfico se tomará en cuenta conceptos de la ingeniería de tráfico generales, función de la ingeniería de tráfico, organización de la ingeniería de tráfico, elementos fundamentales del tráfico, características de vehículos en cuanto a peso, velocidad, características de los usuarios, tipos de usuarios como ser peatón y conductor, parámetros fundamentales como la

velocidad, volumen e intensidad, densidad, conceptos generales de capacidad y nivel de servicio, los diferentes niveles de servicio y características de la capacidad, con el fin de tener un entendimiento básico y general empezar a reconocer variables del estudio.

El alcance perteneciente al capítulo III en los parámetros del comportamiento del tráfico se verán las metodologías más usadas para la elaboración de estudios de tráfico, donde se estudiará los volúmenes de tráfico, tipos de volúmenes, así mismo los diferentes métodos de aforo de volúmenes, se estudiará también volúmenes para poder elaborar horas de máxima demanda, y volúmenes de tránsito futuros, aspectos sobre la velocidad, como ser definición, tipos de velocidades, con su respectiva lectura de velocidades, para la capacidad vehicular, el cual están en base de los volúmenes para su respectivo estudio, se estudiará criterios de análisis de capacidad y nivel de servicio, los factores que provocan cambios en la capacidad, las condiciones que definen los niveles de servicio y la relación existente entre capacidad y nivel de servicio.

En la aplicación práctica es lo referente al capítulo IV que contiene: Ubicación del área de estudio donde se detallará las coordenadas, ubicación del estudio en cuanto a zona, provincia, departamento y país, en las características del área de estudio se determinará los accesos e intersecciones en los tramos de estudio, en el cual se identificará en las intersecciones de calles y accesos, coordenadas, direcciones de los flujos que afectan en el estudio, se logró obtener datos históricos por medio de estudios ya elaborados en el área, para la recolección de datos para el estudio y se procederá al aforo de volúmenes, mediante el cual por el periodo de un día para establecer horas picos para proceder a aforos manual de volúmenes máximos en los diferentes tramos de estudio, para las mediciones de velocidades de punto en los diferentes tramos del área de estudio tomando en cuenta que se procedió de forma manual en las horas de máxima demanda, en el procesamiento de datos se determinará los volúmenes máximos y velocidades de punto por medio de depuraciones de los datos, luego de definidos estos valores en las rotondas y la avenida se procederá a determinar las capacidades y niveles de servicio, tomando en cuenta el ancho de la vía y usando las tablas de la HCM para determinar la capacidad ideal y por medio de los factores de reducción tanto de giros izquierda como derecha y del porcentaje de volúmenes

pesadosse determinará la capacidad real de los accesos y puentes, se llevará a cabo un análisis comparativo de los volúmenes máximos y velocidades para ver el porcentaje de afectación producido en cuanto a datos históricos, un análisis comparativo de capacidades y niveles de servicio en base a datos históricos, luego se planteara sus resultados en porcentajes y por medios de gráficos para su mayor entendimiento..

El alcance del capítulo V contemplará las conclusiones a las que se llegaran luego de haber concluido el estudio “IMPACTO EN EL TRAFICO POR LA PUESTA EN SERVICIO DEL PUENTE BICENTENARIO EN LA CIUDAD DE TARIJA”, observando cuales de los objetivos se realizaron de forma exitosa, además de especificar las posibles recomendaciones, con las cuales se podrá verificar cuanto es la incidencia del puente después de puesta en servicio.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO

2.1 DEFINICION

Ingeniería de Tráfico: Se define como la rama de la ingeniería que trata del planeamiento, el proyecto geométrico y explotación de las redes viarias, instalaciones auxiliares (aparcamientos, terminales, etc.) y zonas de influencia así como su relación con otros medios de transporte.

2.2 FUNCION DE LA INGENIERA DE TRÁFICO

2.2.1 DEFINICION Y COMPETENCIA

El objetivo principal de la Ingeniería de Tráfico es conseguir que la circulación sea segura, rápida y económica. La Ingeniería de Tránsito analiza lo siguiente:

En las características del tránsito 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.

El señalamiento y dispositivos de control tiene la función determinar los proyectos, construcción, conservación y uso de las señales.

La administración se utiliza para tener buenos resultados se debe considerar varios aspectos tales como: económicos, políticos, fiscales, de relaciones públicas, de sanciones, etc.

2.2.2 PLANEAMIENTO

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.

2.2.3 ORGANIZACIÓN DE LA INGENIERIA DE TRÁFICO

- Planificación de tráfico y transporte.
- Señalización y regulación semafórica.
- Dirección e ingeniería de tráfico.
- Evaluación y asesoramiento del impacto de tráfico.
- Simulación y modelamiento de transporte.
- Planes de transporte público.
- Política y planificación de aparcamientos.
- Proyectos de peatonalización y ciclo rutas.
- Sistemas de transporte inteligente
- Seguridad vial.
- Análisis financiero y económico de transporte.
- Encuestas e investigación de transporte.

2.3 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO

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



El Usuario, el Vehículo y la Vía o Vialidad

2.3.1 CARACTERISTICAS DE LOS VEHICULOS

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.

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DEL VEHICULO DE PROYECTO

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo. Los vehículos se clasifican en 2:

- Vehículos ligeros o livianos.
- Vehículos pesados (Camiones y autobuses).

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

- Intersecciones menores en zonas residenciales donde el número de vehículos que realizan vueltas no es significativo.
- Intersecciones mayores que dispongan de carriles de estacionamiento y cruces peatonales demarcados, que obliguen el uso de radios pequeños en las esquinas aun aceptables.
- Áreas urbanas con intersecciones a nivel sobre calles arteriales, siempre que se disponga de carriles de cambio de velocidad y que las vueltas de camiones sea ocasional.

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

- Terminales de pasajeros y de cargas.
- Autopistas y arterias rápidas, siempre y cuando sea grande el número de movimientos de vueltas.

2.4 CARACTERISTICAS DE LOS USUARIOS

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

2.4.1 USUARIO CONDUCTOR

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

2.4.2 USUARIO PEATON

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

2.5 PARAMETROS FUNDAMENTALES

2.5.1 VOLUMEN E INTENSIDAD

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

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el día, se define el Volumen de Tráfico Diario (T. D.).

- Si la unidad de tiempo en el tramo es el año, se define el Volumen de Tráfico Anual (*TA.*).

El tráfico anual (*TA.*) y el tráfico diario (*TD.*) están relacionados a la factibilidad y la estadística técnico-económica.

- Si la unidad de tiempo en el tramo es la hora, se define el Volumen de tráfico Horario (*TH.*).

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

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

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

El Tráfico Promedio Diario Anual (*TPDA*) se establece mediante el método de conteo y es el resultado del conteo de vehículos durante 24 hrs. al día durante y los 365 días del año.

Los volúmenes de tráfico (*TPDA*) y (*TPD*), sirven para justificar el diseño, clasificar la categoría de camino y hacer estudios de justificación técnico-económica.

INTENSIDAD.-Es el dato básico para la realización de cualquier estudio de planeamiento y explotación de redes varias, la intensidad de circulación. Para conocerla es necesaria contar o aforar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones de la red. Esta operación puede realizarse manualmente o por medio de aparatos especiales y puede hacerse clasificando más o menos detalladamente los tipos de vehículos que circulan.

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos / Hora y vehículos / día. Cuando se emplea como unidad los vehículos / hora se habla de intensidad horaria, y cuando se utilizan los vehículos / día se habla de la intensidad diaria.

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

Para medirla se realizan aforos en determinadas secciones de la carretera, bien manualmente o automáticamente utilizando aparatos contadores. Estos aforos se realizan durante periodos más o menos largos, y se obtiene así un registro de los valores de la intensidad durante dichos periodos.

La variación de la intensidad a lo largo del tiempo presenta gran importancia. Como valor representativo de la misma durante el periodo de medida, se suele adoptar la intensidad diaria (u horaria si el periodo de medida es menor a un día) media de todas las registradas. Generalmente el periodo de aforo se extiende durante un año, y la intensidad media diaria durante el año (IMD) es la magnitud más utilizada para caracterizar la intensidad en las carreteras, y se puede definir como el número total de vehículos que ha pasado por una sección de la carretera durante un año determinado dividido entre 365.

2.5.2 VELOCIDAD

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

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace la velocidad muy importante en el tránsito es

que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para lo que diseñada la carretera actual y las calles, por lo que la mayor parte de los reglamentos resultan obsoletos.

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

2.5.2 DENSIDAD

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

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

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

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

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

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

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

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

2.6 CONCEPTOS GENERALES DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

Se puede afirmar que en efecto existen ciertas relaciones entre diferentes variables que componen el tráfico. Asimismo, también es cierto que existe alguna posibilidad de análisis matemático, conducido por las investigaciones que han realizado los ingenieros de tráfico así mismo un estudio de tráfico se debe atender los componentes conocidos como: **capacidad y nivel de servicio.**

2.6.1 CAPACIDAD VIAL

Se define como capacidad a una sección de carretera como el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo normalmente de una hora para unas condiciones particulares de lavía y del tráfico. Dicho de otra forma, es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación.

Por lo tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad (cualitativo) del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

2.6.2 NIVEL DE SERVICIO

Se define como una medida de la calidad que la vía ofrece al usuario.

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

- Velocidad a la que se puede circular por ella.
- Tiempo de recorrido, o de otra forma, ausencia de detenciones y esperas.
- Comodidad que experimenta el usuario: ausencia de ruidos, trazados suaves y otros.
- Seguridad que ofrece la vía, tanto activa como pasiva.
- Costes de funcionamiento.

Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que si son cuantificables: la **velocidad de servicio** y el **índice de servicio**.

- a) **Velocidad de servicio:** Se define como la mayor velocidad media de recorrido que puede conseguir un conductor que circule por un tramo de carretera en buenas condiciones meteorológicas y bajo unas determinadas condiciones de tráfico. estadísticamente, es aquella que solo supera el 5% de los vehículos.
- b) **Índice de servicio:** Relación ente intensidad de tráfico y la capacidad de la vía.

Dado un determinado nivel de servicio, se define **intensidad de servicio** como la máxima posible para que se mantenga un determinado nivel de servicio. Caso de superarse, se entraría en un nivel de servicio más bajo.

Donde se definen seis niveles de servicio, estos niveles se hallan de la A, B, C, D, E y F en un orden decreciente de calidad.

CAPITULO III

PARAMETROS DEL COMPORTAMIENTO DEL TRÁFICO

3.1 GENERALIDADES

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico. Se hace necesaria entonces la planeación integral del transporte: integración del transporte y los usos del suelo, la cual debe abordar la relación entre movilidad/accesibilidad y los modelos de crecimiento urbano. Por tanto se ve la necesidad de la realización de estudios, procedimientos de aplicación de las diferentes metodologías y desarrollos en este campo cuyo modelo de crecimiento urbano, se manifiesta en la congestión del tráfico vehicular.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRANSITO Las soluciones se plantean a partir de un análisis de factores que intervienen en el problema del tránsito, enunciaremos a continuación los factores principales que inciden en el planteamiento de soluciones a los problemas del tránsito:

SOLUCIÓN INTEGRAL Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

SOLUCIÓN PARCIAL DE ALTO COSTO Esta solución consiste en realizar cambios necesarios en las vialidades aprovechando al máximo lo que se tiene, cuyos cambios requerirán fuertes inversiones económicas, por ejemplo: ensanchamiento de calles, modificaciones de intersecciones rotatorias, creación de intersecciones canalizadas, sistemas de control automático con semáforos, estacionamientos públicos y privados, etc.

SOLUCIÓN PARCIAL DE BAJO COSTO Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con cambios que requieran poca inversión. En este tipo de solución tiene una gran importancia y participación la reglamentación del tránsito así como la disciplina y educación de parte del usuario.

3.2 VOLUMEN DE TRANSITO

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de tránsito generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos, llenando así una serie de satisfacciones y oportunidades ofrecidas por el medio ambiente circundante. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día.

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

3.2.1 DEFINICION

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

$$Q = \frac{N}{T}$$

Dónde:

Q = Vehículos que pasan por una unidad de tiempo (vehículos / hora)

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

T = periodo determinado (unidad de tiempo)

3.2.2 TIPOS DE VOLUMENES

3.2.2.1 VOLUMENES DE TRÁNSITO ABSOLUTOS O TOTALES

Es el número total de vehículos que pasan durante el lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo determinado, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

Transito anual (TA).-Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso, $T = 1$ año.

Transito mensual (TM).- Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso, $T = 1$ mes.

Transito semanal (TS).- Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso, $T = 1$ semana.

Transito diario(TD).- Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso, $T = 1$ día.

Transito horario (TH).- Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso, $T=1$ hora.

Tasa de flojo o flujo (q).- Es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora. En este caso, $T < 1$ hora.

3.2.2.2 VOLUMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIOS

Se define el volumen de transito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor a un día, dividido entre el número de días de periodo. De acuerdo al número de días de este periodo, se presentan los siguientes volúmenes de transito promedio diarios, dados en vehículos por día:

1. **Transito promedio diario anual (TPDA)** $TPDA = \frac{TA}{365}$
2. **Transito promedio diario mensual (TPDM).** $TPDM = \frac{TM}{30}$
3. **Transito promedio diario semanal (TPDS)** $TPDS = \frac{TS}{7}$

3.2.2.3 VOLUMENES DE TRÁNSITO HORARIOS

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de transito horarios, dados en vehículos por hora:

Volumen horario de máxima demanda (VHMD).- Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular.

Volumen horario de proyecto (VHP).- Es el volumen de transito horario que servirá para determinar las características geométricas de la vialidad.

3.2.3 PROCEDIMIENTO DE AFOROS DE VOLUMENES

Los aforos de volumen realizados en un punto o sección de una vía 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 vía. Los aforos de volumen sirven para efectuar:

- Estudios prioritarios de conservación (mantenimiento)
- Estudios prioritarios de construcción
- Estudios prioritarios de señalización
- Estudios de accidentes en la zona

MÉTODOS DE AFORO

Método manual

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía, 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 o un año.

Método mecánico

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, 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 del 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 vía, 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.

3.2.4 USO DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO

Desde un punto de vista general, se utilizan los datos de volúmenes de tránsito para el estudio en el siguiente campo:

Ingeniería de tránsito

Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades, caracterización de flujos vehiculares, zonificación de velocidades, necesidad de dispositivos para el control de tránsito y estudio de estacionamientos

3.2.5 COMPOSICION DE LOS VOLUMENES DE TRANSITO

La variación de los volúmenes de tránsito por carriles presenta las siguientes características:

- En vías urbanas de 3 o más carriles de operación en un sentido, la mayor velocidad y capacidad se desarrolla en el carril del medio, las paradas de autobuses y los giros a derecha e izquierda hacen que la circulación en los carriles laterales sea más lento.
- En carreteras, el carril cercano a la faja separadora central es utilizado por vehículos más rápidos y para rebases, presenta mayores volúmenes de tráfico en el carril inmediato al acotamiento.
- En autopistas, se presentan mayores volúmenes en el carril cercano a la faja separadora central.

VARIACION DEL VOLUMEN DE TRANSITO EN LA HORA DE MAXIMA DEMANDA

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo periodo máximo. En cualquier de estos casos, es importante conocer la variación del volumen dentro de las horas de máxima demanda y cuantificar la duración de los flujos máximos, para así realizar la planeación de los controles del tránsito para estos periodos durante el día, tales como prohibición de estacionamientos, prohibición de ciertos movimientos de vuelta y disposición de los tiempos de los semáforos.

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que el flujo sea constante toda la hora. Esto significa que existen periodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para la hora de máxima demanda, se llama factor de la hora de máxima demanda, FHMD, a la relación entre el volumen horario de máxima demanda, VHMD, y el flujo máximo, q_{\max} , que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora. Matemáticamente se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(q_{\max})}$$

Dónde:

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda

Los periodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, utilizándose este último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Para periodos de 5 minutos, el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{12(q_{max})}$$

El factor de la hora de máxima demanda es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos durante toda la hora. Valores bastantes menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

3.2.6 VOLUMENES DE TRANSITO FUTURO

PRONÓSTICO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO FUTURO

El tránsito futuro es el volumen de tráfico que tendrá la vía cuando esté completamente en servicio. Está compuesto por el tránsito actual y el incremento del tránsito al año de proyecto.

INDICES DE CRECIMIENTO

Se puede pronosticar también el tránsito futuro mediante índices de crecimiento aplicados a métodos aritméticos y geométricos. El método aritmético se utiliza para poblaciones pequeñas con volúmenes bajos de tráfico, su expresión es la siguiente:

$$TF = TA(1+ni) \quad (3.27)$$

Dónde:

n = número de años

i = tasa o rata de crecimiento

El método geométrico se utiliza para poblaciones con volúmenes de tráfico alto, su expresión es la siguiente:

$$\boxed{TF = TA(1+i)^n} \quad (3.28)$$

3.3 VELOCIDAD

3.3.1 DEFINICIONES

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto. Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$\boxed{v = \frac{d}{t}} \quad (3.1)$$

Dónde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

3.3.2 TIPOS DE VELOCIDADES

3.3.2.1 VELOCIDAD DE PUNTO

Conocida también como velocidad instantánea, es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto específico de una vía. Se presentan dificultades prácticas para la medición de la velocidad de punto ya que la misma por definición se presenta en un tramo de recorrido bastante corto, en la actualidad existen dispositivos de medición de tipo electrónicos y

electromecánicos que facilitan su medición, como ser: tubos neumáticos transversales, radares Doppler,

3.3.3 ESTUDIO DE VELOCIDADES DE PUNTO

Los estudios de velocidad de punto para un tramo específico de una vía, sirven para determinar las características de la velocidad en dicho tramo bajo las condiciones atmosféricas y de tráfico al momento de realizar dicho estudio. Las velocidades agrupadas en un tiempo y espacio dados, presentan un coeficiente de dispersión alto, por lo que pueden representarse mediante una distribución normal de velocidades que es lo que mejor se acomoda al tipo de datos. Los estudios de velocidad de punto se aplican para:

- Determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en un tramo especificado
- Determinar la relación entre accidentes y velocidad que pueda ayudar a tomar medidas de corrección para evitar accidentes
- Establecer límites de velocidad máxima y mínima
- Determinar longitudes en zonas de rebase prohibido
- Localizar y definir los tiempos de semaforización
- Evaluar los resultados de algún cambio efectuado en las condiciones y controles de tránsito existentes
- Evaluar los efectos de las distribuciones de las velocidades reales en las características de los elementos geométricos de la vía.
- Realizar estudios de investigación sobre capacidades, efecto de obstrucciones laterales en la velocidad, teoría de flujo vehicular.

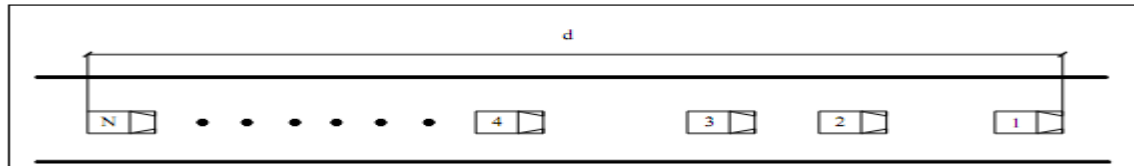
Dada la incertidumbre que se tiene para caracterizar la población total de velocidades a partir de variables basadas en una muestra, y debido a que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad sino más bien se acomodan a una distribución de velocidades dentro de un intervalo de comparación, se debe utilizar la estadística descriptiva y la inferencia estadística en el análisis de los datos de velocidad de punto.

3.3.5 AFORO DE VELOCIDADES

Para el estudio de velocidades de punto se recurre a mediciones en puntos determinados, donde se medirá la velocidad mediante las mediciones de un tramo específico y el tiempo

en el que los vehículos circulan en dicho tramo, donde se puede determinar la tendencia de velocidades de los vehículos en el tramo, por medio de una gran cantidad de muestras.

Las mediciones se las debe elaborar en las horas pico ya determinadas en el estudio de tráfico.



3.4 CAPACIDAD VEHICULAR

3.4.1 PRINCIPIOS Y CONCEPTOS GENERALES

La capacidad se define como el máximo número de vehículos que pueden circular por una vía en un periodo determinado bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. Refleja la habilidad de la vía para acomodar una corriente de movimiento de vehículos. El Nivel de Servicio es una medida de la calidad de fluidez. La Capacidad y Nivel de Servicio estimados son necesarios para la mayoría de las decisiones y acciones en la Ingeniería de Tráfico y Planes de Transportación.

3.4.2 CRITERIOS DE ANALISIS DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

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

$$FHMD = \frac{VHMD}{4(q_{max})}$$

Dónde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

q_{\max} = Flujo máximo durante 15 minutos

Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que puede alojar cierta parte de una carretera o calle; lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad como el principal factor usado para identificar el nivel de servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen, además de la velocidad media de recorrido, dos nuevos factores: la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

En cualquiera de los casos un factor primordial para valorar el grado de utilización de la capacidad de un sistema vial y, por consiguiente, su nivel de servicio, es la relación entre el flujo y la capacidad (q/q_{\max} , v/c), ya sea entre el flujo de demanda y la capacidad, o bien la relación entre el flujo de servicio y la capacidad, según el problema específico. En situaciones donde se conoce la demanda y la capacidad y se desea determinar el nivel de servicio, $q = v$ representa el flujo de demanda. En el caso cuando se conoce la capacidad y se especifica un determinado nivel de servicio, $q = v$ representa el flujo de servicio posible con dicho nivel.

En condiciones ideales, el flujo de servicio siempre será una fracción de la capacidad.

La determinación de estos factores y los procedimientos de análisis están contenidos en los manuales de HCM. Se resalta que el Highway Capacity Manual de 1985 editado por el transportation Research Board de los Estados Unidos, constituye el más extenso trabajo realizado hasta la fecha sobre la capacidad de carreteras y calles, y aunque muchos de los factores pueden corresponder a condiciones específicas de la vialidad en Estados Unidos, se ha utilizado en otros países con resultados muy positivos, y en donde los procedimientos los han permitido, se ha incorporado información de estudios locales, adaptando el Manual a las condiciones propias de cada país.

La capacidad de una infraestructura vial es tan variable como pueden serlo las variables físicas del mismo, o las condiciones del tránsito. Por esta razón, los análisis de capacidad se

realizan aislando las diversas partes del sistema vial, como en tramo recto; un tramo con curvas; un tramo con pendientes; el acceso a una intersección; un tramo de entrecruzamiento; una rampa de enlace; etc.

Para fines de interpretación uniforme y metodológica ordenada, se han establecido los siguientes criterios:

- El flujo y la capacidad, bajo condiciones prevalecientes, se expresan en vehículos mixtos por hora para cada tramo de la carretera o calle.
- El nivel de servicio se aplica a un tramo significativo de la carretera o calle. Dicho tramo, debido a variaciones en el flujo de vehículos o en su capacidad. Las variaciones en capacidad provienen de cambios en anchura, por pendientes, por restricciones laterales, por intersecciones, etc. Las variaciones de flujo se originan por cierta cantidad de vehículos que entran y salen del tramo en ciertos puntos a lo largo de él. El nivel de servicio del tramo debe tomar en cuenta, por lo tanto, el efecto general de estas limitaciones.
- Los elementos usados para medir la capacidad y los niveles de servicio con variables, cuyos valores se obtienen fácilmente de los datos disponibles. Por lo que corresponde a la capacidad, se requieren el tipo de infraestructura vial, sus características geométricas, la velocidad media de recorrido, la composición del tránsito y las variaciones del flujo. Por lo que toca al nivel de servicio, los factores adicionales que se requieren incluyen la densidad, la velocidad media de recorrido, las demoras y la relación flujo a capacidad.
- Por razones prácticas se han fijado valores de densidades, velocidades medias de recorrido, demoras y relaciones de flujo a capacidad, que definen los niveles de servicio para autopistas, carreteras de carriles múltiples, carreteras de dos carriles, calles, intersecciones con semáforos e intersecciones sin semáforo o de prioridad.
- El criterio utilizado para una identificación práctica de los niveles de servicio de las diversas infraestructuras viales, establece que se deben considerar las medidas de eficiencia mostrada en la tabla siguiente.

| Tipo de infraestructura vial | Medidas de eficiencia |
|--|--|
| Autopistas | |
| Segmentos básicos de autopistas | Densidad (Vehículo Ligero / km / carril) |
| Entrecruzamientos | Velocidad media de recorrido (km / h) |
| Rampas de enlace | Tasas de flujo (vehículo Ligero / h) |
| M Carreteras | |
| Multicarriles | Densidad (Vehículo Ligero/ km / carril) |
| De dos carriles | Demora porcentual (%) y velocidad media de recorrido |
| Intersecciones con semáforos | Demora media individual por paradas (seg / veh.) |
| Intersecciones sin semáforos | Capacidad remanente (Vehículo Ligero/ h) |
| Arterias | Velocidad media de recorrido (km / h) |
| Transporte colectivo | Factor de carga (personas / asiento) |
| Peatones | Espacio (m ² / peatón) |

3.4.3 TIPOS DE VIAS DE CAPACIDAD

Para el análisis de este parámetro de tráfico se ha establecido por las entidades investigadoras una sub-división a partir del tipo de vía teniendo los siguientes tipos:

VIAS ININTERRUMPIDAS.- Es cuando no hay elementos externos que detengan el flujo de vehículos.

VIAS INTERRUMPIDAS.- Las vías interrumpidas son aquellas que por la presencia de flujos transversales al flujo principal son interrumpidos en forma periódica en este caso están todas las vías urbanas. Porque normalmente el trazo urbano en las ciudades es de tipo cuadrangular con cuadras cada 100 metros teniendo al final de cada una de ellas una intersección en la que se permite un flujo transversal al flujo principal.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD.- Para determinar la capacidad de vías interrumpidas la ecuación que nos permite es:

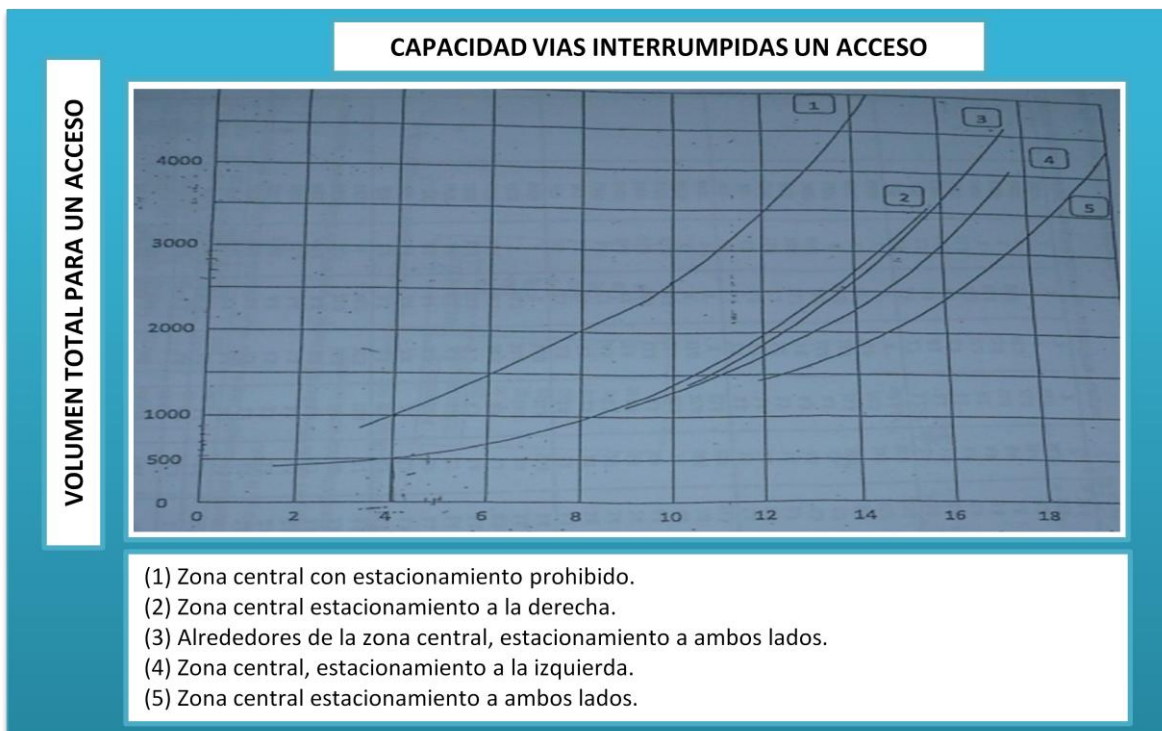
$$C_{Real} = C_{Prac} * Factores\ de\ reduccion$$

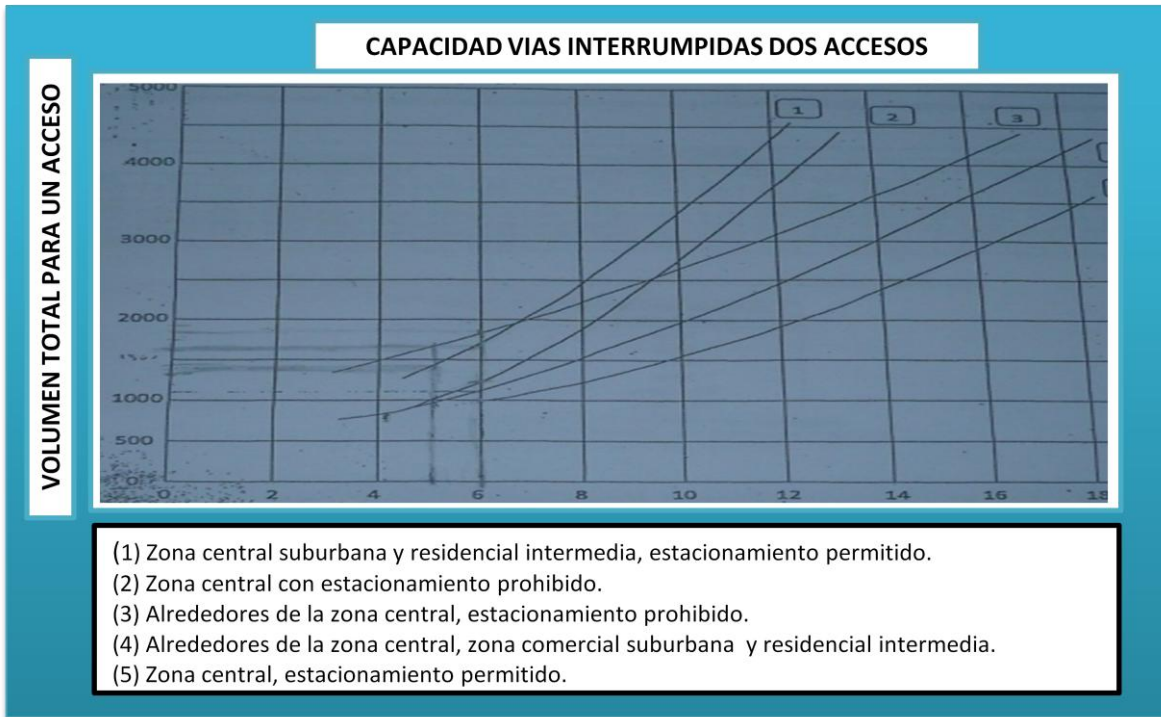
$$C_{Prac} = C_{Ideal} * 0.9$$

La capacidad ideal es aquella capacidad básica que pueda tener una vía urbana que depende básicamente del ancho del acceso, de la presencia de estacionamiento lateral y la posición de la vía respecto al entorno urbano, es decir si están en la zona central, zona intermedia, o zona extremo de la ciudad.

Por medio de la HCM se utiliza gráficos para determinar la capacidad ideal, en el cual se utiliza como dato para su utilización el ancho del acceso para las vías interrumpidas, tanto para un acceso y para dos accesos, es decir de un sentido de circulación y de doble sentido de circulación.

Estos gráficos son utilizados para determinar la capacidad en calles.





3.4.4 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD

En la capacidad existen varios factores que influyen y reducen la capacidad de las calles, de entre ellas la mayoría de las normas han hecho énfasis de las tres más importantes que son:

Vehículos Pesados

Movimientos de giros (izquierda y derecha)

Estacionamientos

En el nivel de servicio se distinguen factores internos y externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc.

Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, la anchura de acotamientos, las pendientes, etc.

3.4.5 CONDICIONES QUE DEFINEN LOS NIVELES DE SERVICIO

La densidad es el parámetro usado para definir los niveles de servicio en secciones básicas de autopista, ya que la misma se incrementa al igual que el flujo hasta la capacidad. Los rangos de densidad, velocidad y flujo para cada nivel de servicio.

3.4.6 TIPOS DE NIVELES DE SERVICIO

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de ser percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

El Manual de Capacidad de Carreteras de 1985, Special Report 209, del TRB, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles, que se ilustran en las fotografías, para sistemas de circulación continua son:

Nivel de servicio A.- Describe operaciones de libre fluidez, velocidades de libre fluidez prevalecen. Los vehículos son casi completamente libres de maniobrar dentro el tráfico aun en la máxima densidad del NS A, el promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 530 pies (161.5 m) ó 26 longitudes de vehículo lo cual permite al motorista un alto nivel de confort físico y psicológico. Los efectos de incidentes o puntos de colapso son fácilmente absorbidos en este nivel.



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

Figura N° 5.3 Nivel de Servicio A

Nivel de servicio B.- Representa una libre fluidez razonable, y la velocidad a flujo libre es mantenida. El más bajo promedio de espacio entre vehículos es alrededor de 330 pies (100.6 m.) ó 17 longitudes de vehículo. La habilidad para maniobrar dentro del flujo de tráfico está ligeramente restringida, y el nivel general de confort físico y psicológico proveído a los conductores es aún alto. Los efectos de incidentes menores y puntos de colapso aún son fácilmente absorbidos.



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

Figura N° 5.4 Nivel de Servicio B

Nivel de servicio C.- Provee un flujo con velocidades iguales o cercanas a la velocidad de flujo libre de autopista. La libertad de maniobrar dentro del flujo de tráfico es notablemente más restringido en el NS C y los cambios de vía requieren más cuidado y vigilancia por parte del conductor. El promedio mínimo de espacio entre vehículos esta en el rango de 220 pies (67 m.) u 11 longitudes de vehículo. Incidentes menores aún pueden ser absorbidos, pero la deterioración local del servicio será sustancial. Se puede esperar la formación de filas detrás de cualquier bloqueo significativo.



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

Figura N° 5.5 Nivel de Servicio C

Nivel de servicio D.- Es el nivel en el cual la velocidad empieza a declinar ligeramente con el incremento del flujo. La densidad empieza a incrementarse algo más rápidamente con el incremento del flujo.



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

Figura N° 5.6 Nivel de Servicio D

La libertad de maniobrar dentro el flujo de tráfico es notablemente más limitado, y el conductor experimenta un reducido nivel de confort físico y psicológico. Puede esperarse que cualquier incidente pueda crear filas debido a que el flujo de tráfico tiene un pequeño espacio para absorber turbulencias. El porcentaje mínimo de espaciamiento de vehículos es de aproximadamente 165 pies (50.3 m.) u ocho longitudes de vehículo.

Nivel de servicio E.- Describe las operaciones en capacidad, las operaciones en este nivel, virtualmente no se tienen espacios usables en el flujo de tráfico. Los vehículos están espaciados aproximadamente seis longitudes de vehículo, dejando un pequeño espacio para

maniobrar dentro del flujo de tráfico a velocidades que aún están sobre las 49 mi/h (78.9 km/h). Cualquier interrupción en el flujo de tráfico, tal como los vehículos entrando de una rampa o un vehículo cambiando de carril puede establecer una onda de interrupción que se propaga a través del flujo del tráfico corriente arriba. En cuanto a la capacidad, el flujo de tráfico no tiene la habilidad para disipar ni siquiera la menor interrupción, y puede esperarse que cualquier incidente produzca un serio colapso con una extensa fila ó enfilamiento vehicular. La maniobrabilidad dentro el flujo de tráfico es extremadamente limitado y el nivel de confort físico y psíquico para el conductor es pobre.



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

Figura N° 5.7 Nivel de Servicio E

Nivel de servicio F.- Describe colapsos en fluidez vehicular. Tales condiciones generalmente existen dentro las formaciones de fila detrás de puntos de colapso. Tales colapsos ocurren por las siguientes razones:

- Incidentes de tráfico causan una reducción temporal de la capacidad en un corto segmento, así que el número de vehículos llegando a este punto es más grande que el número de vehículos que salen de él.
- En situaciones previstas, cualquier ubicación donde el proyectado flujo en la hora-pico (u otra) excede la capacidad estimada de la ubicación genera un problema.



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

Figura N° 5.8 Nivel de Servicio F

3.4.7 RELACION ENTRE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

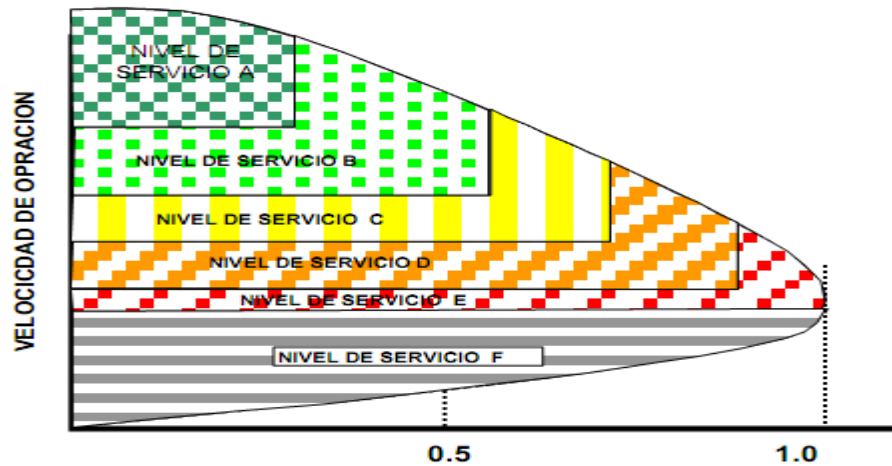


FIGURA N° 3.5.1

CONCEPTO GENERAL DE LA RELACION DE LOS NIVELES DE SERVICIO CON LA VELOCIDAD DE OPERACION Y LA RELACION VOLUMEN CAPACIDAD

Una sección básica de autopista se caracteriza por dos medidas de rendimiento:

1. Velocidad en términos de velocidad media de los vehículos.
2. Relación volumen/capacidad (v/c).

Estas tres medidas están interrelacionadas. Cuando dos de estas se conocen, la tercera se resuelve de inmediato.

La relación entre V/C es lo que se puede decir el índice de serviciabilidad de tráfico y esto está relacionado al nivel de servicio actuante del tráfico, como se puede observar en la tabla a continuación.

TABLA DE INDICE DE SERVICIABILIDAD

| NIVEL DE SERVICIO | | FACTOR V/C |
|-------------------|---|------------|
| A | ≤ | 0 |
| B | ≤ | 0,1 |
| C | ≤ | 0,3 |
| D | ≤ | 0,7 |
| E | ≤ | 1 |
| F | > | 1 |

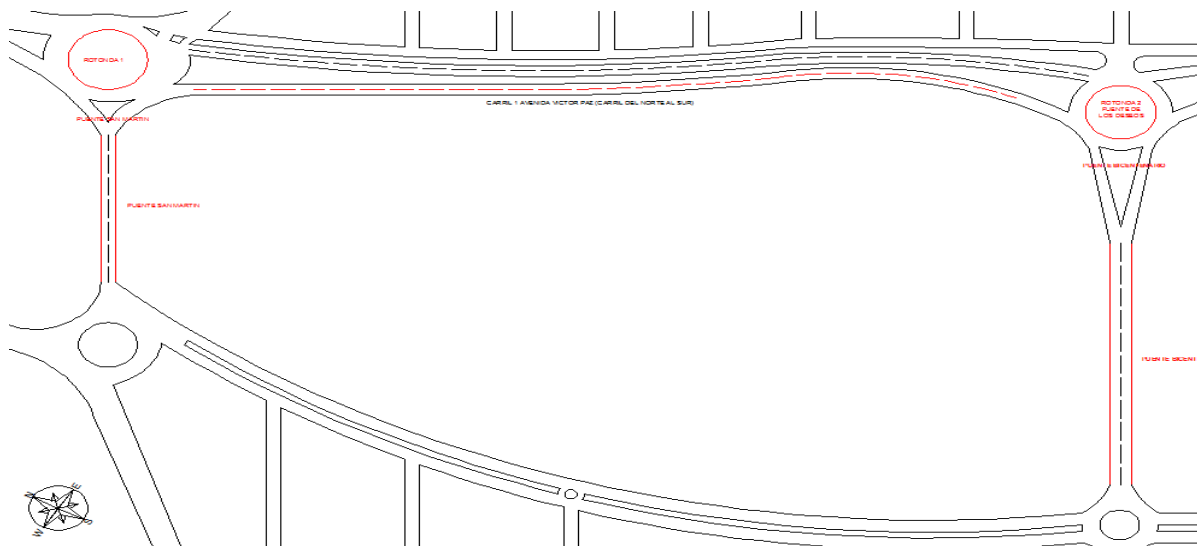
CAPITULO IV APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



El tramo en estudio denominado: Avenida Víctor Paz y rotondas de los puentes Bicentenario y San Martín, se localiza en el departamento de Tarija, provincia Cercado, en la ciudad de Tarija, con las coordenadas: punto de inicio $21^{\circ}31'57.33''S$ $64^{\circ}44'25.97''O$ elevación 1875 m, pasando por la avenida Víctor Paz con las coordenadas $21^{\circ}32'05.65''S$ $64^{\circ}44'19.27''O$ elevación 1876 m y finalizando en $21^{\circ}32'15.46''S$ $64^{\circ}44'07.37''O$ elevación 1870 m.

Este tramo forma parte de una de las rutas más importantes de la ciudad de Tarija de acceso y salida de la zona céntrica de la ciudad.



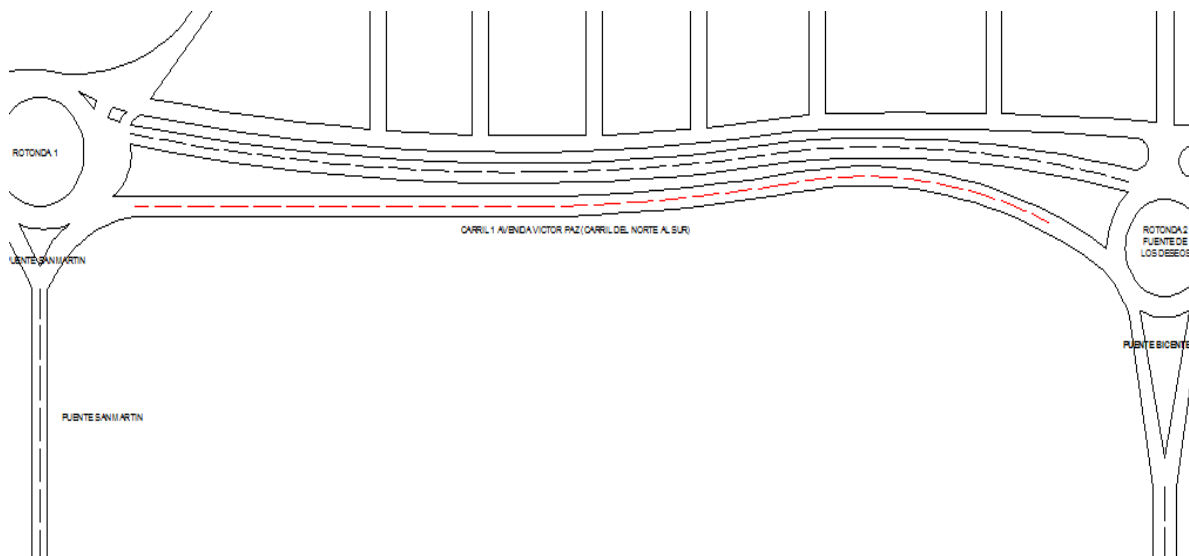
Para mayor comprensión revisar el plano 1 de la ubicación del área de estudio en los anexos.

4.2 CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

En el área que comprende el estudio, se distinguirán tres sub-áreas, con distintas actuaciones del entorno de la avenida Víctor Paz, donde se tomaran los siguientes tramos para el correspondiente estudio:

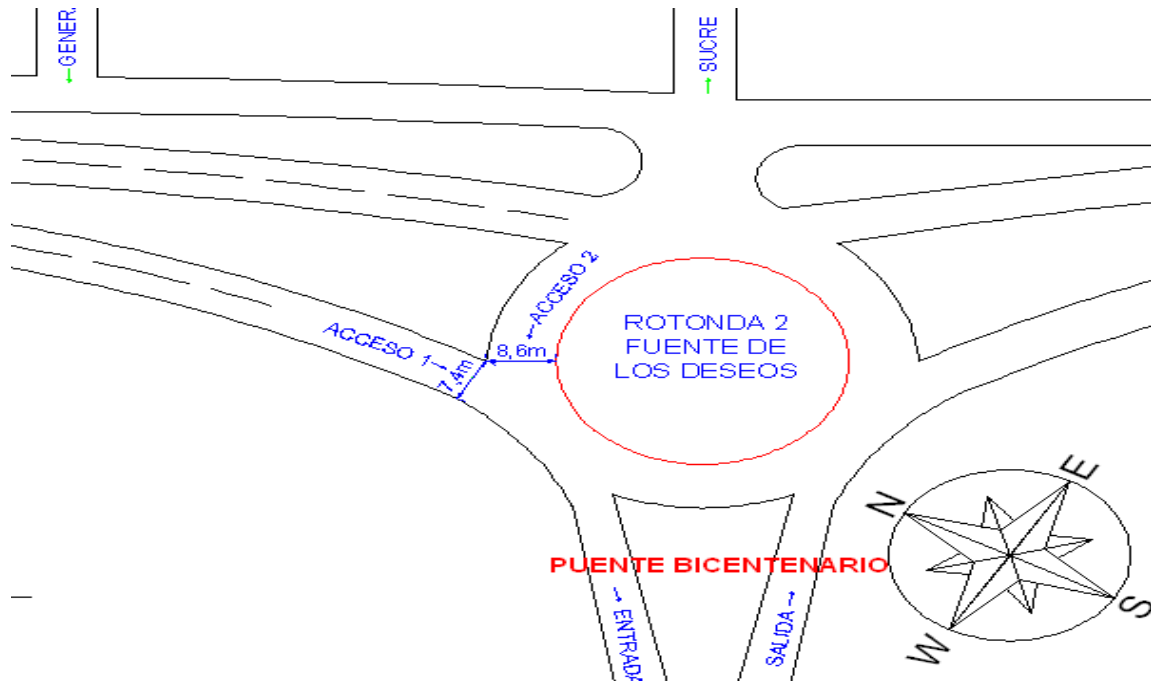
Las actuaciones previstas con carácter general, en las sub-áreas definidas, se resumen en: **Avenida Víctor Paz**, ubicado en la zona central de Tarija con las coordenadas: $21^{\circ}32'05.65''S$ $64^{\circ}44'19.27''O$ elevación 1876m, con un sentido de circulación comprendido entre las rotondas en intersección con los puentes: Bicentenario y San Martín, paralelo al río Guadalquivir de Tarija.

Se contemplara para el estudio el carril interior que recorre desde el puente san Martín hasta la fuente de Los Deseos es decir del norte al sur, el cual es unidireccional.



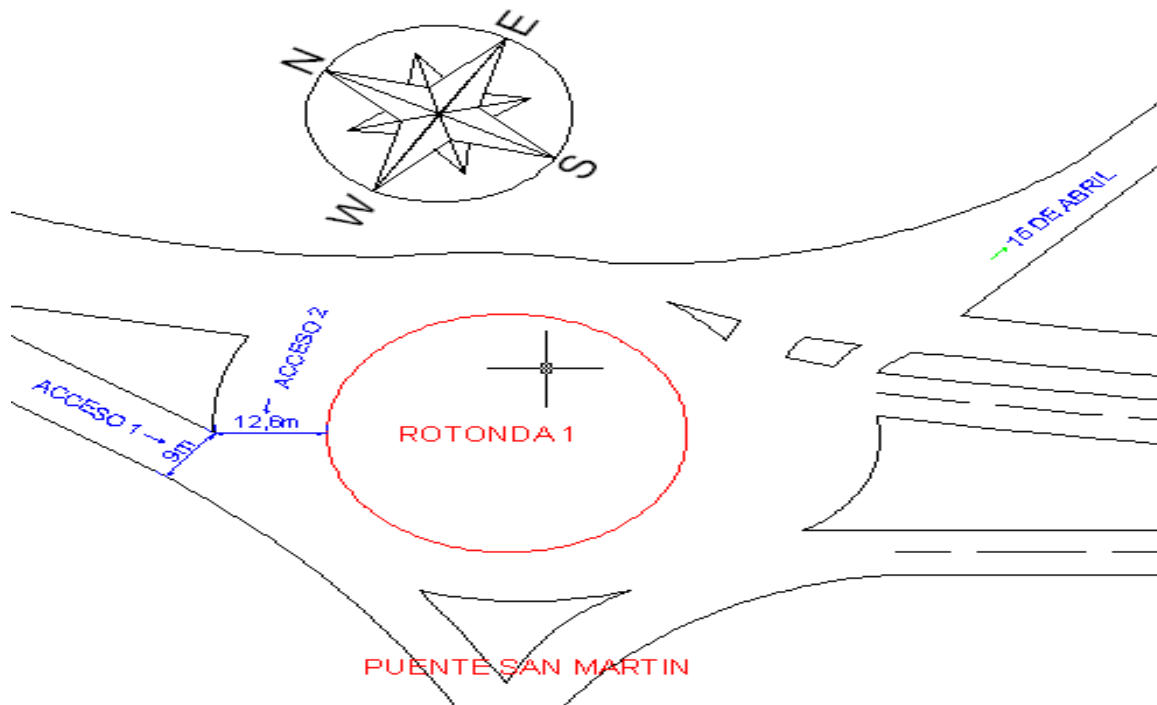
Rotonda de la fuente de Los Deseos: La actuación sobre este área, incluye la parte de la avenida Víctor Paz, donde se encuentra en intersección con: Puente Bicentenario, calle Sucre y la avenida Víctor Paz, en donde se encuentra un flujo vehicular en cual acceden desde la zona central de Tarija y zona comprendida desde Senac hasta Tabladita, con las coordenadas: $21^{\circ}32'15.46''S$ $64^{\circ}44'07.37''O$ elevación 1870m.

Para el estudio se contemplara por 2 accesos en la intersección antes de entrar al puente Bicentenario: dirección de la zona de Senac al Centro y del Centro a la zona de Senac, dentro de la rotonda se analizara los accesos de la rotonda al Puente Bicentenario.



Rotonda puente San Martín y Avenida Víctor Paz: La actuación sobre este área, incluye la parte de la avenida Víctor Paz, donde se encuentra en intersección con: Puentes San Martín, calle 15 de abril y la avenida Víctor Paz, en donde se encuentra un flujo vehicular en cual acceden desde la zona central de Tarija, zona comprendida desde Senac hasta Tabladita y zona de la Terminal de Tarija, con coordenadas: $21^{\circ}31'57.33''S$ $64^{\circ}44'25.97''O$ elevación 1875 m.

Para ese estudio se contemplara por 2 accesos en la intersección antes de entrar al puente San Martín, tomando en cuenta al carril de salida del puente de la zona de Senac dirigiéndose al centro



4.2.1 DATOS HISTORICOS DE TRÁFICO EN EL AREA DE ESTUDIO

Para la obtención de datos históricos del área de estudio, se necesitara de estudios de tráfico de Miranda Abanp Juana Raquel, de Evaluación de la capacidad y el nivel de servicio en el puente San Martín y sus accesos, de donde se obtiene los volúmenes de las horas picos y velocidades de punto realizadas en el estudio, utilizando solo los datos del puente en sí y de los accesos en la rotonda en intersección a la avenida Víctor Paz.

AÑO 2009

| | | |
|---|------|-----------------|
| Salida de vehículos del puente san Martín = | 1155 | Vehículo / Hora |
|---|------|-----------------|

| | | |
|--|------|-----------------|
| Entrada de vehículos del puente san Martín = | 1176 | Vehículo / Hora |
|--|------|-----------------|

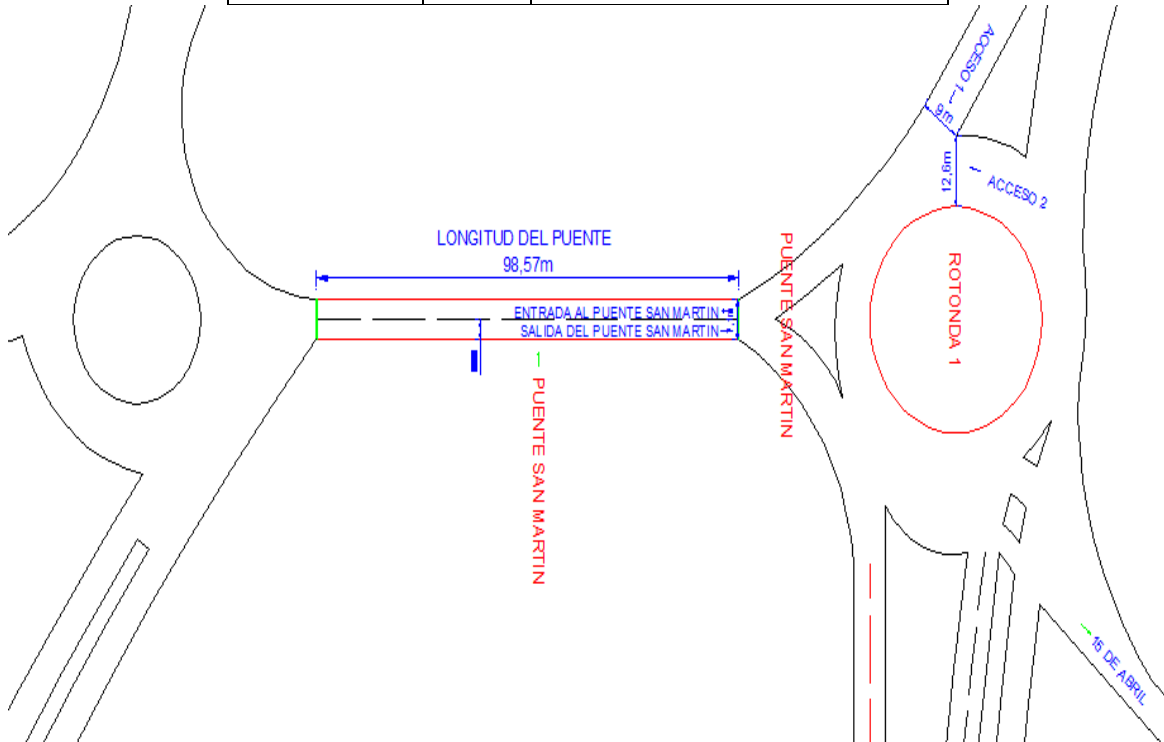
VELOCIDADES DE PUNTO TOTAL DIARIA EN DIAS HABILES

| Puente a Senac Km/hr | Puente al Centro Km/hr |
|-------------------------|---------------------------|
| 21,12 | 25,88 |

ROTONDA 1

| | | |
|------------|------|-----------------|
| ACCESO 1 = | 1049 | Vehículo / Hora |
|------------|------|-----------------|

| | | |
|------------|-----|-----------------|
| ACCESO 2 = | 693 | Vehículo / Hora |
|------------|-----|-----------------|



Para la correspondiente comparación de la avenida Víctor Paz y la rotonda de la fuente de Los Deseos se necesitara el estudio de tráfico de Valenzuela Torrez Saidu Viviana de Análisis del comportamiento del tráfico en la Avenida Víctor Paz a partir de modelos de tráfico, de donde se obtiene los volúmenes de las horas picos y velocidades de punto realizadas en el estudio, utilizando solo los datos del puente en sí y de los accesos en la rotonda de la fuente de Los Deseos.

AVENIDA VICTOR PAZ CARRIL 1

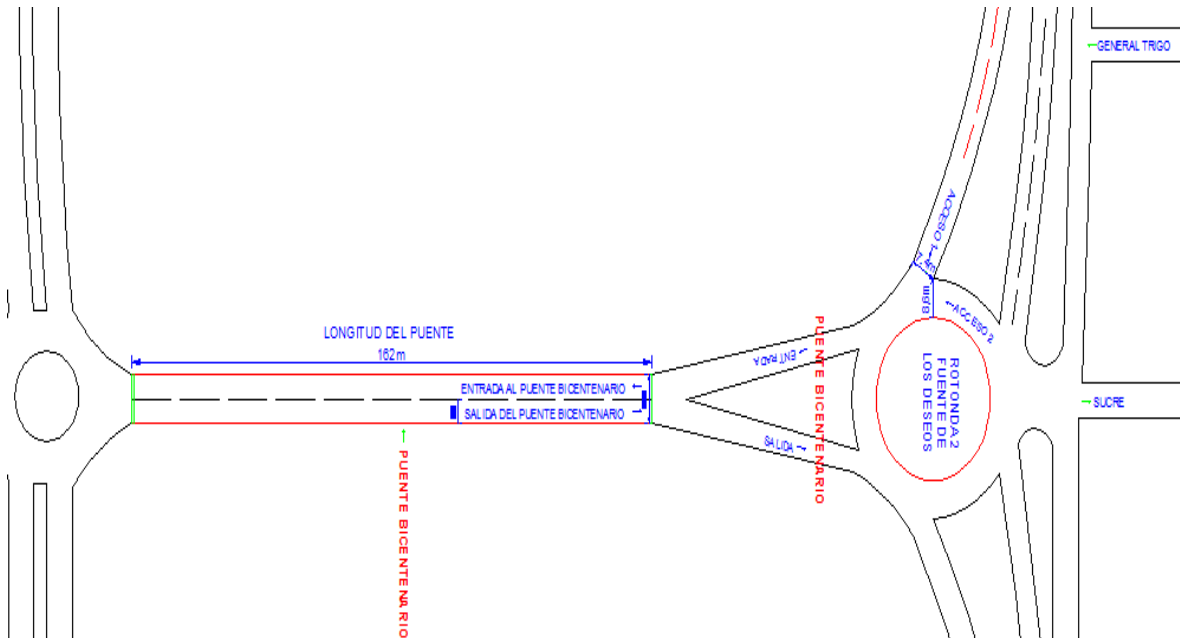
| | | |
|-----------------|---------|--------------|
| Volumen medio = | 892,667 | Vehículo/hrs |
|-----------------|---------|--------------|

| |
|---------------------------|
| Velocidad media en Km/hrs |
| 54,83 |

ROTONDA 2(FUENTE DE LOS DESEOS)

| | | |
|------------|-----|-----------------|
| ACCESO 1 = | 893 | Vehículo / Hora |
|------------|-----|-----------------|

| | | |
|------------|-----|-----------------|
| ACCESO 2 = | 195 | Vehículo / Hora |
|------------|-----|-----------------|



Para su mejor comprensión revisar el plano en los anexos.

4.3 RELOCECCION DE DATOS PARA EL ESTUDIO

Primero para comenzar en estudio de volúmenes se tuvo que determinar las horas pico del tráfico vehicular en el lapso de un día, contando de forma manual para luego obtener la gráfica de volúmenes y determinar las horas pico que son 8:00 a 9:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Se tuvo que realizar el aforo en la Avenida Víctor Paz a la altura de la calle Juan Misael Saracho.

| Av. Víctor Paz | |
|-----------------------|------------------------|
| Tiempo (hrs) | N° de vehículos |
| 7:00 - 8:00 | 1807 |
| 8:00 - 9:00 | 2097 |
| 9:00 - 10:00 | 1550 |
| 10:00 - 11:00 | 1325 |
| 11:00 - 12:00 | 1212 |
| 12:00 - 13:00 | 2017 |
| 13:00 - 14:00 | 1215 |
| 14:00 - 15:00 | 1660 |
| 15:00 - 16:00 | 1680 |
| 16:00 - 17:00 | 1800 |
| 17:00 - 18:00 | 1950 |
| 18:00 - 19:00 | 2020 |
| 19:00 - 20:00 | 1875 |

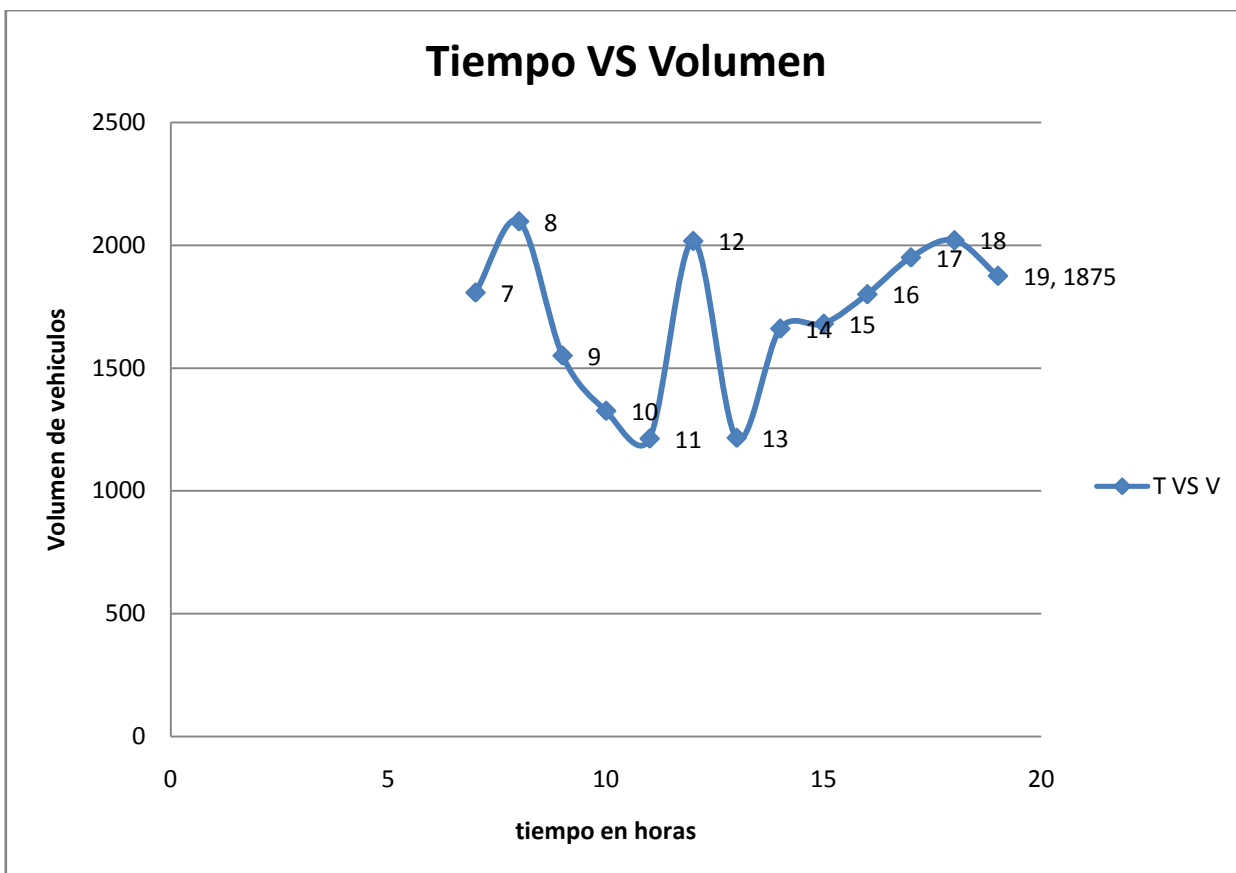


Grafico Nro. 1

Para luego en un periodo de una semana realizar conteos de volúmenes en las horas pico en el puente San Martín, para poder determinar los días donde el tráfico vehicular es mayor, en el cual se puede observar que son en los días martes, jueves y sábado, en la semana.

Dando por conclusión que se debe aforar los días martes, jueves y sábado, en las horas pico de 8:00 a 9:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00, para el conteo de vehículos y las lecturas de velocidades.

| DIAS EN UNA SEMANA | | | | | | | |
|--------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| HORAS PICO | LUNES | MARTES | MIERCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| 8:00 a 9:00 | 845 | 870 | 855 | 905 | 880 | 848 | 850 |
| 12:00 a 13:00 | 920 | 940 | 910 | 1120 | 950 | 975 | 945 |
| 18:00 a 19:00 | 1000 | 1020 | 1005 | 945 | 970 | 936 | 925 |
| PROMEDIO | 922 | 943 | 923 | 990 | 933 | 920 | 907 |

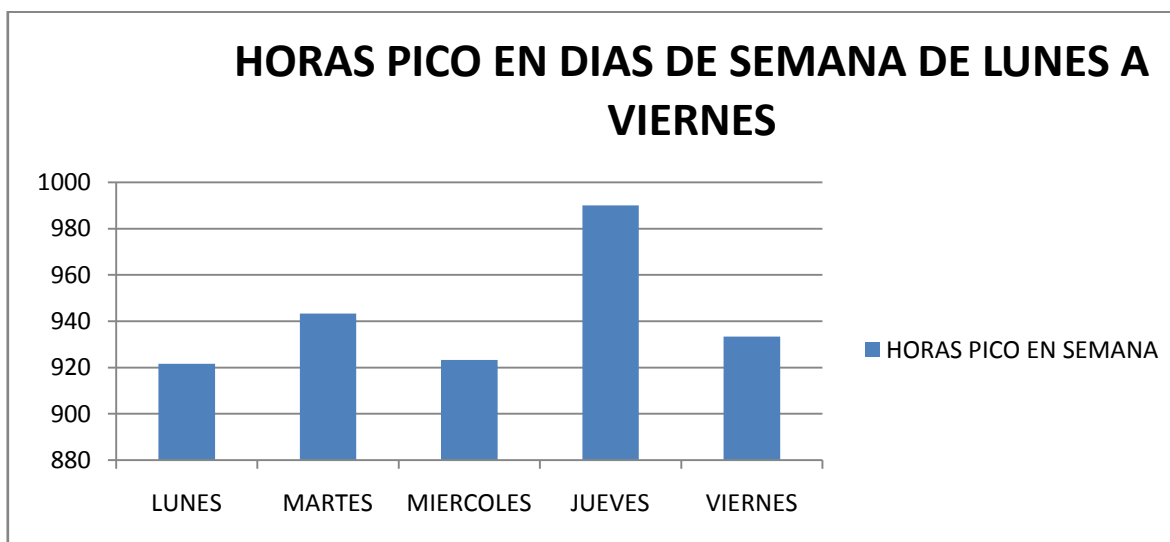


Grafico Nro. 2

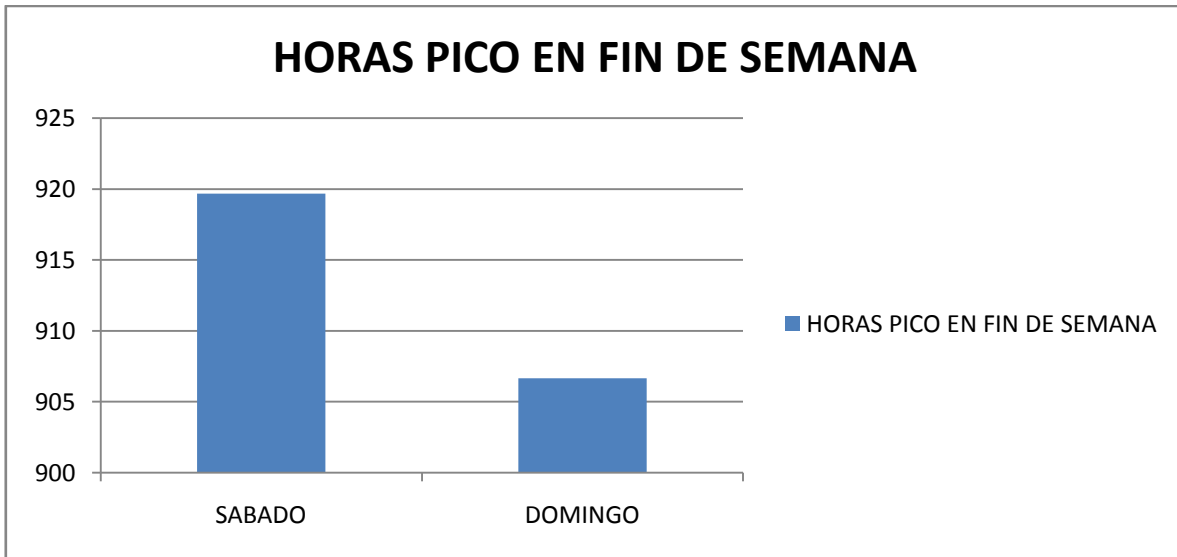


Grafico Nro. 3

4.3.1 AFORO MANUAL DE VOLUMENES TRANSITO

Para el procedimiento del aforo manual de los volúmenes de tránsito se determinó los puntos de estudio, a los cuales se les identificó como:

- Carril 1 la avenida Víctor Paz en el carril con la orientación que proviene del norte al sur de la ciudad de Tarija.
- Vehículos que tienen el sentido entrada al puente San Martín con la orientación del este al oeste de la ciudad de Tarija es decir vehículos que se dirigen a la zona de Senac, tomando en cuenta los dos accesos en la intersección en la rotonda que tienen el movimiento al puente San Martín.
- Vehículos que tienen el sentido salida del puente San Martín con la orientación oeste al este de la ciudad de Tarija es decir vehículos que se dirigen a la zona de central de Tarija.
- Vehículos que tienen el sentido entrada al puente Bicentenario con la orientación del este al oeste de la ciudad de Tarija es decir vehículos que se dirigen a la zona de Senac, tomando en cuenta los dos accesos en la intersección antes del puente en la rotonda de la fuente de los deseos.

- Vehículos que tienen el sentido salida del puente Bicentenario con la orientación oeste al este de la ciudad de Tarija es decir vehículos que se dirigen a la zona de central de Tarija.



Para el aforo se los categorizo utilizando tablas para aforo, donde se los categoriza como públicos y privados, a la vez para cada uno en pesado, mediano y liviano, se realizó en las diferentes horas pico ya determinadas con anterioridad.

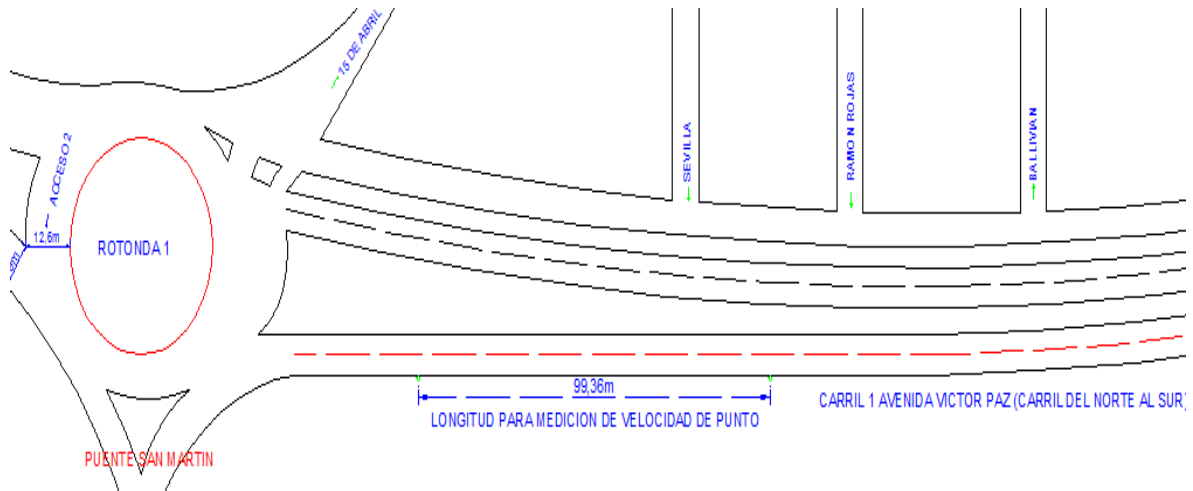
Para un mejor entendimiento de los puntos de aforo revisar el plano 1 de ubicación del área de estudio en los anexos.

4.3.2 MEDICION DE VELOCIDADES

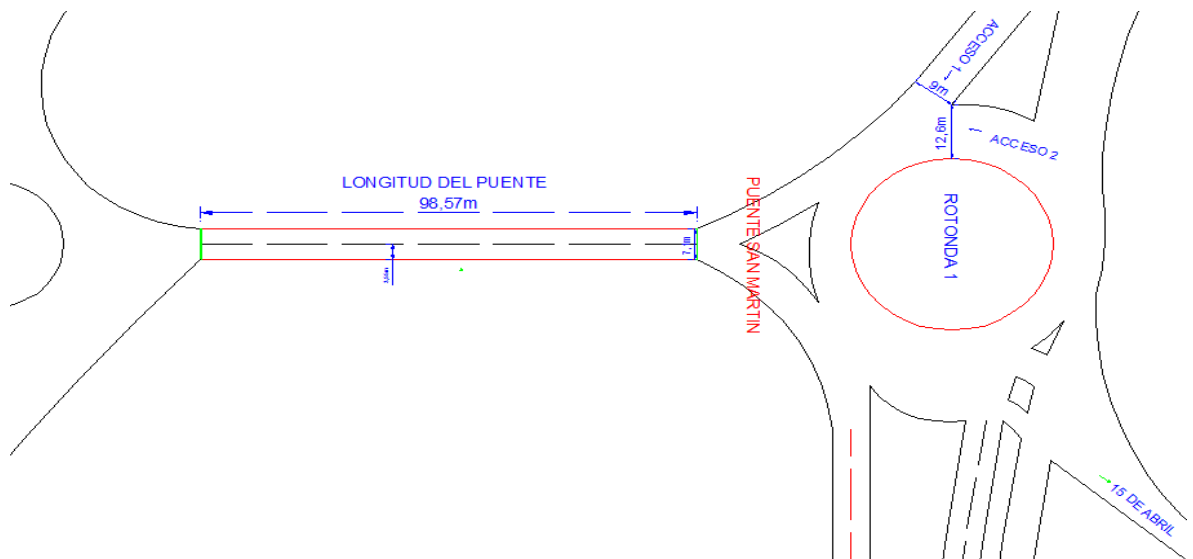
Para las mediciones de velocidades de punto se colocó estaciones de lecturas de velocidades en el cual se tuvo que hacer lecturas de tiempos en una determinada longitud para su determinación de velocidades, las mediciones se realizó en las horas picos determinadas con anterioridad.

La medición de velocidades se las realizó en los puntos específicos del estudio como ser:

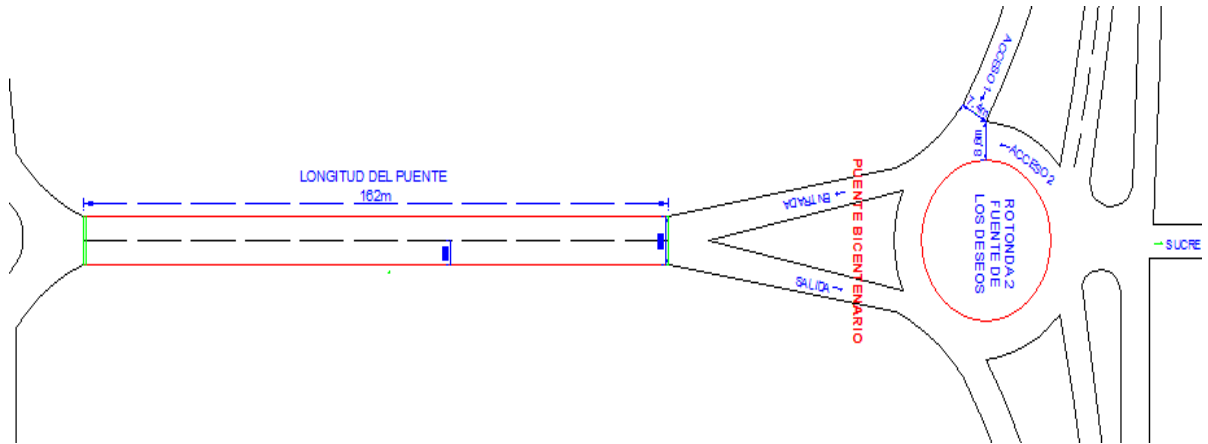
En la Avenida Víctor Paz en el carril 1 adoptándose una longitud de 99.36m por ser puntos fijos, se procedió al conteo del tiempo que tarda en pasar un vehículo de un punto hasta el otro punto final.



Para la entrada y salida del puente San Martín se tuvo que medir la longitud del puente que es de 98.57 m donde se cronometró los tiempos que tarda en cruzar el puente es decir los vehículos que van a Senac y los vehículos que van al centro.



Para la entrada y salida del puente Bicentenario se tuvo que medir la longitud del puente que era de 162 m donde se cronometró los tiempos que tarda en cruzar el puente es decir los vehículos que van a Senac y los vehículos que van al centro.



Revisar el plano 2 de dimensiones de accesos y longitudes de puentes en los anexos.

4.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procesamiento de datos del estudio se comenzó con los volúmenes totales de las horas pico, agrupándolas en días y horas.

4.4.1 DETERMINACION DE VELOCIDAD Y VOLUMEN DE PROYECTO

Luego de tener los datos agrupados se procesó, comenzando con una depuración de datos usando la expresión siguiente:

Tabla N° 3.1 Valores de K para distintos niveles de confiabilidad

| Nivel de Confiabilidad (%) | K |
|----------------------------|------|
| 89.6 | 1.5 |
| 90.0 | 1.64 |
| 95.0 | 1.96 |
| 96.0 | 2.0 |
| 98.1 | 2.5 |

Ref. Apuntes de clase

$$TP = MEDIA \pm k * Desviacion$$

Donde se tomó como K un valor de 2 para un nivel de confiabilidad del 96%.

Para la depuración de datos se los agrupó todos los volúmenes horarios a las mismas horas como ser 8:00 a 9:00; 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Toma en cuenta como límite superior la siguiente expresión.

$$TP = MEDIA + k * Desviacion$$

Y como límite inferior toma la siguiente expresión.

$$TP = MEDIA - k * Desviacion$$

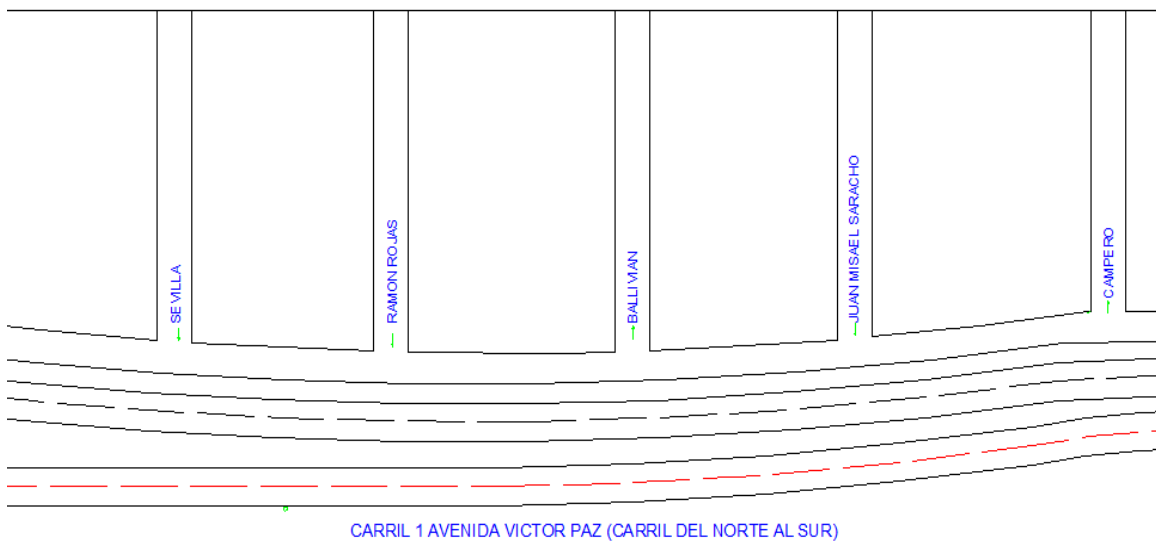
$$MEDIA = \frac{\sum v}{n}$$

$$DESVIACION = \sqrt{\frac{\sum [f_i * (v_i - MEDIA)^2]}{n - 1}}$$

Luego de obtener los límites superior e inferior se depuró los datos fuera del rango establecido y se procedió a realizar la media para tomar ese valor como el volumen medio horario.

CARRIL 1

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 577 | |
| 12:00 a 13:00 | 563 | |
| 18:00 a 19:00 | 562 | |
| PROMEDIO | 567 | vehículo / hora |

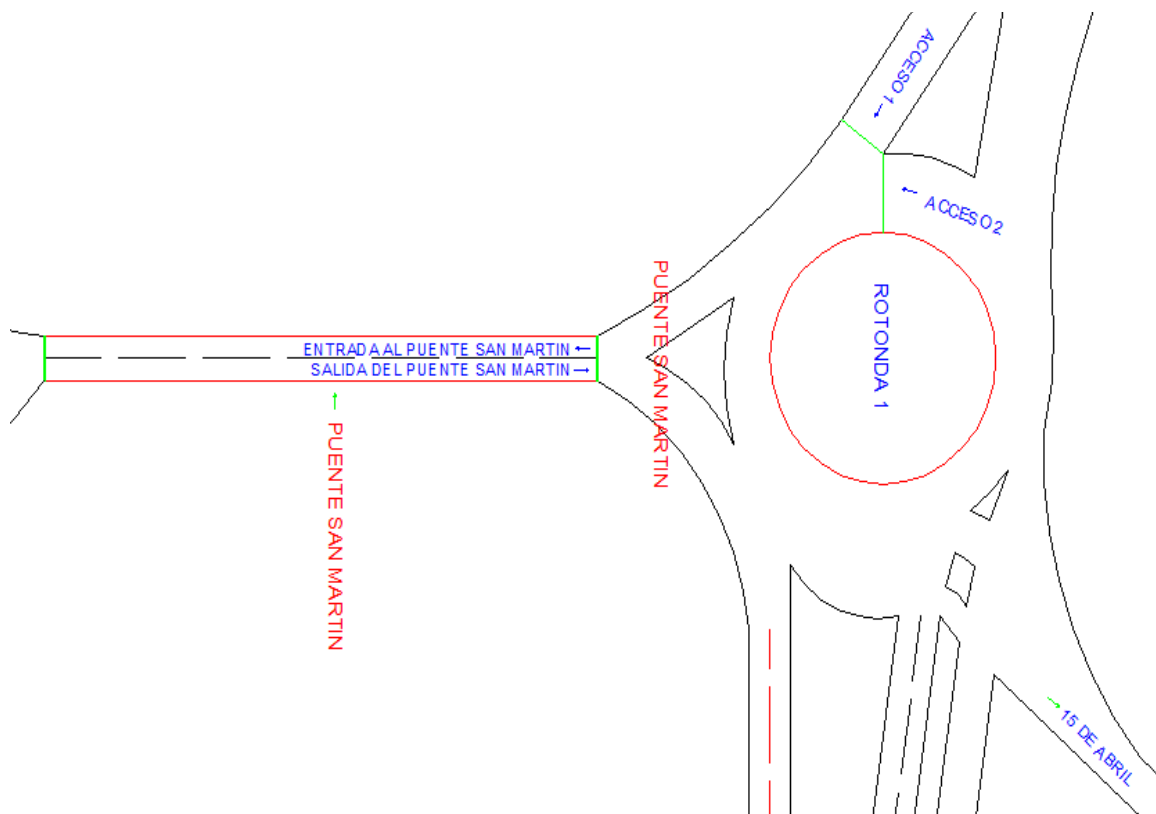


ENTRADA PUENTE SAN MARTIN

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 817 | |
| 12:00 a 13:00 | 990 | |
| 18:00 a 19:00 | 932 | |
| PROMEDIO | 913 | vehículo / hora |

SALIDA PUENTE SAN MARTIN

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 727 | |
| 12:00 a 13:00 | 736 | |
| 18:00 a 19:00 | 770 | |
| PROMEDIO | 744 | vehículo / hora |

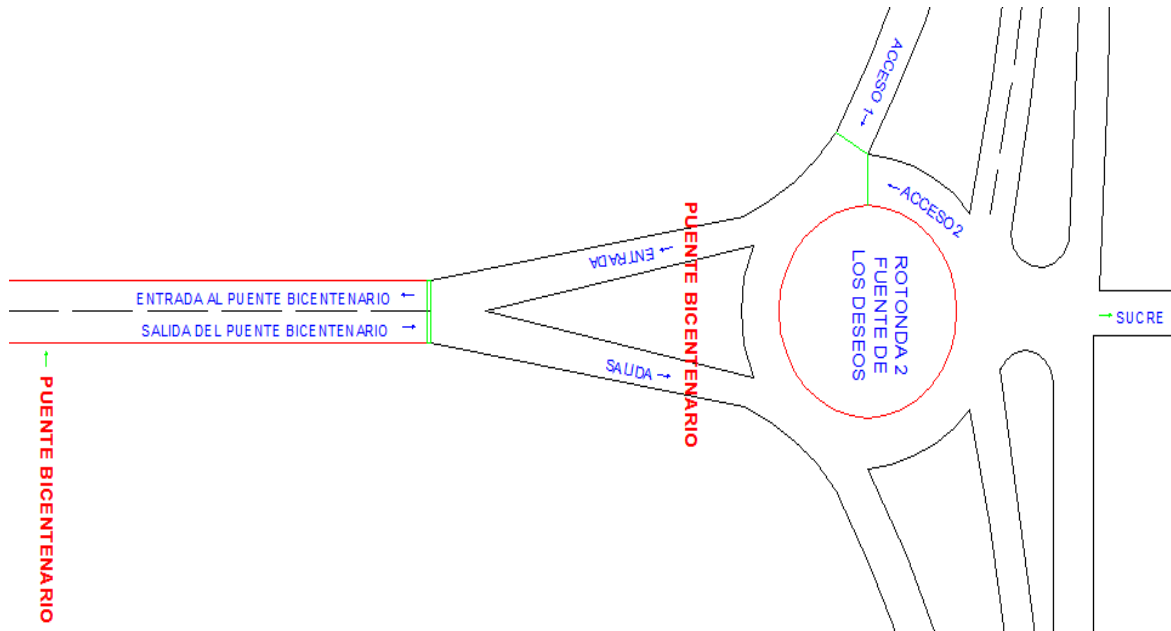


ENTRADA PUENTE BICENTENARIO

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 253 | |
| 12:00 a 13:00 | 481 | |
| 18:00 a 19:00 | 345 | |
| PROMEDIO | 360 | vehículo / hora |

SALIDA PUENTE BICENTENARIO

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 373 | |
| 12:00 a 13:00 | 381 | |
| 18:00 a 19:00 | 360 | |
| PROMEDIO | 371 | vehículo / hora |

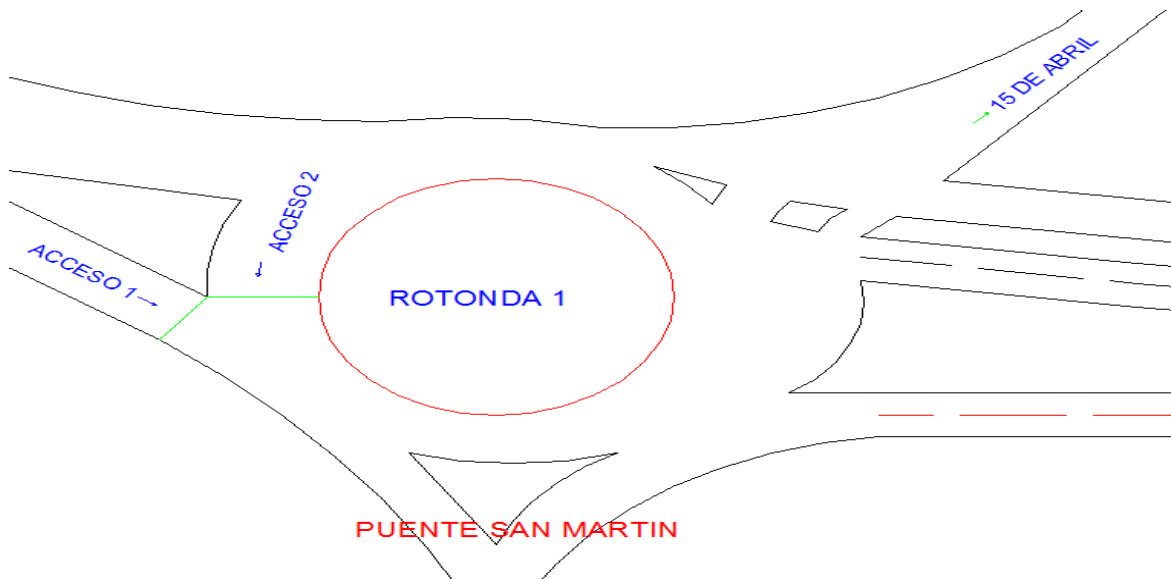


ROTONDA 1 ACCESO 1

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|-------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 1001 | |
| 12:00 a 13:00 | 972 | |
| 18:00 a 19:00 | 1074 | |
| PROMEDIO | 1016 | vehículo / hora |

ROTONDA 1 ACCESO 2

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 450 | |
| 12:00 a 13:00 | 565 | |
| 18:00 a 19:00 | 549 | |
| PROMEDIO | 521 | vehículo / hora |

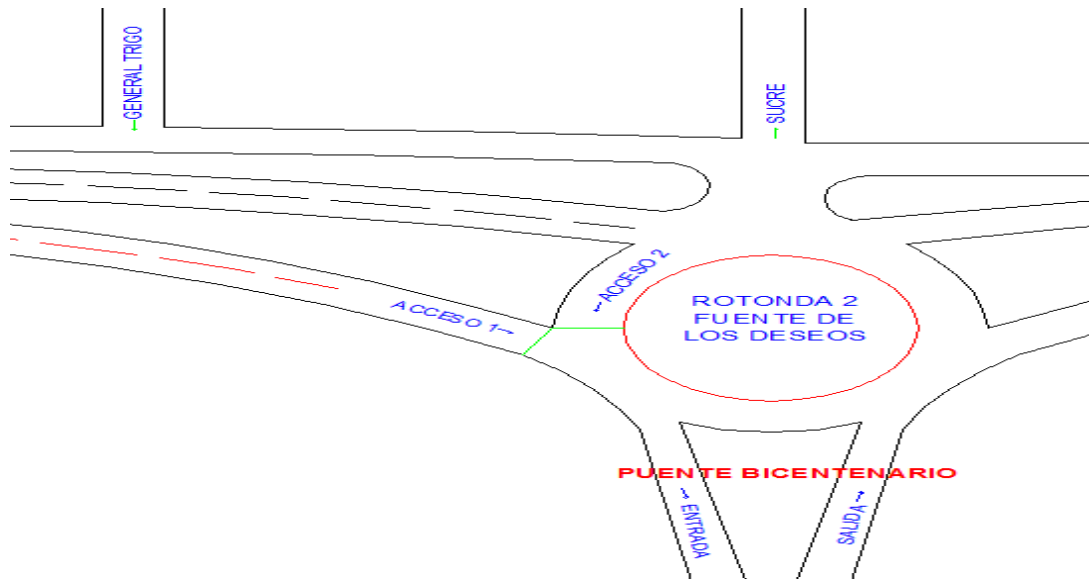


ROTONDA 2 (fuente de Los Deseos)
ACCESO 1

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 529 | |
| 12:00 a 13:00 | 514 | |
| 18:00 a 19:00 | 557 | |
| PROMEDIO | 534 | vehículo / hora |

ROTONDA 2 (fuente de Los Deseos)
ACCESO 2

| HORA | VOLUMEN | |
|-----------------|------------|-----------------|
| 8:00 a 9:00 | 484 | |
| 12:00 a 13:00 | 614 | |
| 18:00 a 19:00 | 519 | |
| PROMEDIO | 539 | vehículo / hora |



En base a los datos del RUA se pudo obtener el parque automotor de la ciudad de Tarija, el cual nos facilita la determinación del tráfico futuro, en relación al tráfico actuante actual.

Para este procedimiento se recurrirá al método aritmético, este método se utiliza la expresión es la siguiente:

$$TF = TA(1 + ni)$$

Dónde:

n = número de años

i = tasa o rata de crecimiento

Donde “i” se pudo obtener el valor de 9.56% por año, obtenido del parque automotor de Tarija por parte del RUA (revisar en los anexos).

Dando por resultado los volúmenes proyectados a futuro en 5 y 10 años.

DATOS PROYECTADOS

AÑO 2017

PUENTE SAN MARTIN

| | | |
|--|------|-------------------|
| Salida de vehículos del puente san Martín = | 1100 | <u>Veh / Hora</u> |
| entrada de vehículos del puente san Martín = | 1350 | <u>Veh / Hora</u> |

AVENIDA VICTOR PAZ CARRIL 1

| | | |
|-----------------|-----|----------------|
| Volumen medio = | 839 | <u>Veh/hrs</u> |
|-----------------|-----|----------------|

PUENTE BICENTENARIO

| | | |
|--|-----|-------------------|
| Salida de vehículos del puente bicentenario = | 549 | <u>Veh / Hora</u> |
| entrada de vehículos del puente bicentenario = | 532 | <u>Veh / Hora</u> |

ROTONDA 1

| | | |
|------------|------|-------------------|
| ACCESO 1 = | 1501 | <u>Veh / Hora</u> |
| ACCESO 2 = | 771 | <u>Veh / Hora</u> |

ROTONDA 2

| | | |
|------------|-----|-------------------|
| ACCESO 1 = | 789 | <u>Veh / Hora</u> |
| ACCESO 2 = | 797 | <u>Veh / Hora</u> |

DATOS PROYECTADOS

AÑO 2022

PUENTE SAN MARTIN

| | | |
|--|------|------------|
| Salida de vehículos del puente san Martín = | 1456 | Veh / Hora |
| entrada de vehículos del puente san Martín = | 1786 | Veh / Hora |

AVENIDA VICTOR PAZ CARRIL 1

| | | |
|-----------------|------|---------|
| Volumen medio = | 1110 | Veh/hrs |
|-----------------|------|---------|

PUENTE BICENTENARIO

| | | |
|--|-----|------------|
| Salida de vehículos del bicentenario = | 727 | Veh / Hora |
| entrada de vehículos del puente bicentenario = | 704 | Veh / Hora |

ROTONDA 1

| | | |
|------------|------|------------|
| ACCESO 1 = | 1987 | Veh / Hora |
| ACCESO 2 = | 1020 | Veh / Hora |

ROTONDA 2

| | | |
|------------|------|------------|
| ACCESO 1 = | 1044 | Veh / Hora |
| ACCESO 2 = | 1054 | Veh / Hora |

Para la determinación de velocidades de puntos se realizó una depuración de datos usando la expresión siguiente:

Tabla N° 3.1 Valores de K para distintos niveles de confiabilidad

| Nivel de Confiabilidad (%) | K |
|----------------------------|------|
| 89.6 | 1.5 |
| 90.0 | 1.64 |
| 95.0 | 1.96 |
| 96.0 | 2.0 |
| 98.1 | 2.5 |

Ref. Apuntes de clase

$$TP = MEDIA \pm k * Desviacion$$

Donde se tomó como K un valor de 2 para un nivel de confiabilidad del 96%.

Para la depuración de datos se los agrupo todos los volúmenes horarios a las mismas horas como ser 8:00 a 9:00; 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Se toma en cuenta como límite superior la siguiente expresión.

$$TP = MEDIA + k * Desviacion$$

Y como límite inferior la siguiente expresión.

$$TP = MEDIA - k * Desviacion$$

Se define la media o promedio de todos los datos utilizados

$$MEDIA = \frac{\sum v}{n}$$

Se procede a determinar la desviación estándar de todos los datos para luego poder hallar con las expresiones anteriores los límites para proceder a la depuración de los datos.

$$DESVIACION = \sqrt{\frac{\sum [f_i * (v_i - MEDIA)^2]}{n - 1}}$$

Obteniendo las velocidades de punto de cada hora.

| | VELOCIDADES MEDIAS | | |
|-----------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | km / hora | | |
| | Horas | Horas | Horas |
| TRAMO | 8:00 a 9:00 | 12:00 a 13:00 | 18:00 a 19:00 |
| CARRIL | 51,54 | 59,69 | 59,42 |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 28,58 | 28,57 | 29,67 |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 32,18 | 30,99 | 31,36 |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 37,74 | 42,61 | 42,69 |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 34,87 | 38,55 | 38,10 |

Se realizó el promedio para la velocidad de punto media

| | VELOCIDAD MEDIA |
|-----------------------------|-----------------|
| TRAMO | km / hora |
| CARRIL | 56,88 |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 28,94 |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 31,51 |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 41,01 |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 37,17 |

4.4.2 DETERMINACION DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN ROTONDAS

Para la determinación de la capacidad se utilizara las siguientes expresiones:

FORMULAS DE CAPACIDAD

| | |
|---------------------------|---|
| CAPACIDAD REAL | $C_{Real} = C_{Pract} * f_p * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD}$ |
| CAPACIDAD PRACTICA | $C_{Pract} = C_{Teo} * 0.9$ |
| FACTOR DE VP | $f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GI | $f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GD | $f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$ |

Dónde:

f_{red} = Factor de reducción, tomado generalmente como 0,9

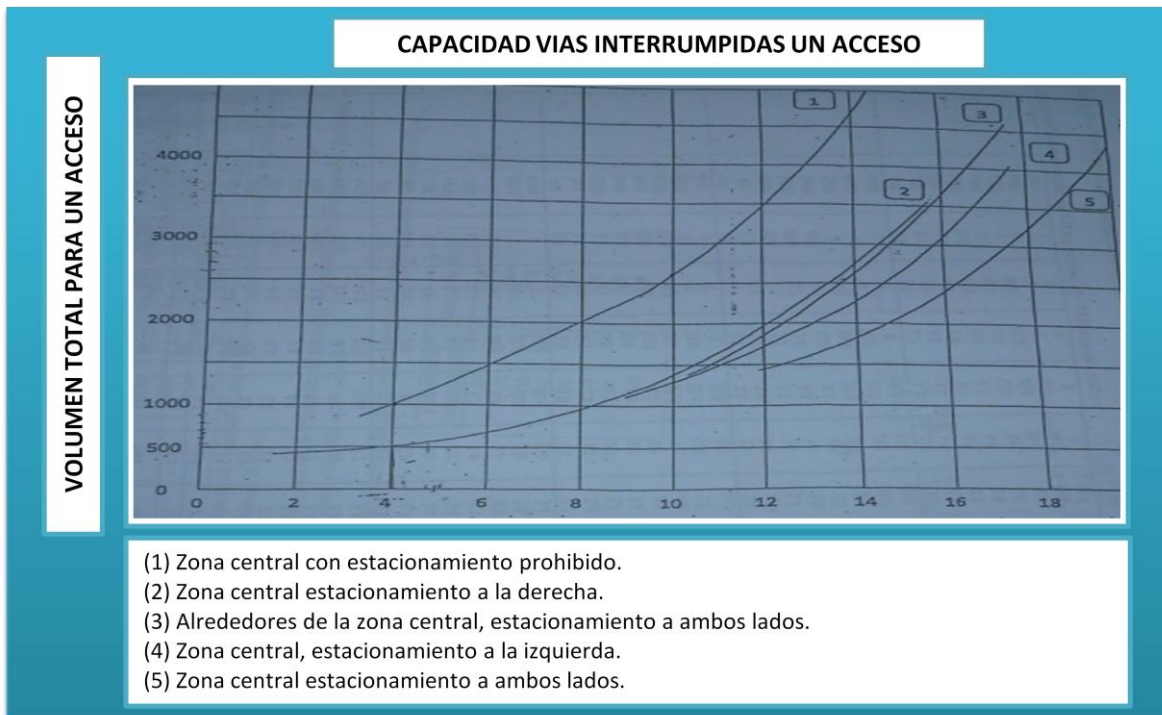
f_p = Factor de reducción por paradas.

f_{VP} = Factor de reducción producido por vehículos pesados.

f_{GI} = Factor de reducción producido por vehículos que giran a la izquierda.

f_{GD} = Factor de reducción producido por vehículos que giran a la derecha.

Uso de métodos gráficos dadas por la HCM para vías interrumpidas con un solo acceso, para la determinación de capacidad ideal.



Con ayuda de los porcentajes de vehículos que giran a la izquierda, derecha y porcentaje de vehículos pesados actuantes en el acceso se procede a determinar los factores:

| | |
|--------------|--|
| FACTOR DE VP | $f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GI | $f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GD | $f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$ |

F_{VP} = Factor de vehículos pesados

F_{GI} = Factor de vehículos que giran a la izquierda

F_{GD} = Factor de vehículos que giran a la derecha.

No se toma en cuenta el factor por paradas, por la falta existencial de paradas en las zonas de estudio.

Luego de calcular los factores para cada uno de los accesos, se procederá a determinar las capacidades reales.

En base a la capacidad y volumen actuante en los accesos se procede a determinar los índices de servicio con la relación al volumen entre capacidad y con ayuda de la tabla de índice de servicio se determinó el nivel de servicio para las calles.

4.4.3 DETERMINACION DE CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN LA AVENIDA VICTOR PAZ Y PUENTES

Para la determinación de la capacidad se utilizara las siguientes expresiones:

FORMULAS DE CAPACIDAD

| | |
|--------------------|---|
| CAPACIDAD REAL | $C_{Real} = C_{Pract} * f_p * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD}$ |
| CAPACIDAD PRACTICA | $C_{Pract} = C_{Teo} * 0.9$ |
| FACTOR DE VP | $f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GI | $f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GD | $f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$ |

Dónde:

f_{red} = Factor de reducción, tomado generalmente como 0,9

f_p = Factor de reducción por paradas.

f_{VP} = Factor de reducción producido por vehículos pesados.

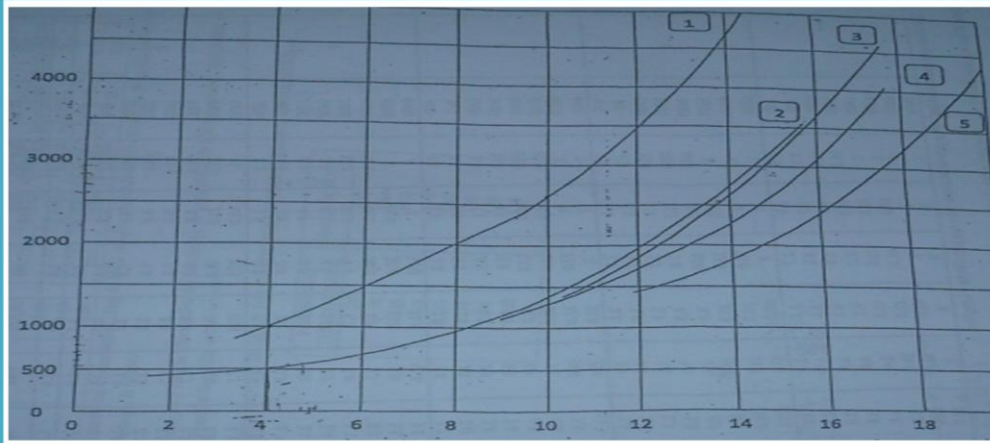
f_{GI} = Factor de reducción producido por vehículos que giran a la izquierda.

f_{GD} = Factor de reducción producido por vehículos que giran a la derecha.

Uso de métodos gráficos dadas por la HCM para vías interrumpidas con un solo acceso y dos accesos, para la determinación de capacidad ideal.

CAPACIDAD VIAS INTERRUPTIDAS UN ACCESO

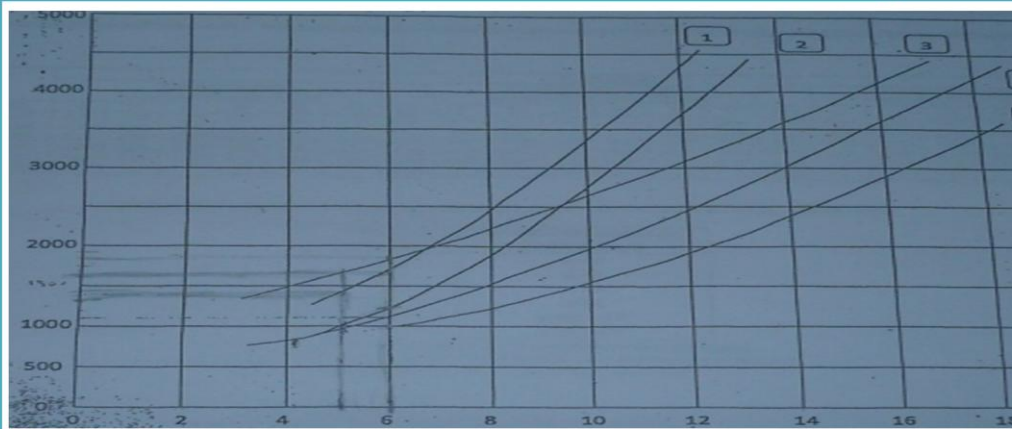
VOLUMEN TOTAL PARA UN ACCESO



- (1) Zona central con estacionamiento prohibido.
- (2) Zona central estacionamiento a la derecha.
- (3) Alrededores de la zona central, estacionamiento a ambos lados.
- (4) Zona central, estacionamiento a la izquierda.
- (5) Zona central estacionamiento a ambos lados.

CAPACIDAD VIAS INTERRUPTIDAS DOS ACCESOS

VOLUMEN TOTAL PARA UN ACCESO



- (1) Zona central suburbana y residencial intermedia, estacionamiento permitido.
- (2) Zona central con estacionamiento prohibido.
- (3) Alrededores de la zona central, estacionamiento prohibido.
- (4) Alrededores de la zona central, zona comercial suburbana y residencial intermedia.
- (5) Zona central, estacionamiento permitido.

Con ayuda de los porcentajes de vehículos que giran a la izquierda, derecha y porcentaje de vehículos pesados actuantes en el acceso se procede a determinar los factores:

| | |
|--------------|--|
| FACTOR DE VP | $f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GI | $f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$ |
| FACTOR DE GD | $f_{GD} = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100} * 0.5$ |

F_{VP} = Factor de vehículos pesados

F_{GI} = Factor de vehículos que giran a la izquierda

F_{GD} = Factor de vehículos que giran a la derecha.

No se toma en cuenta el factor por paradas, por la falta existencial de paradas en las zonas de estudio.

Luego de calcular los factores para cada uno de los accesos en la rotondas que entran a los puentes, se procederá a determinar las capacidad real.

En base a la capacidad y volumen actuante en los accesos se procede a determinar los índices de servicio con la relación volumen entre capacidad, con ayuda de la tabla de índice de servicio para calles se determinó el nivel de servicio.

Se tuvo que hacer la determinación de capacidades y niveles de servicio para los diferentes años proyectados y datos históricos de la zona de estudio como también actuales dando por resultado:

| | AÑO 2009 |
|-----------------------------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD |
| CARRIL 1 | 1575 |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 738 |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 738 |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 1337 |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 2160 |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 1620 |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 203 |

| | | AÑO 2009 |
|-----------------------------|------|----------|
| TRAMO | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,57 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 1,59 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,57 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | | |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | | |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 0,78 | E |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,32 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,55 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,96 | E |

| | | AÑO 2012 |
|-----------------------------|--|-----------|
| TRAMO | | CAPACIDAD |
| CARRIL 1 | | 1575 |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | | 738 |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | | 738 |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | | 990 |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | | 990 |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | | 1823 |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | | 3600 |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | | 1620 |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | | 1620 |

| | | AÑO 2012 |
|-----------------------------|------|----------|
| TRAMO | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,36 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 1,24 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,01 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 0,36 | D |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 0,38 | D |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 0,56 | D |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,14 | C |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,33 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,33 | D |

| | | AÑO 2017 |
|-----------------------------|------|----------|
| TRAMO | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,53 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 1,83 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,49 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 0,54 | D |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 0,55 | D |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 0,88 | E |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,21 | C |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,49 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,60 | D |

| | | AÑO 2022 |
|-----------------------------|------|----------|
| TRAMO | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,70 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 2,42 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,97 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 0,71 | E |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 0,73 | E |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 1,16 | F |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,28 | C |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,64 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,79 | E |

4.5 ANALISIS COMPARATIVO DE VOLUMENES Y VELOCIDADES

Para el análisis comparativo de volúmenes y velocidades se procede con la evaluación del cambio en cuanto al volumen existente, con los datos históricos, y las proyecciones a futuro.

Se toma en cuenta el porcentaje de efecto que se produce en cuanto a velocidades y volúmenes, tanto en las rotondas, puentes y avenida de estudio.

CARRIL 1

| AÑO | 2009 | 2012 | |
|---------------------|-------|-------|--|
| VOLUMEN veh / hora | 893 | 567 | |
| VELOCIDAD Km / hora | 54,83 | 56,88 | |
| NIVEL DE SERVICIO | D | D | |
| IS | 0,57 | 0,36 | |
| volumen | 36,44 | % | |
| velocidad | 3,74 | % | |

ENTRADA PUENTE SAN MARTIN

| AÑO | 2009 | 2012 | |
|---------------------|-------|-------|--|
| VOLUMEN veh / hora | 1176 | 913 | |
| VELOCIDAD Km / hora | 21,12 | 28,94 | |
| NIVEL DE SERVICIO | F | F | |
| IS | 1,59 | 1,24 | |
| volumen | 22,37 | % | |
| velocidad | 37,03 | % | |

SALIDA PUENTE SAN MARTIN

| AÑO | 2009 | 2012 | |
|---------------------|-------|-------|--|
| VOLUMEN veh / hora | 1155 | 744 | |
| VELOCIDAD Km / hora | 25,88 | 31,51 | |
| NIVEL DE SERVICIO | F | F | |
| IS | 1,57 | 1,01 | |
| volumen | 35,57 | % | |
| velocidad | 21,77 | % | |

ROTONDA 1

| ACCESO 1 | | | |
|----------|--------------------|-------|------|
| | AÑO | 2009 | 2012 |
| | VOLUMEN veh / hora | 1049 | 1016 |
| | NIVEL DE SERVICIO | E | E |
| | IS | 0,78 | 0,56 |
| | volumen | 3,17 | % |
| ACCESO 2 | | | |
| | AÑO | 2009 | 2012 |
| | VOLUMEN veh / hora | 693 | 521 |
| | NIVEL DE SERVICIO | D | C |
| | IS | 0,32 | 0,14 |
| | volumen | 24,76 | % |

ROTONDA 2 (FUENTE DE LOS DESEOS)

| ACCESO 1 | | | |
|----------|--------------------|---------|------|
| | AÑO | 2009 | 2012 |
| | VOLUMEN veh / hora | 893 | 534 |
| | NIVEL DE SERVICIO | D | D |
| | IS | 0,55 | 0,33 |
| | volumen | 40,23 | % |
| ACCESO 2 | | | |
| | AÑO | 2009 | 2012 |
| | VOLUMEN veh / hora | 195 | 539 |
| | NIVEL DE SERVICIO | E | D |
| | IS | 0,96 | 0,33 |
| | volumen | -176,37 | % |

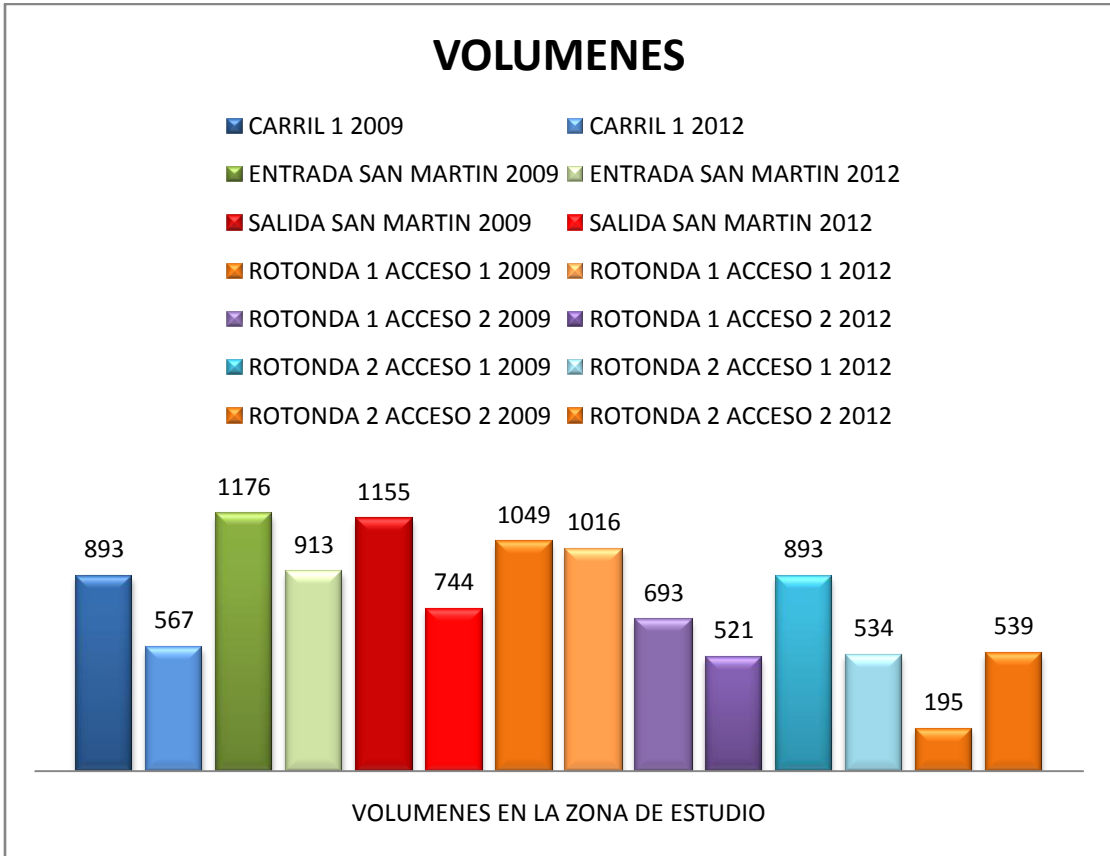


Gráfico Nro. 5

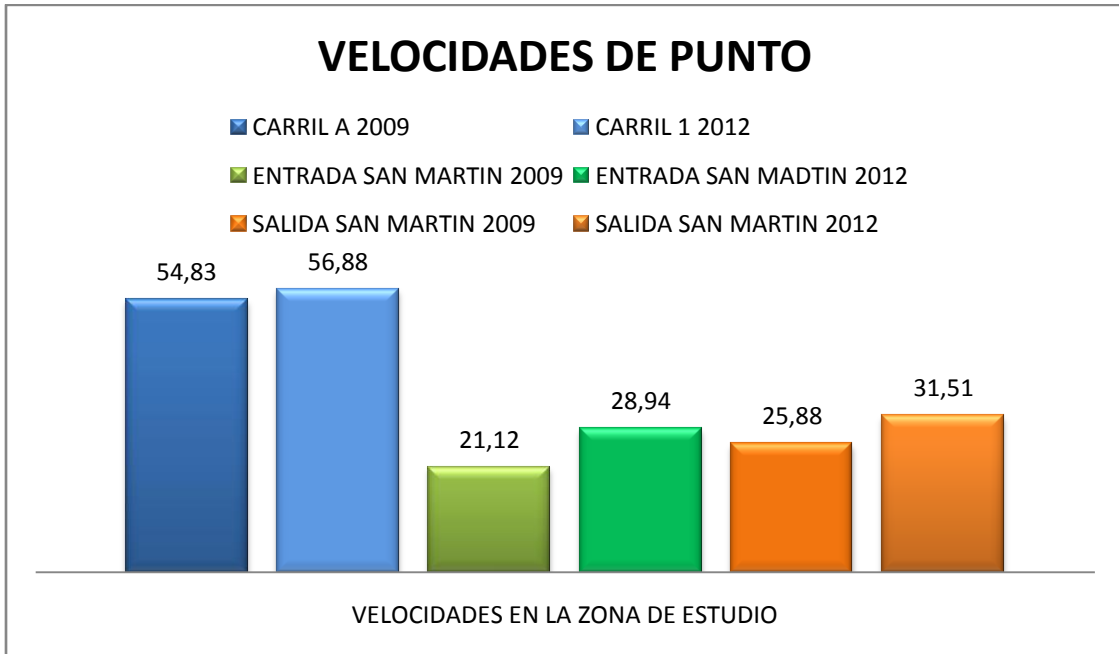


Gráfico Nro. 13

4.6 ANALISIS COMPARATIVO DE CAPACIDAD VEHICULAR Y NIVEL DE SERVICIO

Se toma en cuenta la diferencia de capacidades en el caso de existiera un cambio, en cuanto al nivel de servicio se compa los índices de servicio “V/C” para poder apreciar el cambio en el caso de que se conservara el nivel de servicio en la zona de estudio.

| | AÑO 2009 | AÑO 2012 |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD | CAPACIDAD |
| CARRIL 1 | 1575 | 1575 |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 738 | 738 |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 738 | 738 |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | | 990 |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | | 990 |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 1337 | 1823 |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 2160 | 3600 |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 1620 | 1620 |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 203 | 1620 |

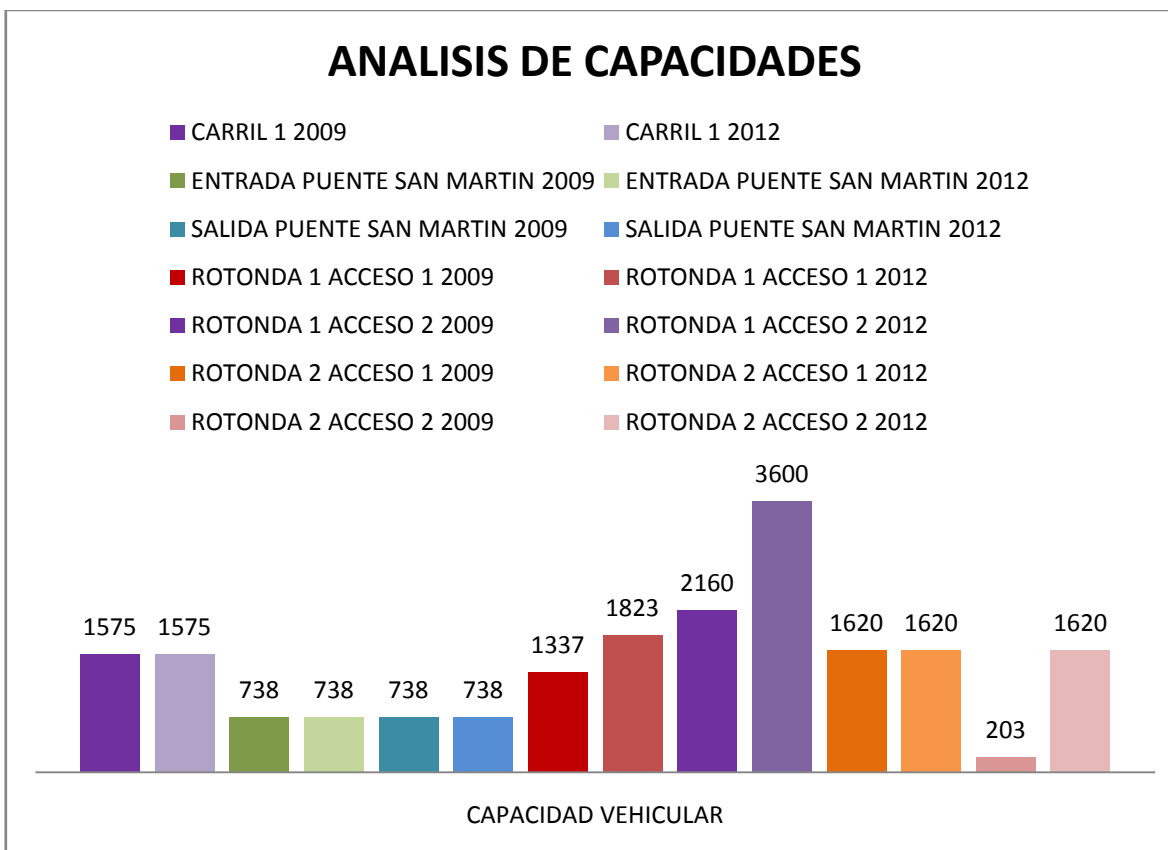


Grafico Nro. 17

ANALISIS DE NIVELES DE SERVICIO

| TRAMO | AÑO 2009 | | AÑO 2012 | |
|-----------------------------|----------|----|----------|----|
| | V/C | NS | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,57 | D | 0,36 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 1,59 | F | 1,24 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,57 | F | 1,01 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | | | 0,36 | D |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | | | 0,38 | D |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 0,78 | E | 0,56 | D |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,32 | D | 0,14 | C |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,55 | D | 0,33 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,96 | E | 0,33 | D |

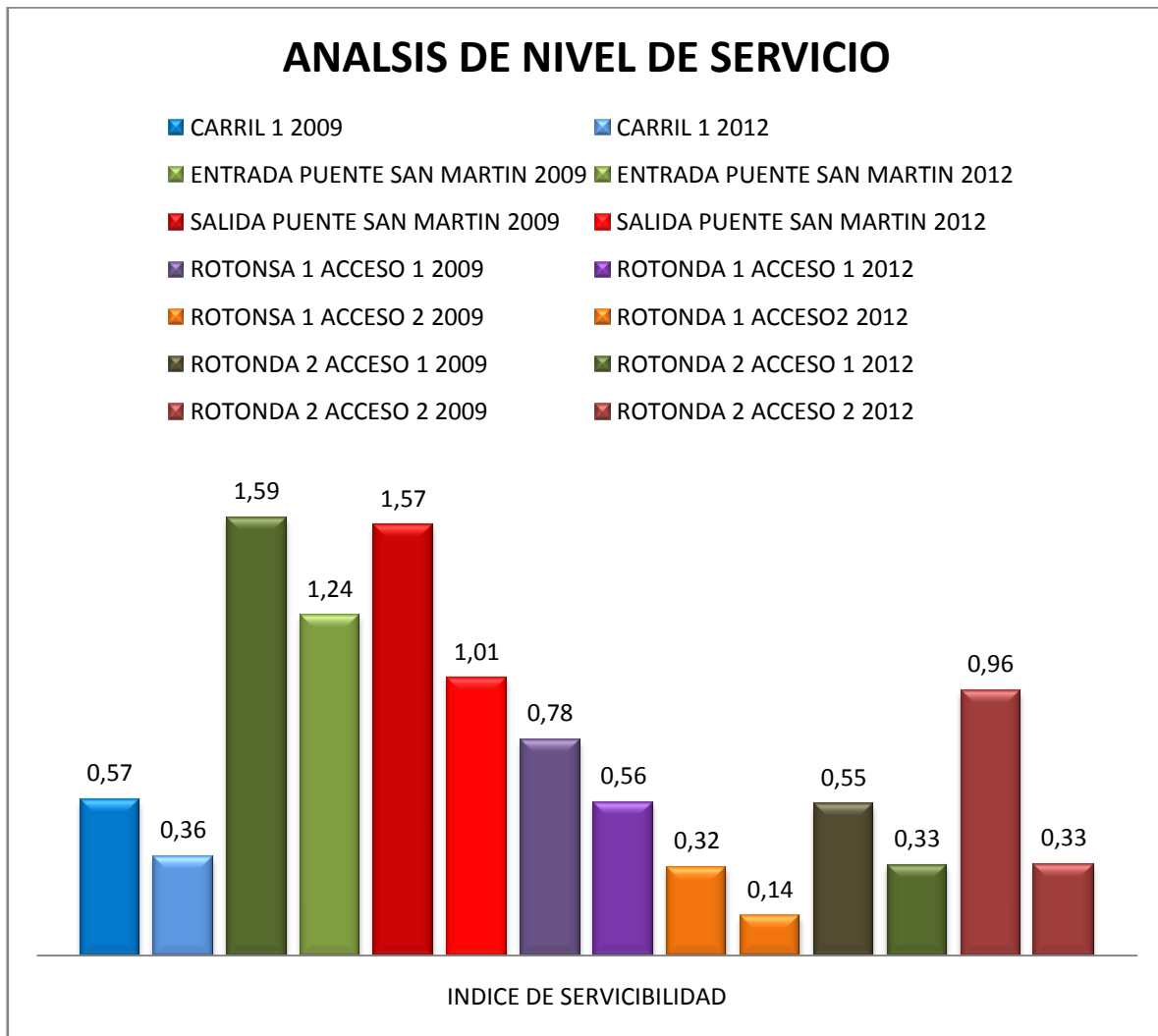


Grafico Nro. 18

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Para el estudio se tienen las siguientes conclusiones:

- Para el estudio del impacto del tráfico vehicular por la puesta en servicio del puente bicentenario de la ciudad de Tarija, se encuentra el problema del incremento del tráfico vehicular en el puente San Martin y sus correspondientes accesos, en el cual parte de la hipótesis de que el puente Bicentenario al estar en servicio debería disminuir el tráfico vehicular en el puente San Martin y sus accesos.
- Se estudió los aspectos generales de la ingeniería de tráfico, donde se estableció unas buenas condiciones para la evaluación del tráfico vehicular.
- Para el estudio se estableció la metodología de la HCM para la determinación de capacidad en calles para vías interrumpidas.
- Para la determinación de los volúmenes se utilizó la depuración de datos, tomando en cuenta las horas pico tomadas de un día, para luego en el transcurso de una semana determinar los días donde existe mayor circulación de vehículos, en el cual nos dio como resultado los martes, jueves y sábado, en las horas de 8:00 a 9:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.
- Para el análisis de la condiciones del tráfico vehicular en el puente San Martin se tomó en cuenta una mejora en volúmenes como la disminución de los vehículos de entrada de 1176 a 913 vehículos por hora generando una mejora de 22.37% y para los vehículos de salida de 1155 a 744 vehículos por hora resultando en una mejora de 35.57%, las velocidades de punto aumentaron para los vehículos de entrada de 21,12 a 28.94 Km/hora produciendo un crecimiento de 37.03% y para los vehículos de salida unas velocidades de 25.88 a 31.51 Km/hora produciendo un crecimiento de 21.77% dando así un menor tiempo de viaje, en cuando a la capacidad se mantuvo por no haber una modificación en el ancho del puente y el nivel de servicio no fue afectado pero si su índice de servicio para los vehículos de entrada de 1.59 a 1.24 y para los vehículos de salida de 1.57 a 1.01.

ENTRADA PUENTE SAN MARTIN

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| AÑO | 2009 | 2012 |
| VOLUMEN veh / hora | 1176 | 913 |
| VELOCIDAD Km / hora | 21,12 | 28,94 |
| NIVEL DE SERVICIO | F | F |
| IS | 1,59 | 1,24 |

| | | |
|-----------|-------|---|
| volumen | 22,37 | % |
| velocidad | 37,03 | % |

SALIDA PUENTE SAN MARTIN

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| AÑO | 2009 | 2012 |
| VOLUMEN veh / hora | 1155 | 744 |
| VELOCIDAD Km / hora | 25,88 | 31,51 |
| NIVEL DE SERVICIO | F | F |
| IS | 1,57 | 1,01 |

| | | |
|-----------|-------|---|
| volumen | 35,57 | % |
| velocidad | 21,77 | % |

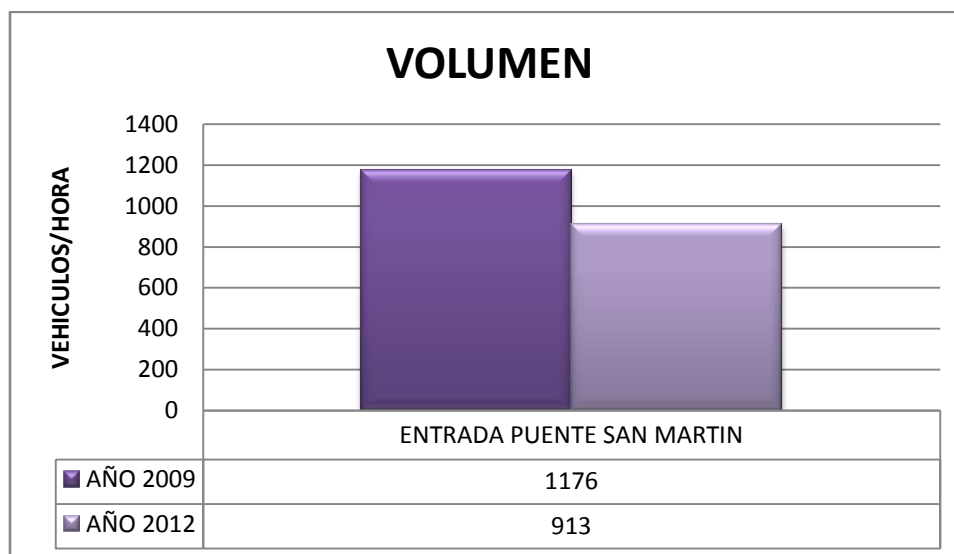


Grafico Nro. 7

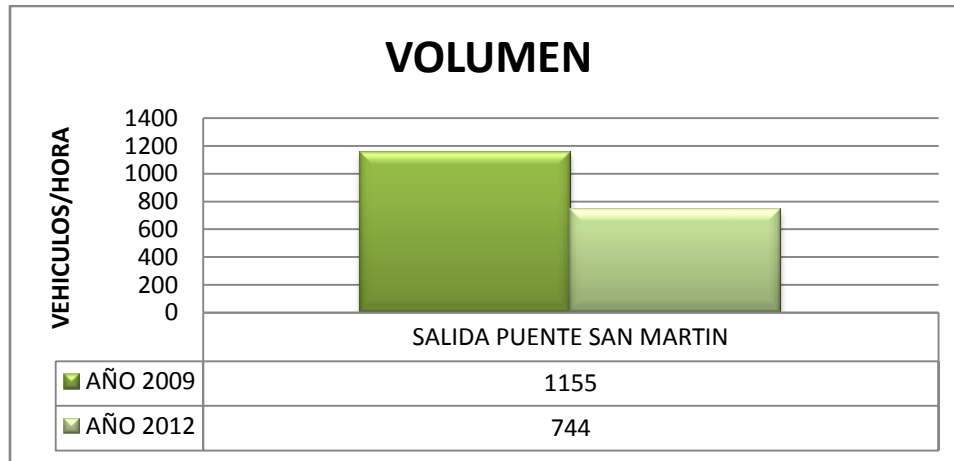


Grafico Nro. 8

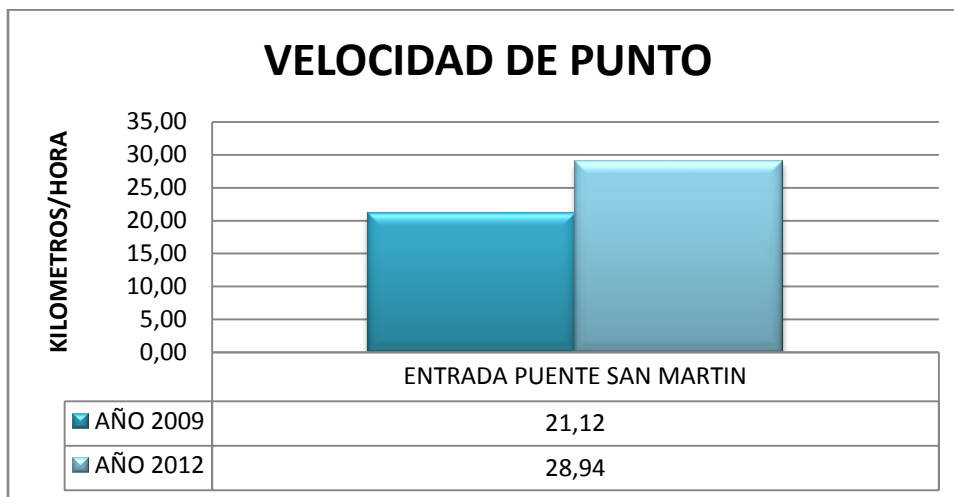


Grafico Nro. 15

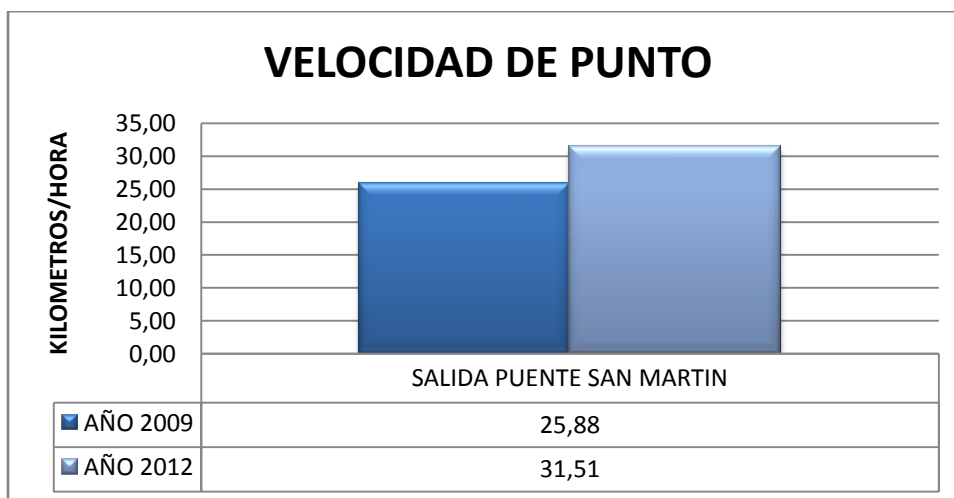


Grafico Nro. 16

- Para el análisis de la condiciones del tráfico vehicular en la rotonda 1 en cruce con el puente san Martín para el acceso 1, se logra observar que los volúmenes disminuyeron de 1049 a 1016 vehículos por hora dando un mejora de 3,17%, la capacidad aumentó debido a la ampliación de la acceso ya que anteriormente tenía la dimensión de 6 metros y actualmente mide 9 metros para determinar la capacidad ideal y cambiar la capacidad real, se produjo un mejor nivel de servicio de un nivel E a un nivel de servicio D es decir de una zona de pequeños embotellamientos a una en cual existe poca libertad de maniobrar.

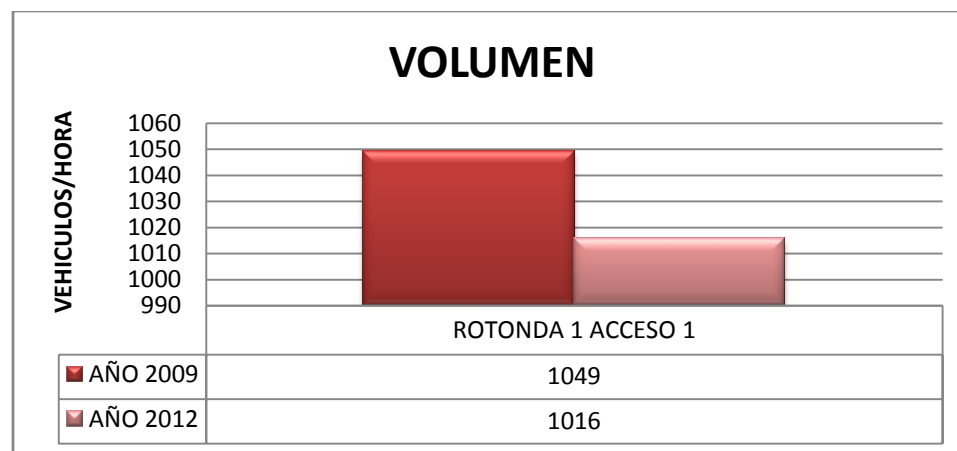


Grafico Nro. 9

| | AÑO 2009 | AÑO 2012 |
|--------------------|-----------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD | CAPACIDAD |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 1337 | 1823 |

| AÑO | 2009 | 2012 |
|--------------------|------|------|
| VOLUMEN veh / hora | 1049 | 1016 |
| NIVEL DE SERVICIO | E | D |
| IS | 0,78 | 0,56 |

| | | |
|---------|------|---|
| volumen | 3,17 | % |
|---------|------|---|

- Para el análisis de la condiciones del tráfico vehicular en la rotonda 1 en cruce con el puente san Martín para el acceso 2, se puede observar que los volúmenes disminuyeron de 693 a 521 vehículos por hora dando un mejora de 24.76%, la

capacidad aumentó debido a la ampliación del acceso ya que anteriormente tenía la dimensión de 9.4 metros y actualmente mide 12.6 metros para determinar la capacidad ideal y cambiar la capacidad real, se produjo un mejor nivel de servicio de un nivel D a un nivel de servicio C, es decir, de una zona de flujo inestable a una zona donde todavía se mantiene un flujo estable con restricciones para seleccionar su propia velocidad.

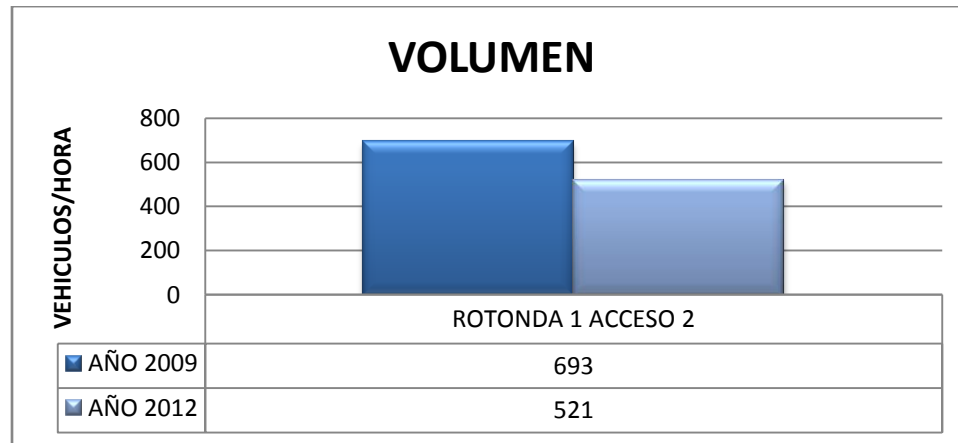


Grafico Nro. 10

| AÑO | 2009 | 2012 |
|--------------------|------|------|
| VOLUMEN veh / hora | 693 | 521 |
| NIVEL DE SERVICIO | D | C |
| IS | 0,32 | 0,14 |

| | | |
|---------|-------|---|
| volumen | 24,76 | % |
|---------|-------|---|

| | AÑO 2009 | AÑO 2012 |
|--------------------|-----------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD | CAPACIDAD |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 2160 | 3600 |

- Para el análisis de la condiciones del tráfico vehicular en la rotonda 2 “FUENTE DE LOS DESEOS” en cruce con el puente BICENTENARIO para el acceso 1, se nota que los volúmenes disminuyeron de 893 a 534 vehículos por hora dando una mejora de 40.23%, la capacidad no se presentó por no presentarse un cambio en el ancho del acceso y no producirse una diferencia en giros de maniobras, se mantuvo el nivel de servicio en D pero mejoró el índice de servicio de 0.55 a 0.33.

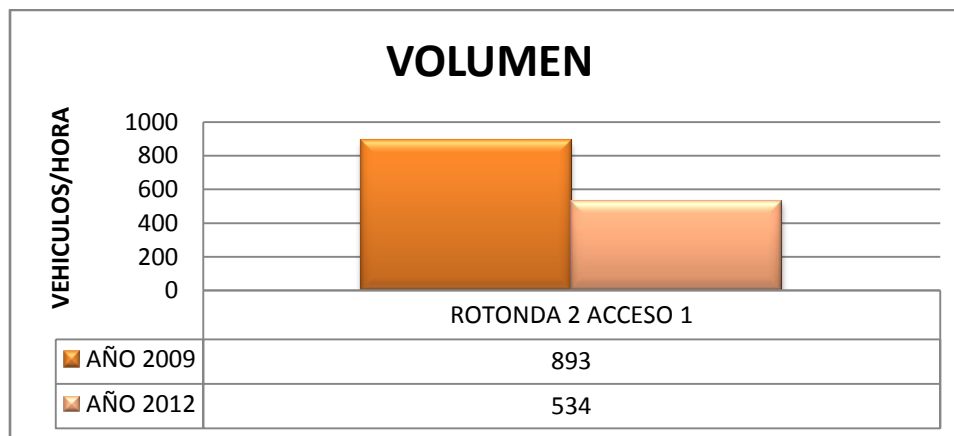


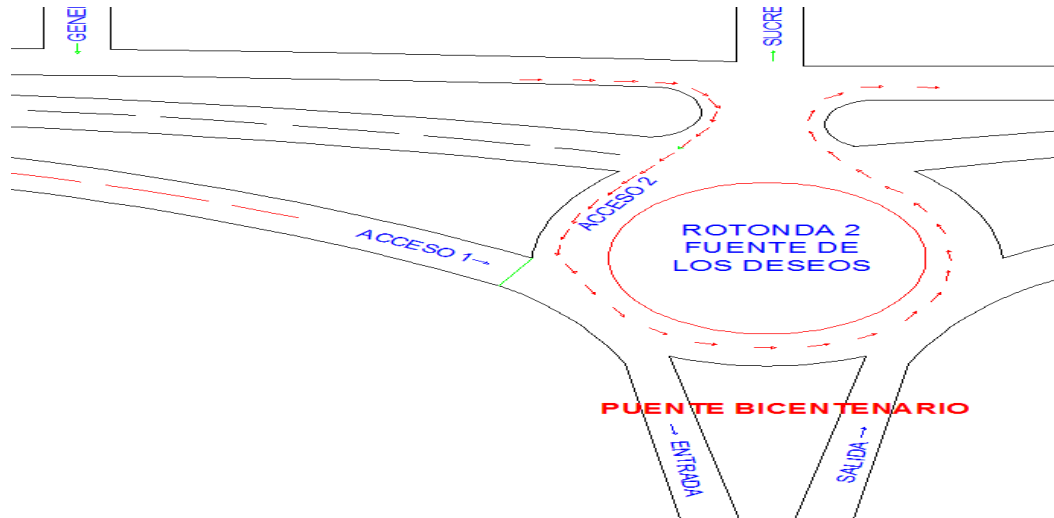
Grafico Nro. 11

| AÑO | 2009 | 2012 |
|--------------------|------|------|
| VOLUMEN veh / hora | 893 | 534 |
| NIVEL DE SERVICIO | D | D |
| IS | 0,55 | 0,33 |

| | | |
|---------|-------|---|
| volumen | 40,23 | % |
|---------|-------|---|

| | AÑO 2009 | AÑO 2012 |
|--------------------|-----------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD | CAPACIDAD |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 1620 | 1620 |

- En cuanto a la rotonda 2 “FUENTE DE LOS DESEOS” en cruce con el puente BICENTENARIO para el acceso 2, nota que los volúmenes aumentaron de 195 a 539 vehículos por hora, dando un valor negativo de -176.37%, dando así un crecimiento de 276.41% esto debido a que la circulación de vehículos de la avenida Víctor Paz del carril 3 que tiene una circulación de doble sentido el carril que va desde el norte al sur de la ciudad de Tarija fue obligado a la circulación por la rotonda de la fuente de los deseos.



En la capacidad se presentó un cambio enorme por producirse un cambio en maniobras como ser las de giro, ya que con anterioridad solo existía la maniobra de giro izquierda dando un factor de 0.1 y ahora en la actualidad por la puesta en servicio del puente se aumentó la movilización de vehículos de frente produciendo un mayor factor de reducción por parte de giros izquierda de 0.8 por lo cual afecto en gran parte a la capacidad produciendo un aumento de 203 a 1620 vehículos por hora, se produjo una mejora del nivel de servicio pasando de un estado E a un estado D.

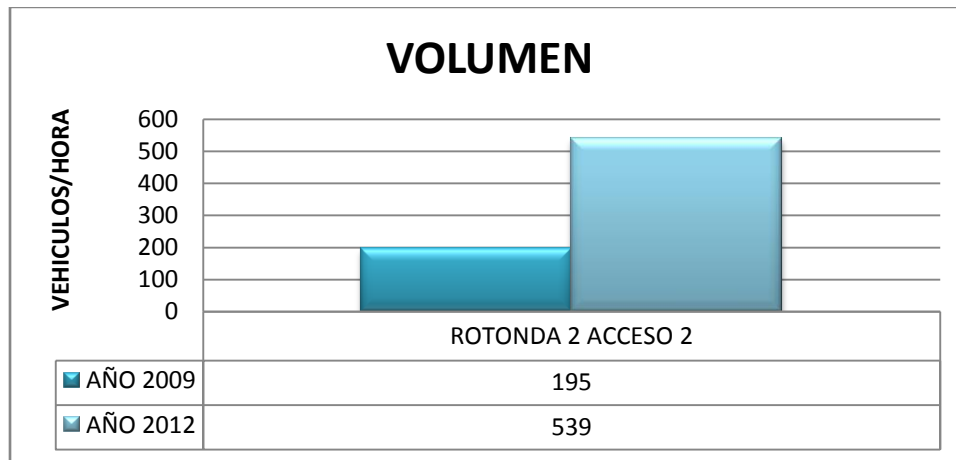


Grafico Nro. 12

| AÑO | 2009 | 2012 |
|--------------------|------|------|
| VOLUMEN veh / hora | 195 | 539 |
| NIVEL DE SERVICIO | E | D |
| IS | 0,96 | 0,33 |

| | | |
|---------|---------|---|
| volumen | -176,37 | % |
|---------|---------|---|

| | AÑO 2009 | AÑO 2012 |
|--------------------|-----------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD | CAPACIDAD |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 203 | 1620 |

- Para el puente bicentenario se presenta unos volúmenes de 371 de salida y en entrada de 360 vehículos por hora, dando así unas velocidades de entrada 41.01 y salida de 37.17 Km/hora, dando un capacidad de 990 vehículos por hora y un nivel de servicio D pero un índice de servicio de 0.36 y 0.38 que está cerca del límite para un nivel de servicio C que es de 0.3.

| | | |
|---|-----|--------------------|
| Salida de vehículos del puente bicentenario = | 371 | Vehículo / Hora |
|---|-----|--------------------|

| | | |
|--|-----|--------------------|
| entrada de vehículos del puente bicentenario = | 360 | Vehículo / Hora |
|--|-----|--------------------|

VELOCIDADES DE PUNTO TOTAL DIARIA EN DIAS HABILES

| Pte. a Senac Km/hr | Pte. al Centro Km/hr |
|-----------------------|-------------------------|
| 41,01 | 37,17 |

| | AÑO 2012 |
|-----------------------------|-----------|
| TRAMO | CAPACIDAD |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 990 |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 990 |

| | AÑO 2012 | |
|-----------------------------|----------|----|
| TRAMO | V/C | NS |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 0,36 | D |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 0,38 | D |

- Para el estudio queda comprobado que se producen mayores velocidades cuando se producen menores volúmenes de circulación, en relación a datos históricos y datos actuales.
- En base al índice de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Tarija se determinó los volúmenes proyectados a 5 y 10 años, con el objeto de determinar las condiciones del tráfico dentro de ese periodo.

| TRAMO | AÑO 2012 | | AÑO 2017 | | AÑO 2022 | |
|-----------------------------|----------|----|----------|----|----------|----|
| | V/C | NS | V/C | NS | V/C | NS |
| CARRIL 1 | 0,36 | D | 0,53 | D | 0,70 | D |
| ENTRADA PUENTE SAN MARTIN | 1,24 | F | 1,83 | F | 2,42 | F |
| SALIDA PUENTE SAN MARTIN | 1,01 | F | 1,49 | F | 1,97 | F |
| ENTRADA PUENTE BICENTENARIO | 0,36 | D | 0,54 | D | 0,71 | E |
| SALIDA PUENTE BICENTENARIO | 0,38 | D | 0,55 | D | 0,73 | E |
| ROTONDA 1 ACCESO 1 | 0,56 | D | 0,82 | E | 1,09 | F |
| ROTONDA 1 ACCESO 2 | 0,14 | C | 0,21 | C | 0,28 | C |
| ROTONDA 2 ACCESO 1 | 0,33 | D | 0,49 | D | 0,64 | D |
| ROTONDA 2 ACCESO 2 | 0,33 | D | 0,49 | D | 0,65 | D |

- Para el nivel de servicio en el puente san Martin se puede observar que no produce un cambio en el nivel de servicio, pero si en el índice de servicio, debido a que el flujo vehicular sobrepasa la capacidad del puente aplicando la metodología de la HCM.
- Para un mayor entendimiento se realizó un cálculo de la capacidad vehicular de los puentes se los considero como carreteras de 2 carriles, donde se puede ver que el puente San Martin en el año 2009 se encontraba en un nivel de servicio E que es un flujo inestable con pequeños embotellamientos y actualmente se encuentra en un nivel de D un flujo que se acerca a uno inestable donde los conductores presentan poca libertad de maniobrar.

AÑO 2009

$$C_{60} = F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p * C_i$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD

| F _{pe} TABLA 1 | F _d TABLA 2 | F _{cb} TABLA 3 | F _p TABLA 4 | C _i (veh/h) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 1 | 0,963 | 1 | 3200 |

| |
|----------------|
| C60 (veh/h) |
| 3082 |

INDICE DE SERVICIO

$$Q/C = 0,76 \quad \text{NIVEL DE SERVICIO E}$$

$$0,7 < 0,76 < 1$$

AÑO 2012

$$C_{60} = F_{pe} * F_d * F_{cb} * F_p * C_i$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD

| F _{pe} TABLA 1 | F _d TABLA 2 | F _{cb} TABLA 3 | F _p TABLA 4 | C _i (veh/h) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 0,925 | 0,963 | 1 | 3200 |

| |
|----------------|
| C60 (veh/h) |
| 2850 |

INDICE DE SERVICIO

$$Q/C = 0,58 \quad \text{NIVEL DE SERVICIO D}$$

$$0,3 < 0,58 < 0,7$$

Donde se puede apreciar una mejora de nivel de servicio, para lo cual podemos revisar en el anexo 9 pagina 301.

- También se realizó un cálculo de la capacidad vehicular de los puentes considerándolos como carreteras de 2 carriles, donde se puede ver que el Puente Bicentenario donde se encuentra en un nivel de C con un índice de servicio de 0,23 donde el flujo de circulación se mantiene en una zona estable.

CALCULO DE LA CAPACIDAD

| F _{pe} TABLA 1 | F _d TABLA 2 | F _{cb} TABLA 3 | F _p TABLA 4 | C _i (veh/h) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 0,99 | 0,995 | 1 | 3200 |

| |
|----------------|
| C60 (veh/h) |
| 3152 |

INDICE DE SERVICIO

$$Q/C = 0,23 \quad \text{NIVEL DE SERVICIO C}$$

$$0,1 < 0,23 < 0,3$$

- Para los puentes, en las proyecciones para establecer el nivel de servicio a futuro se puede observar en los 2017 para el puente San Martín se encontrará en un nivel de servicio E con un índice de servicio 0,86 un flujo inestable. El Puente Bicentenario en el año 2017 se encontrará en un nivel de servicio D con un índice de servicio de 0,34 en un flujo inestable.
- Para los puentes, en las proyecciones y establecer el nivel de servicio a futuro se puede observar en los 2022 para el puente San Martín se encontrará en un nivel de servicio F con un índice de servicio 1,14 un flujo forzado. El Puente Bicentenario en el año 2022 se encontrará en un nivel de servicio D con un índice de servicio de 0,45 en un flujo inestable.
- Para la proyección de volúmenes el incremento de tráfico en un periodo de 10 años en los accesos de rotondas empieza a crecer de manera que puede llegar a dejarlos en un estado de congestión o en un nivel de servicio F para el acceso 1 de la rotonda 1 en intersección al puente San Martín, esto es debido al gran crecimiento en el parque automotor de la ciudad de Tarija en estos últimos años.
- Para el estudio queda concluido que al realizar un análisis comparativo donde se puede observar el nivel de incidencia en cada punto especificado donde se evaluó las condiciones del tráfico vehicular, demostrando que se produjeron mejoras en el tráfico vehicular.

5.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo al estudio se puede plantear las siguientes recomendaciones:

- Para mejorar la capacidad y nivel de servicio, de esta manera bajando su nivel de servicio y producir mejores velocidades y menores volúmenes es necesario contar con nuevas rutas de circulación para el servicio público, ya que en el estudio se observa que gran cantidad del tráfico vehicular es de servicio público; obligándolos a estos circular por el puente Bicentenario y no así por el puente San Martín.
- Se recomienda para estudios de tráfico tomar nuevos aspectos, como los semáforos, en este caso no se logró elaborar las comparaciones debido que los estudios anteriores no se encontraban semáforos en la zona.

- Realizar un estudio del diseño de semáforos de manera eficiente en los accesos del puente por el incremento de nuevas vías en el área de estudio, por lo cual en la rotonda del puente San Martín se puede observar que no están en servicio los semáforos, debido al incremento de vías en los alrededores del puente.
- Se recomienda que para un mejor cálculo se proceda a determinar la capacidad de los puentes Bicentenario y San Martín con otros métodos para comprobar la precisión de los métodos usados, donde se puedan tomar más aspectos a la hora de determinar la capacidad.
- Para un estudio a futuro se debe de considerar a los puentes como carreteras, para una mejor apreciación de su capacidad y su nivel de servicio.