

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La inseguridad vial es un problema que desean los países resolver para reducir los costos económicos y sociales que genera.

Los datos de colisiones provienen de los informes policiales de accidentes de tránsito que en nuestro país han sido analizadas con procedimientos estadísticos descriptivos que son limitados para describir la complejidad de la seguridad vial impidiendo entenderla y restringiendo la generación de alternativas de solución satisfactorias.

En los países desarrollados el análisis de las bases de datos de colisiones se ha hecho con metodologías modernas y sofisticadas con gran capacidad de representar los efectos en la seguridad vial de los factores contribuyentes permitiendo considerar esta complejidad mediante el desarrollo de modelos de seguridad vial basados en análisis multivariado permitiendo generar políticas o medidas de mejoramiento efectivas.

Este trabajo describe esta metodología y muestra su aplicación en un caso en el departamento de Tarija, siendo la primera vez que se utilizan en vías de desarrollo, permitiendo modelar la seguridad vial para comprenderla. En el método a presentar se analizaron variables clásicas con un modelo Logit Multinomial (MNL) con parámetros aleatorios. Los resultados muestran el potencial de esta metodología para representar la seguridad vial, poder entenderla y generar alternativas de solución satisfactoria y eficiente.

Además, uno de los objetivos que se persigue al diseñar una intersección es minimizar el número y potenciales eventos que pudieran traducirse en accidentes, a la vez de facilitar la comprensión y movimientos a través de ella por parte de los usuarios, con los estándares más altos de seguridad. En este punto es donde radica la importancia de realizar estudios rápidos conducentes a evaluar el riesgo en intersecciones y aplicar metodologías nuevas y eficientes para una mayor seguridad vial en las intersecciones de mayores problemas.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En los tiempos actuales los incrementos de los parques automotores en los países cuya consecuencia en el mayor volumen de tráfico en vías urbanas y carreteras han originado

el incremento de los accidentes y la mayor pérdida de vidas humanas es que no solo importa que las carreteras tengan un buen diseño geométrico y estructural que desde el punto de vista técnico satisfaga sino que los diseños deben pretender a obtener con el diseño una mayor seguridad vial.

Para lograr una mayor seguridad vial en vías urbanas deben profundizarse los estudios e investigaciones sobre los elementos que permiten obtener una mayor seguridad vial e impulsar que en las construcciones de las vías urbanas se tomen en cuenta estos elementos que conseguirán en parte una mayor seguridad vial de las carreteras y vías de nuestra ciudad.

Particularmente en nuestro medio la concientización sobre la importancia de la seguridad vial aun es precaria, aun así consideramos muy importante desde el punto de vista ingenieril introducir el análisis técnico de estos elementos para que las instituciones, consultoras y constructoras del área de las carreteras vayan introduciendo en sus proyectos la disposición de elementos de seguridad vial.

Significa un aporte académico importante por su estudio ya que es muy vago en las materias de la carrera de ingeniería civil por lo que se hace importante la necesidad de profundizar para que el documento resulte un producto de consulta.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Situación problemática**

El problema de la seguridad vial es un tema muy complejo considerando, en el medio terrestre, la gran diversidad de los modos de transporte que participan, la intervención de los factores contribuyentes en la ocurrencia de las colisiones, la magnitud, la disparidad de los componentes, las responsabilidades no definidas de las instituciones actoras.

No existen metodologías normadas para inspecciones de seguridad vial, que estudien la accidentabilidad de las intersecciones y se ajusten a un modelo y las condiciones reales de explotación; lo cual, hace que la exposición al riesgo del conjunto de usuarios y el número de accidentes sea cada vez mayor si no se adoptan medidas que mejoren los niveles de seguridad de la circulación.

### **1.3.2 Problema**

¿Permitirá; la aplicación de una nueva metodología Log Multinomial evaluar la inseguridad vial, basada en datos de accidentes y parámetros estudiados de tráfico, mejorar las condiciones de uso y reducir el riesgo de las intersecciones?

## **1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar la modelación de la seguridad vial con una nueva metodología “Log Multinomial” para el análisis del parámetro de seguridad vial y su aplicación en la ciudad de Tarija.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar los aspectos generales de la ingeniería de tráfico y particularmente la seguridad vial en la Av. Circunvalación.
- Analizar la metodología del método Log Multinomial.
- Establecer el área de estudio a lo largo de la Av. Circunvalación.
- Determinar las características de comportamiento del área de estudio
- Aplicar el modelo Log multinomial para el área de estudio y establecer las condiciones de seguridad vial.
- Elaborar un análisis de resultados de las intersecciones estudiadas tanto de inseguridad vial, señales verticales y horizontales.
- Plantear acciones, conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

## **1.5 HIPÓTESIS**

Si aplicamos una metodología nueva que pueda evaluar la accidentabilidad en las intersecciones, que se ajuste a las características y condiciones reales de explotación, entonces; se podrá diseñar en base a un modelo de predicción, que considerará que tipos de instalaciones son seguras, cuales no y que también permita evaluar las mejoras efectuadas, basado en inspecciones de seguridad vial.

## 1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

### 1.6.1. Variables independientes

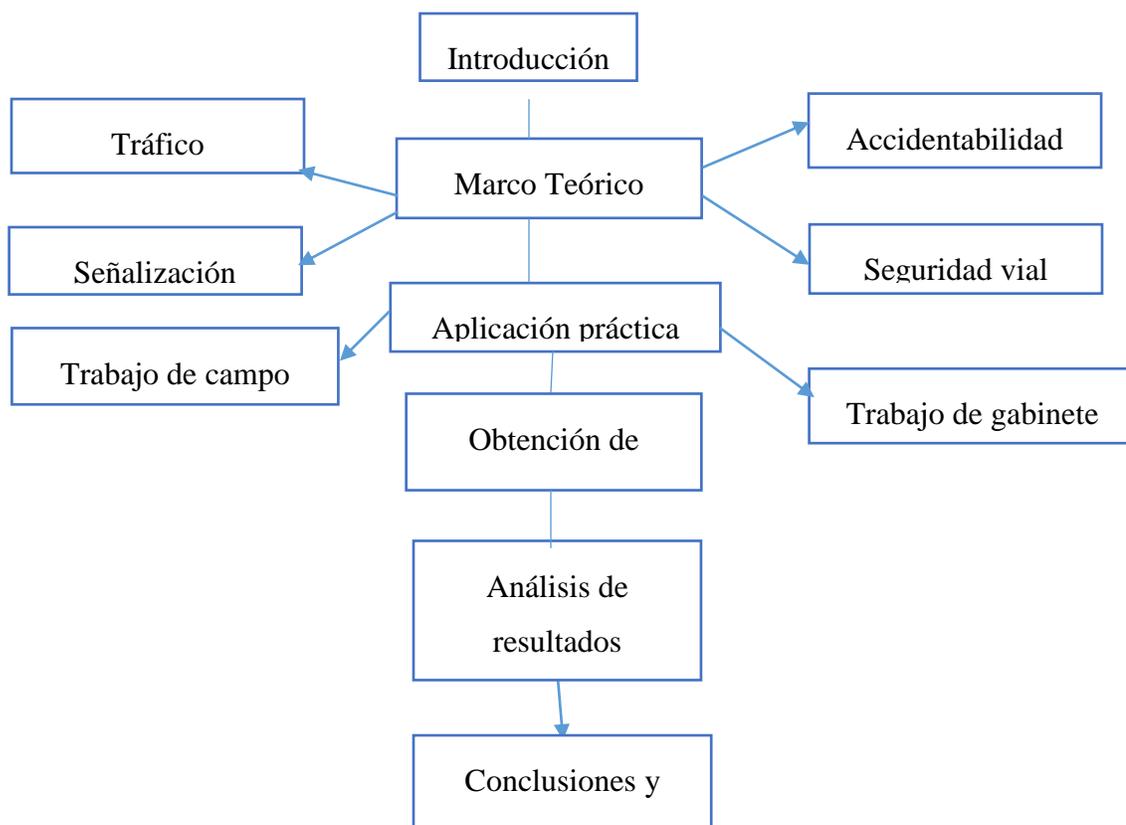
- ❖ Intersecciones a nivel

### 1.6.2. Variables dependientes

- ❖ Geometría, características físicas.
- ❖ Volumen de tráfico vehicular
- ❖ Señalización
- ❖ Accidentología

## 1.7 DISEÑO METODOLÓGICO

Figura 1.1. Diseño metodológico



Fuente: Propia

La presente metodología desarrollada pretende innovar el estudio de tráfico en la ciudad de Tarija.

En primer lugar, se estudiará conceptos necesarios para poder desarrollar el trabajo, posteriormente será desarrollada de acuerdo a las características geométricas, físicas, la señalización que posee, el aforo de vehículos que circulan por las intersecciones en estudio.

Una vez obtenidos valores numéricos se realizará un análisis evaluativo con la accidentabilidad, capacidad, nivel de servicio y definir cuales se encuentran trabajando eficientemente y que intersecciones necesitan algún tipo de planteamiento de solución.

### **1.7.1 Componentes**

#### **Unidad**

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

#### **Población**

La población son las intersecciones a nivel de la Av. Circunvalación en la ciudad de Tarija, de las cuales se van a determinar el nivel de riesgo aplicando inspecciones de seguridad vial.

#### **Muestra**

Se evaluarán todas las intersecciones a nivel ubicadas en la Av. Circunvalación, que en total son 18; conformadas por rotondas, intersecciones dobles y simples.

#### **Muestreo**

En cada intersección se realizarán los siguientes estudios:

- Aforo de volúmenes vehiculares de cada acceso a la intersección
- Medición de la velocidad de circulación
- Inspecciones de seguridad vial
- En gabinete se determinará el comportamiento de:
- Volúmenes medios vehiculares en los accesos
- Capacidad de los accesos y la intersección
- Nivel de servicio

## Análisis estadístico

### ✓ Estadística descriptiva

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

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

### Media aritmética

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

La fórmula general para n elementos es:

### Fórmula de la media aritmética

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

Donde:

n = Número de datos

x = Valor del dato

$\Sigma$  = Sumatoria

### Mediana

La mediana es el valor que ocupa el lugar central entre todos los valores del conjunto de datos, cuando estos están ordenados en forma creciente o decreciente.

La mediana de un conjunto con un número impar de datos es, una vez ordenados los datos, el dato que ocupa el lugar central.

Y se encuentra representada por Me.

## Moda

La moda de un conjunto de datos es el dato que más veces se repite, es decir, aquel que tiene mayor frecuencia absoluta. Se denota por  $M_o$ . En caso de existir dos valores de la variable que tengan la mayor frecuencia absoluta, habría dos modas. Si no se repite ningún valor, no existe moda.

## Desviación estándar

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

## Fórmula de la desviación estándar

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

Donde:

$s$  = Desviación estándar

$n$  = Número de datos

$x$  = Valor del dato

$\Sigma$  = Sumatoria

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

## **1.8 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.**

### **1.8.1 Método inductivo**

El inductivismo o método lógico inductivo es un método lógico científico que elabora conclusiones generales a partir de enunciados observacionales particulares y parte de lo particular a lo general.

El inductivismo se caracteriza por tener 4 etapas básicas:

- ❖ La observación y registro de todos los hechos.
- ❖ Análisis y clasificación de los hechos.
- ❖ Derivación inductiva de una generalización a partir de los hechos.
- ❖ Contrastación.

En una primera etapa se deberían observar y registrar todos los hechos y luego analizarlos y clasificarlos ordenadamente.

A partir de los datos procesados se deriva una hipótesis que solucione el problema basada en el análisis lógico de los datos procesados. Esta derivación de hipótesis se hace siguiendo un razonamiento inductivo.

En la última etapa se deduce una implicación contrastadora de hipótesis. Esta implicación debería ocurrir en el caso de que la hipótesis sea verdadera, así si se confirma la implicación contrastadora de hipótesis quedará validada la hipótesis principal.

En el presente trabajo se plantea reducir el nivel de riesgo en las intersecciones, es así que se va inducir una metodología basada en inspecciones de seguridad vial, realizando la toma de datos de campo, hechos, analizarlos, etc. para finalmente verificar la hipótesis principal planteada.

### **1.8.2 Técnica experimental**

La técnica experimental es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual el investigador manipula una o más variables y controla y mide cualquier cambio en otras variables. Es la investigación en donde el científico influye activamente en algo para observar sus consecuencias. La mayoría de los experimentos suelen ubicarse entre la definición estricta y amplia.

Los experimentos se llevan a cabo con el objetivo de predecir fenómenos. Normalmente, un experimento es construido para poder explicar algún tipo de causalidad. La investigación experimental es importante para la sociedad, nos ayuda a mejorar las condiciones de vida diaria. Con la técnica experimental se podrá plantear y analizar de qué manera la propuesta metodológica será beneficiosa y hasta qué punto podrá mejorar las condiciones actuales de circulación en las intersecciones a nivel.

### **1.9 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

El alcance contempla el trabajo de campo que consiste en realizar la recolección de datos de accidentología que son registrados por el parte policial en la unidad de tránsito, el levantamiento visual de parámetros de seguridad vial y las mediciones de aforo; vehicular, que serán necesarias para calcular en las intersecciones; además de la contrastación y análisis evaluativo con la capacidad y el nivel de servicio calculado para cada intersección.

Los límites establecidos para el estudio de este trabajo de investigación se identificarán de la siguiente manera: la Av. Circunvalación que tiene como punto de inicio la rotonda de la gasolinera Agrupa y finaliza en la Av. Héroes del chaco y Circunvalación, estableciendo como área de estudio todas las intersecciones que se encuentran dentro de estos límites.

El trabajo de campo consta del aforo de volúmenes vehiculares de cada acceso a la intersección, medición de velocidades de circulación y levantamiento de datos a través de una inspección visual para observar la existencia o no de los parámetros de seguridad vial con las que deben contar las vías.

Al haber obtenido todos los datos necesarios se aplicará la metodología para poder encontrar las intersecciones con mayor grado de riesgo de accidentabilidad, propios de cada uno de los puntos seleccionados y así clasificar el funcionamiento de las vías en estudio según parámetros que se obtendrán a través del cálculo.

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

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y LA SEGURIDAD VIAL**

#### **2.1 GENERALIDADES**

La Ingeniería de tráfico o de tránsito es una rama de la ingeniería del transporte y a su vez rama de la ingeniería civil que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

La ingeniería de tráfico es el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, prácticas profesionales, principios y valores, necesarios para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes.

Esta rama de la ingeniería es una especialidad, basada en la aplicación de las ciencias físicas, matemáticas, la técnica y en general el ingenio, en beneficio de la humanidad.

El ingeniero de tráfico, en vez de tratar con la construcción de una nueva infraestructura, está encargado del dimensionamiento y diseño de la infraestructura para lograr un flujo de tráfico eficiente y de la evaluación de los sistemas de tráfico para optimizar el uso de esa infraestructura vial. Dentro de los elementos de control de tráfico están las Señales de tráfico, semáforos, paneles, sensores, etc., con el fin de lograr una operación segura y eficiente en la infraestructura vial.

#### **2.2 ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO**

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

- ❖ El Usuario.
- ❖ El Vehículo.
- ❖ La Vía o Vialidad

##### **2.2.1 Elemento usuario**

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

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

### **2.2.1.1 El peatón**

Peatón es considerado a toda la población en general, son todas aquellas personas desde un año hasta cien años de edad.

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.

### **2.2.1.2 El 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.

### **Características del conductor**

Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que transmiten los sentidos, cuya información llegan al conductor a través de los ojos, oídos y terminales nerviosas. A continuación, citaremos las características más importantes del conductor:

- ✘ Visión periférica, se refiere a que una persona puede percibir objetos periféricos dentro de un cono con ángulo central de hasta 160 grados.
- ✘ Información visual, se refiere a que el conductor mediante movimientos de la cabeza y los ojos aumenta la cantidad de información visual recibida.
- ✘ Encandilamiento, se refiere a la visión del conductor en condiciones de encandilamiento.
- ✘ Sensibilidad visual a la luz y al color (daltonismo).

- ✘ La altura del ojo del conductor respecto a la superficie será de 1,14 metros.

## **2.2.2 Elemento vehículo**

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

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

### **2.2.2.1 Clasificación y características del vehículo de proyecto**

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

Los vehículos se clasifican en 2:

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

#### **Vehículos ligeros**

Los vehículos ligeros de proyecto pueden ser utilizados en:

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

#### **Vehículos pesados**

Los vehículos pesados de proyecto pueden ser utilizados en:

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

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

**Tabla 2.1. Características de los vehículos más frecuentes**

Clase	Dimensiones		
	Longitud (m)	Ancho (m)	Alto (m)
<b>Coches</b>			
Pequeños	3.0 - 3.5	1.3 - 1.4	1.34 - 1.35
Medianos	3.6 - 4.4	1.5 - 1.6	1.35 - 1.40
Grandes	4.5 - 4.8	1.7 - 1.8	1.35 - 1.50
<b>Furgonetas</b>	4.0 - 4.8	1.6 - 2.0	1.80 - 2.00
<b>Autobuses</b>	10.0 - 16.0	2.5	3
<b>Camiones (rígidos)</b>			
<b>2 ejes</b>			
Pequeños	5.0 - 6.0	2.1 - 2.3	-
Medianos	6.0 - 6.2	2.4 - 2.5	-
Grandes	7.5 - 7.8	2.5 - 2.5	-
<b>3 ejes</b>	8.0 - 10.0	2.4 - 2.5	-
<b>4 ejes</b>	11	2.5	-

Fuente: Elementos de ingeniería de tráfico – Carlos Kraemer

### 2.2.3 Elemento vía

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

La vía es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. El elevado nivel de vida de un país se relaciona con un excelente sistema vial o viceversa.

### 2.2.3.1 Partes integrantes de una vía

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

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

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

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

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

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

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

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

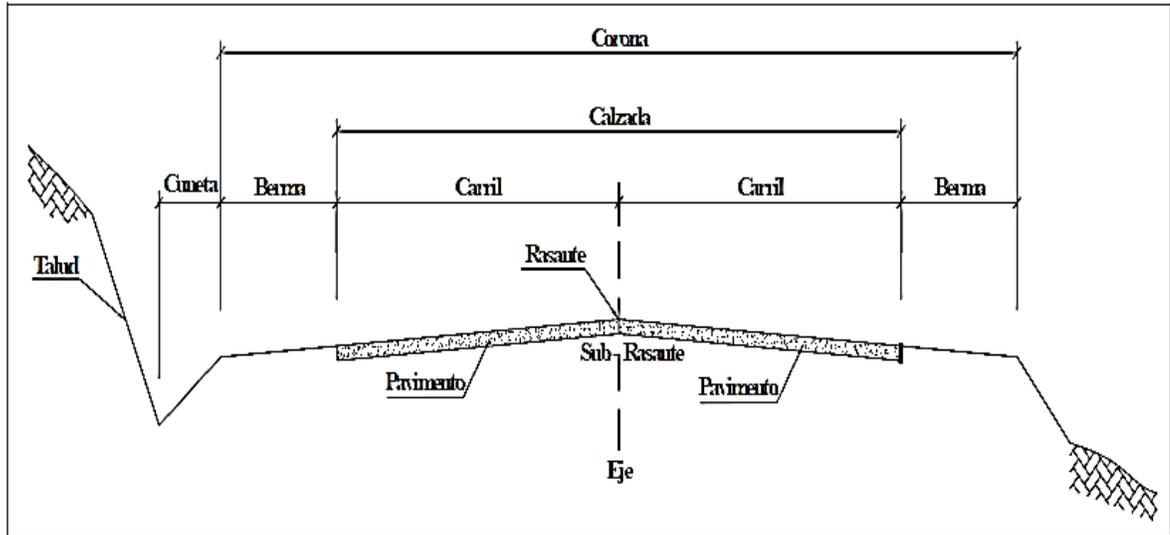
**Drenaje transversal:** Está formado por las alcantarillas y estructuras mayores por ejemplo los puentes, que permitan que el agua cruce de un lado a otro de la carretera sin invadir su superficie.

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

**Subrasante:** Es la superficie de terreno especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento

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

**Figura 2.1. Partes integrantes de una vía**



Fuente: Diseño geométrico de carreteras - Jaime Cárdenas Grisales

### 2.2.3.2 Capacidad en vías de flujo interrumpido

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.

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.

La capacidad está dada bajo condiciones prevalecientes de la vía (características geométricas, tipo de sección, pendientes, dimensiones de carriles, bermas, etc.), del control (dispositivos de control de tránsito como semáforos, señales, movimientos permitidos), y del tránsito (composición vehicular, velocidad, características del flujo vehicular).

### 2.2.3.3 Nivel de servicio de una vía

El Nivel de Servicio es una medida de la calidad de fluidez.

Es por esto que el nivel de servicio se estudia de acuerdo al siguiente análisis:

**Nivel de servicio A.-** Representa una circulación a flujo libre. Poseen una altísima libertad para seleccionar sus velocidades deseadas y maniobrar dentro del tránsito. Y se considera un alto nivel de confort proporcionado por la circulación al motorista, pasajeros o peatón, es excelente.

**Nivel de servicio B.-** Está dentro del rango del flujo estable, aunque se empiezan a observar otros vehículos integrantes de la circulación. La libertad de selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobras en relación con la del nivel de servicio A.

**Nivel de servicio C.-** Pertenece al rango del flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación del usuario individual se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de la velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente.

**Nivel de servicio D.-** Representa una circulación de densidad elevada, que establece que la velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos del flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento.

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

La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a “ceder el paso”. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos del flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

**Nivel de servicio F.-** Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde las operaciones se caracterizan por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

Para la determinación del Nivel de Servicio de una determinada intersección, se determina en primer lugar la capacidad de dicha intersección o si es que ya se la tiene se

la utiliza para determinar la relación entre el volumen del acceso al que corresponde la capacidad de la intersección, esta relación es conocida como el Factor de Carga. Con este valor entramos a la siguiente tabla que se muestra a continuación y determinamos a qué Nivel de Servicio corresponde.

**Tabla 2.2. Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes**

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

Fuente: Manual de capacidad para vías interrumpidas

## 2.3 PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO

El buen estudio de volumen de tránsito definirá el éxito de una vía, un error al hacer un estudio de este tipo puede ocasionar un fracaso en el objetivo por el cual se construya una vía ya que podría generarse que sobre una vía transite un volumen muy inferior al que se había proyectado y por ende en la vía no haya óptimo rendimiento, o por el contrario transiten más vehículos de lo previsto y así se generan problemas de congestión.

### 2.3.1 Parámetro intensidad

Se llama intensidad de tráfico al número de vehículos que pasa a través de una sección fija de una carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria).

La intensidad es la característica fundamental de la circulación, ya que permite caracterizar el tipo de circulación en un tramo viario, por lo que es una variable básica en el análisis del tráfico.

Desde el punto de vista de la Ingeniería de Tráfico interesan especialmente dos estados de la variable intensidad en función del tiempo:

- La intensidad media diaria anual: número de vehículos que pasan por una sección durante un año, dividido por 365. Se conoce normalmente en España como IMD, y puede considerarse como la intensidad de tráfico que corresponde al día medio del año.
- La intensidad horaria punta: número de vehículos que pasan por una sección durante la hora que se considera representativa de las condiciones de mayor circulación.

### **2.3.2 Parámetro velocidad**

Se define como velocidad a la relación que existe entre una distancia que se recorre y el tiempo en que se tarda en recorrer. En este mismo concepto existen diferentes tipos de velocidad entre los cuales las más importantes son:

- × Velocidad de punto
- × Velocidad de recorrido total
- × Velocidad de crucero
- × Velocidad directriz

#### **Velocidad de punto**

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

Las característica principal de este tipo de velocidad es que las distancias definidas se toma al vehículo que va a recorrerla en un flujo libre sin interferencia de demoras.

#### **Velocidad de recorrido total**

La velocidad de recorrido total es aquella que se define como la distancia que se recorre en un tramo definido y el tiempo que se tarda en recorrer, tiempo que influye en la circulación y las demoras, normalmente la velocidad de recorrido total es un parámetro de la fluidez de tráfico, cuanto mayor la velocidad de recorrido total mayor la fluidez, cuanto menor la velocidad de recorrido total mayor el congestionamiento del tráfico.

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

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

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

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

$$vR = d R / (t_c + tD)$$

Donde:

$vR$  = Velocidad de recorrido total (km./h)

$t_c$  = Tiempo de circulación (hr)

$tD$  = Tiempo de demoras (hr)

$d_r$  = Distancia de recorrido (km.)

### **Velocidad de cruceo**

Se denomina velocidad de cruceo a la que se registra como la relación de una distancia de recorrido total sobre el tiempo de circulación del vehículo sin tomar en cuenta el tiempo de demoras.

Esta velocidad de cruceo es comparada con la velocidad de punto con el propósito de definir o establecer cuál es la incidencia por causa de las demoras que tiene la velocidad de un vehículo en movimiento, normalmente la velocidad de cruceo es menor que la velocidad de punto, la diferencia que existe entre estas dos podrá indicarnos cuanto esta incidencia y en que magnitud el efecto de las demoras en la velocidad del vehículo.

### **Velocidad directriz o de proyecto**

Ninguna de la anteriores velocidades son consideradas para el diseño geométrico de la carretera o calles estableciéndose otro definición que la velocidad de proyecto o directriz considera así como la velocidad de un 80% o más del conjunto de vehículos circula a dicha velocidad.

En carreteras se establecen velocidades directrices o de proyecto haciendo un equilibrio entre el tipo de carretera que se quiere diseñar, el costo de la construcción y el costo de operación de los vehículos (Norma de la AASTHO y del SENAC) nos dan algunas velocidades recomendables de acuerdo a la categorización de las carreteras.

En las zonas urbanas es mucho más complejo la definición de velocidad directriz porque intervienen otros factores como ser: Flujo peatonal, zonas residenciales, zonas comerciales, zonas escolares, mayor tipo de maniobras, detenciones de vehículos más continuos, etc.

### **2.3.3 Parámetro densidad**

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que hay en un tramo de carretera por unidad de longitud para un instante dado. Se puede medir, por ejemplo, obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él.

Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están en fila, sin huecos entre ellos y que depende, lógicamente, de la longitud de los vehículos. En estas condiciones los vehículos estarán parados.

La densidad de tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación, ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea y éste se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras, generando una conducción más incómoda.

## **2.4 SEGURIDAD VIAL**

La estrategia Nacional de Educación Vial en Bolivia define como Seguridad Vial a las acciones que pueden realizarse para asegurar la prevención de accidentes de tránsito y para evitar que produzcan lesiones o muerte a las personas y pérdidas económicas”.

En el marco de esta definición y otras referidas sobre seguridad vial a nivel internacional, a fin de describir mejor de lo que se trata, se puede ampliar su significado de la siguiente manera:

“La seguridad vial es un derecho y bien común de toda la población, dirigida a lograr la correcta armonización del elemento humano, vehículo y vía. Esto implica la aplicación de un conjunto de acciones y mecanismos destinados a controlar los factores de riesgo

relacionados con los accidentes de tránsito; así como, el conocimiento y cumplimiento de las leyes y reglamentos establecidos; a fin de prevenir posibles accidentes de tránsito o la severidad de los mismos”. (Viceministerio de seguridad ciudadana, 2013).

También se refiere a las tecnologías empleadas para dicho fin en cualquier vehículo de transporte terrestre (ómnibus, camión, automóvil, motocicleta y bicicleta).

## **2.5 PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA SEGURIDAD VIAL**

### **2.5.1 Señalización vial**

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

- ✘ Advertir de la existencia de posibles peligros que de otra forma podrían pasar desapercibidos.
- ✘ Comunicar la existencia de ciertas reglamentaciones que rigen en un determinado tramo de vía.
- ✘ Suministrar indicaciones que permitan al conductor orientarse, seguir la ruta más adecuada para sus fines o encontrar determinados lugares o instalaciones auxiliares.

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

- ✘ La información que transmita tiene que aparecer en forma comprensible, empleando un código o lenguaje que los conductores entiendan.
- ✘ La información debe ser presentada de forma que llame la atención a sus destinatarios y que estos no la confundan con otros anuncios de tipo publicitario.
- ✘ La información debe suministrarse en el lugar preciso en el que el conductor puede necesitarla, de forma que tenga tiempo para realizar cuantas maniobras sean necesarias para adaptar la marcha del vehículo a lo que indica la señal.
- ✘ La información que se suministre debe siempre tener algún interés, puesto que en otro caso los conductores tienden a ignorar y despreciar el contenido de todas las señales, tanto las que tienen interés como las que no lo tienen.

### **2.5.1.1 Tipos de señales**

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

- ✦ Señales verticales
- ✦ Señales horizontales

#### **Señales verticales**

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

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

#### **Señales reglamentarias**

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

Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias.

Indican a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al Reglamento de Circulación.

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

Las señales reglamentarias deberán instalarse al lado derecho de la vía, en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación.

Las señales podrán ser complementadas con placas informativas donde se podrán indicar días de la semana y las horas en las cuales existe la prohibición.

Dichas placas no deberán tener un ancho superior al de la señal.

- ❖ Señales relativas al derecho de paso o de prioridad
- ❖ Señales prohibitivas o restrictivas
- ❖ Señales de sentido de circulación

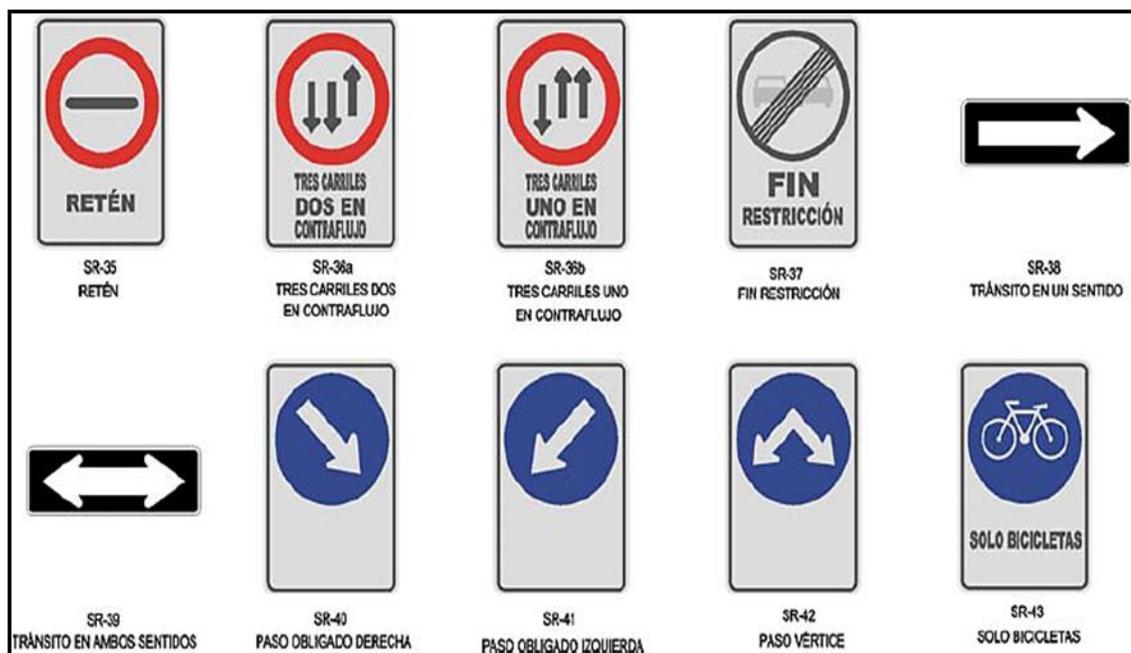
A continuación, en la figura 2.2 y 2.3. Se presentan las señales reglamentarias que nos brinda el manual interamericano de señalización vial. Las cuales deben encontrarse como recomendación; visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática.

**Figura 2.2. Señales reglamentarias 1**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### 2.3. Señales reglamentarias 2



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

#### Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. En general, las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente, su color de fondo es amarillo y los símbolos y leyendas son de color negro.

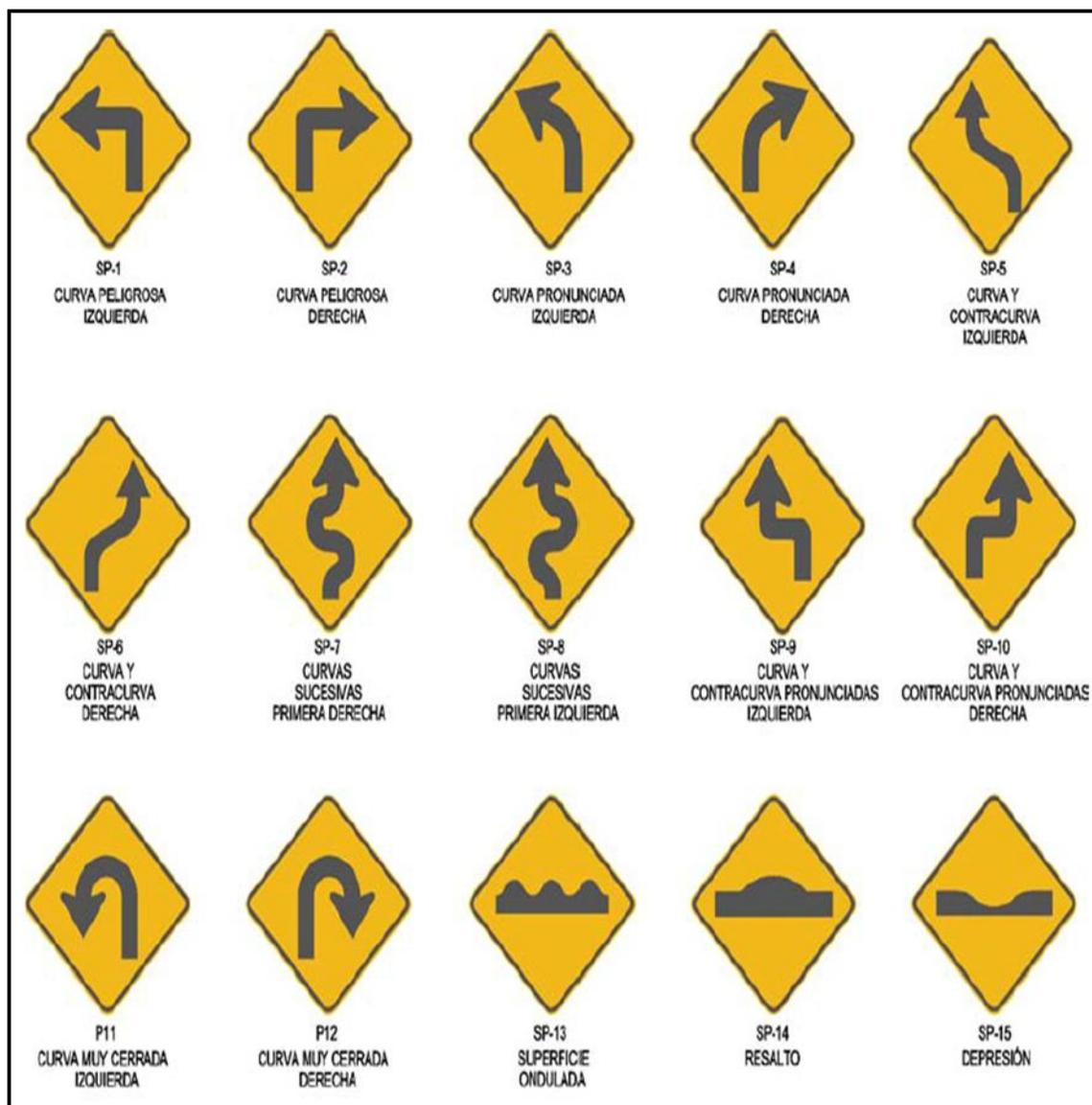
Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir y tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

Figura 2.4. Señales preventivas 1



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

**Figura 2.5. Señales preventivas 2**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

### Señales informativas

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

En particular se utilizan para informar sobre: enlaces o empalmes con otras vías, pistas apropiadas para cada destino, direcciones hacia destinos, calles o rutas, inicio de la salida a otras vías, distancias a que se encuentran los destinos, nombres de rutas y calles, servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía, nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

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

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

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

Se clasifican en:

✦ **Señales de dirección**

Señales de destino

Señales de destino con indicador de distancias

Señales de indicación de distancias

✦ **Señales de información general**

Señales de Información

Señales de Servicios Auxiliares

**Figura 2.6. Señales informativas**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC

El tamaño de las señales está normalizado. En la mayor parte de las carreteras se emplean señales triangulares de 900mm de lado, circulares de 600 mm de diámetro y cuadradas de 600 mm de lado. En autopistas estas dimensiones se aumentan en 50 %, mientras que en zonas urbanas o cuando hay dificultades de espacio se reducen al 75%.

La colocación de las señales informativas depende de las situaciones en que se emplean, y especialmente en intersecciones o enlaces complicados.

### **Señales horizontales**

La señalización horizontal de tránsito corresponde a demarcaciones tipo líneas símbolos, letras u otras, entre las que se incluye las tachas retro reflectantes complementarias con

la finalidad de informar, prevenir y regular el tránsito. Lo que se indica constituye el estándar mínimo aceptable, pudiendo aumentarse atendiendo a las particularidades que la vía pudiere presentar.

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

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

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

- ✘ Líneas Longitudinales: Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.
- ✘ Líneas Transversales: Las líneas transversales tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; Líneas de Detención y Líneas de Cruce.
- ✘ Símbolos y Leyendas: Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como CEDA EL PASO y PARE y leyendas como LENTO, entre otras.
- ✘ Otras demarcaciones: Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distanciadores, etc. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

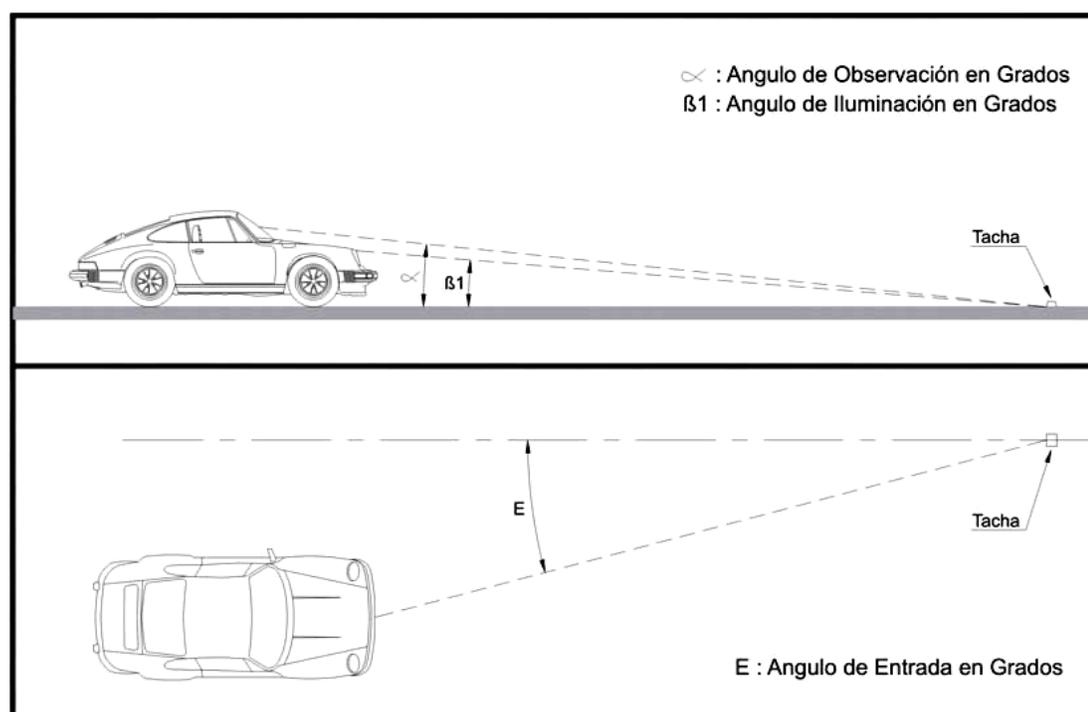
Las demarcaciones planas deberán ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como pinturas

que junto a microesferas de vidrio, se someten a procedimientos que aseguran su retro reflexión.

Esta propiedad, permitirá que las micro-esferas sean visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.

Tratándose de demarcaciones elevadas (tachas), la superficie retro reflectante debe ser siempre a lo menos de 10 cm<sup>2</sup>. Cuando el elemento instalado pierda parte de dicha superficie, no alcanzando el mínimo señalado, se deberá retirar e instalar uno nuevo.

**Figura 2.7. Ángulo de entrada y observación de las demarcaciones (Señalización horizontal)**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito ABC.

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

Amarillo: El color amarillo define la separación de corrientes de tránsito de sentido opuesto en caminos de doble sentido con calzadas de uno o varios carriles y líneas de

barrera. Este color se utiliza también en las islas divisorias y en las marcas para prevenir el bloqueo de una intersección.

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

### **2.5.1.2 Empleo de la señalización en intersecciones**

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

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

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

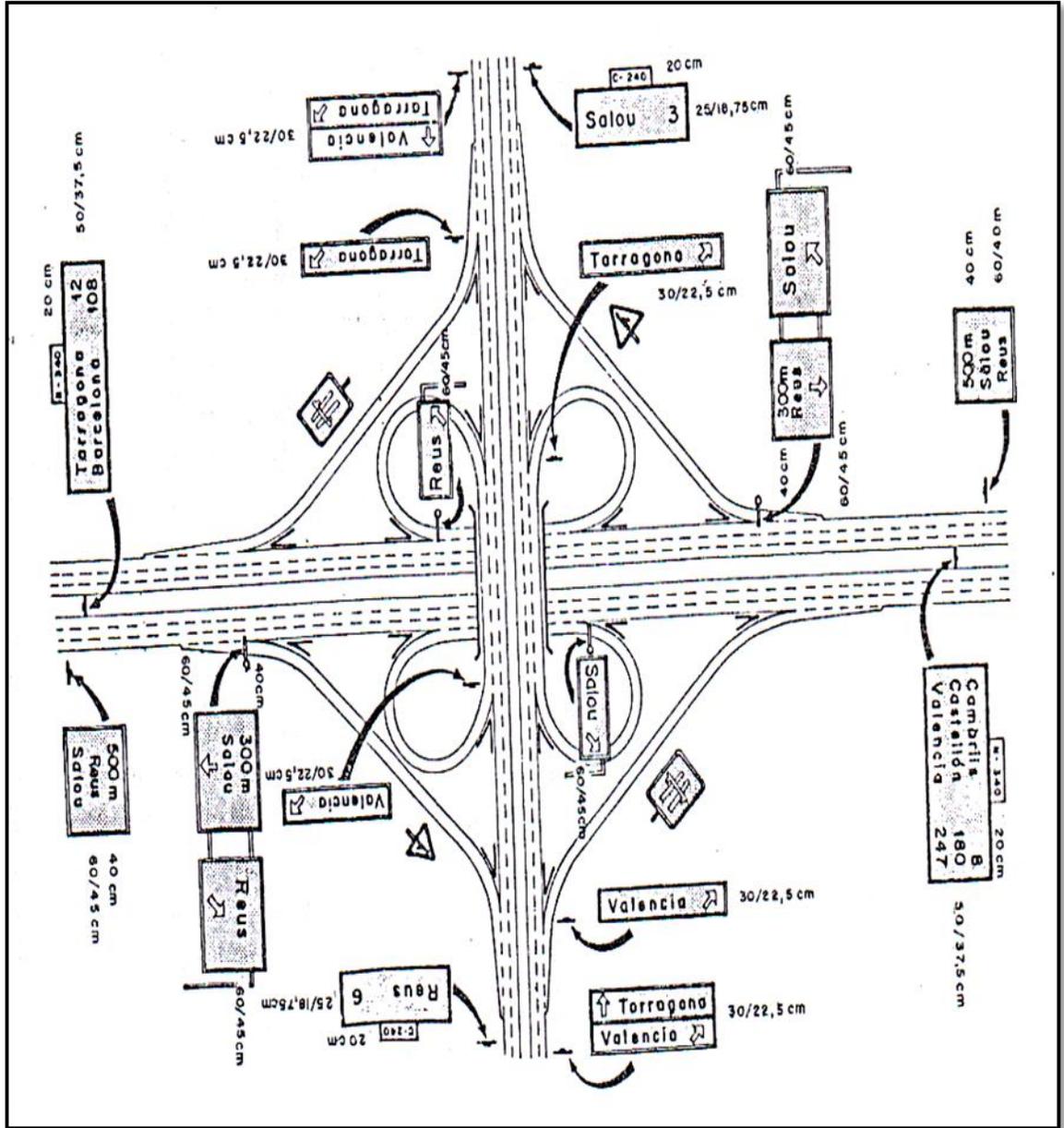
La distancia de visibilidad es uno de los elementos más importantes en la seguridad de un camino o vía y su provisión posibilita una operación eficiente.

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

En la vía preferente se colocan señales de advertencia (correspondientes a intersección con vías no prioritarias con la doble finalidad de señalar la presencia de la intersección e

indicar a los conductores que tienen preferencia), ya que de otra forma tendrían que ceder el paso a los que accediesen por su derecha.

Figura 2.8. Señalización en intersecciones



Fuente: Elementos de la ingeniería de tráfico-Carlos Kraemer

## **2.5.2 SemafORIZACIÓN**

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

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

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

### **2.5.2.1 Ventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones**

- ✦ Ordena la circulación del tránsito y, en muchos casos, mediante una asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza la capacidad de las calles.
- ✦ Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- ✦ Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener una circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada. En algunos casos, esa velocidad constante es conveniente reducirla para fines de seguridad.
- ✦ Permiten interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.
- ✦ En la mayoría de los casos representan una economía considerable por su mayor habilidad en el control del tránsito con respecto a la utilización de otras formas de control, como por ejemplo señales o policías de tránsito.

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

### 2.5.2.2 Desventajas de la instalación de los semáforos en intersecciones

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

### 2.5.2.3 Estudios necesarios para la instalación de un semáforo

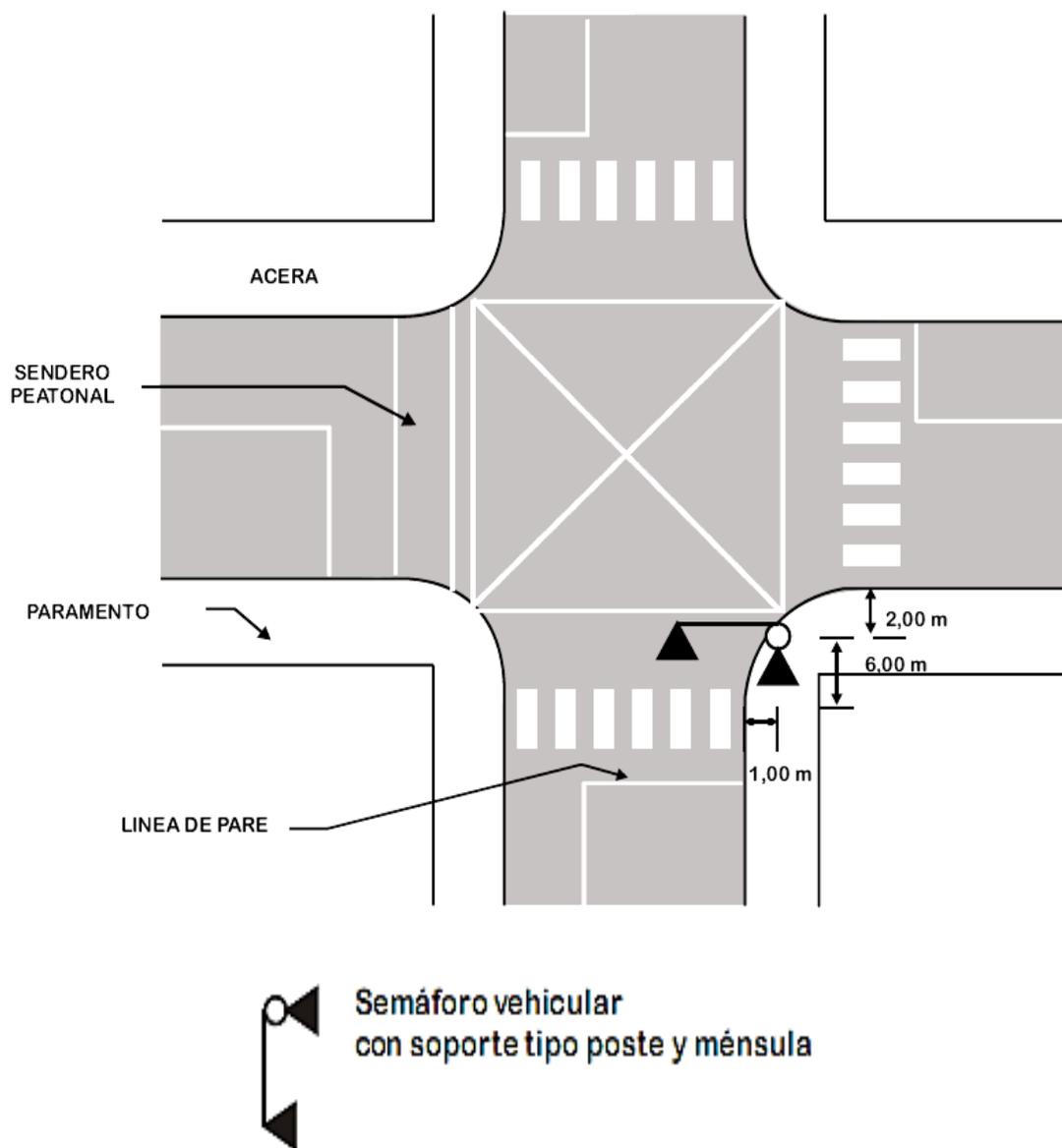
La instalación de un semáforo en un cruce de calles no se justifica en sí misma; sólo es válida si los beneficios superan las pérdidas o costos.

Los principales datos a recopilar son los siguientes:

- ✘ Número de vehículos que ingresan a la intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un período de 16 horas consecutivas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.
- ✘ El volumen de vehículos para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos (autos, buses y camiones) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda, para los períodos de la mañana y de la tarde.
- ✘ Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones.

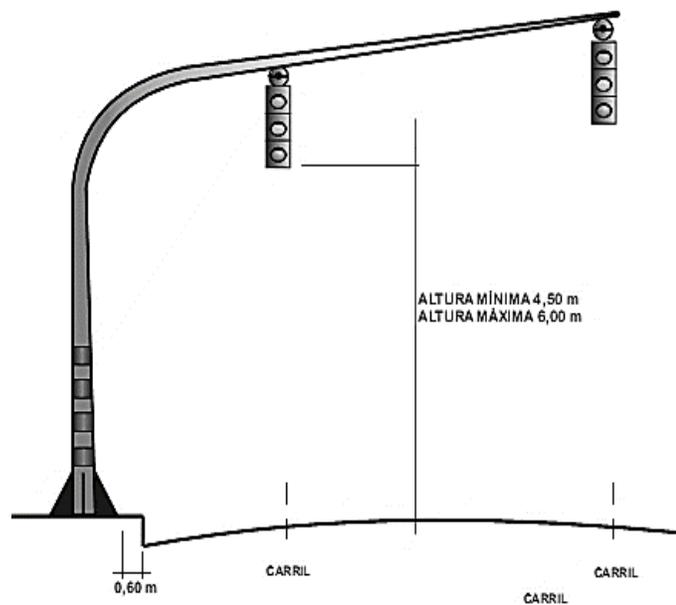
El balance de costos y beneficios puede (adecuadamente desconectados en el tiempo) ser positivo o negativo. Aún más, dado que el tránsito varía a distintas horas del día y días en el año, el balance puede ser positivo para unas pocas horas de gran demanda y negativo para el resto.

**Figura 2.9. Localización de las caras del semáforo en el lado más cercano del acceso de la intersección**



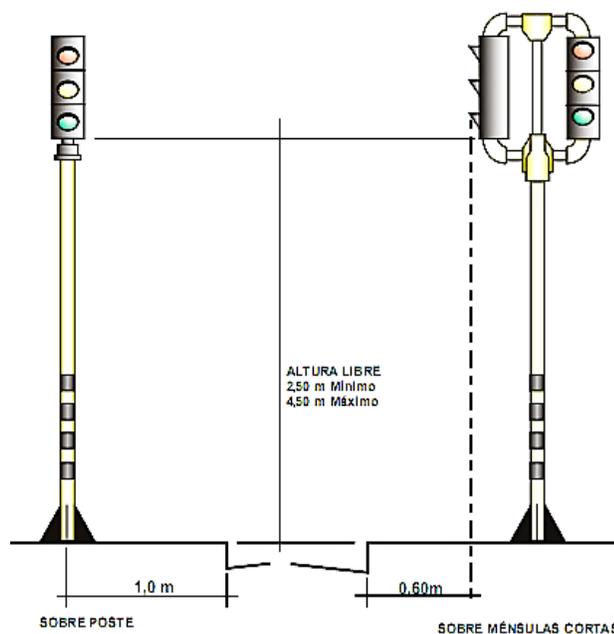
Fuente: Ingeniería de tránsito – Álvarez, L. E.

**Figura 2.10. Semáforos montados en ménsula sujeta a poste lateral**



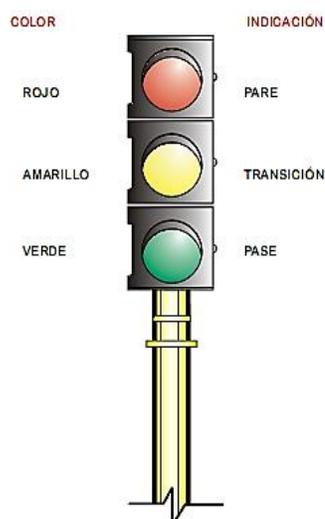
Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

**Figura 2.11. Semáforos montados en postes o en ménsula corta**



Fuente: Manual interamericano de señalización vial

**Figura 2.12. Posición de las lentes en un semáforo de tres luces**



Fuente: Manual interamericano de señalización vial.

## 2.6 ESTADO DE LA SITUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

### 2.6.1 Contexto nacional

En Bolivia el comportamiento de los accidentes de tránsito durante los últimos seis años (del 2008 al 2013) ha sido variable con un ascenso desde el 2008 (con 39.814 casos) al 2009 (con 41.882 casos), un descenso para 2010 (con 39.035 casos) para aumentar el 2011 (con 39.407 casos) para el 2012 (con 39.799 casos) y para el año 2013 (con 36.512 casos).

#### Frecuencia de accidentes de tránsito

Porcentualmente en este periodo, los departamentos que han permanecido en los tres primeros lugares, fueron La Paz con un promedio de 41.3% casos de accidentes de tránsito, Santa Cruz con un 20.5% y Cochabamba con 11.4%, seguido de Tarija 7.3%, Oruro 5.6%, Chuquisaca 5.4%, encontrándose Potosí 3.9%, Beni 3.2% y Pando 1.4% en los últimos lugares.

El análisis estadístico del registro de los accidentes de tránsito en los últimos seis años, reflejaría que los departamentos con mayor incidencia de accidentes de tránsito son La Paz, Santa Cruz y Cochabamba; sin embargo, no sucede lo mismo en relación a la población por cada departamento, habiendo existido variaciones en las tasas de

accidentes de tránsito por 10.000 habitantes, donde los departamentos con mayor incidencia llegaron a ser: La Paz, Tarija y Oruro muy cerca de ellos Chuquisaca

## **2.7 ACCIDENTABILIDAD VIAL**

La accidentabilidad o accidentología vial es una disciplina científica, que estudia las causas y efectos de los accidentes de tránsito terrestre y propone las medidas adecuadas para atenuarlos, vale decir, estudia integralmente el fenómeno con la finalidad de establecer sus causas y paliar sus efectos nocivos a partir de los principios y datos aportados por otras disciplinas científicas.

Se encarga del estudio de accidente de tránsito, considerándose a este tipo de accidentes como aquel que ocurre en la vía pública, en el cual se ven involucrados los diferentes usuarios de la misma, tales como peatones, los vehículos de toda clase, los animales que por ella se desplazan y todos los elementos que se encuentran inmersos en el espacio considerado como vía pública, como lo es la calzada, las aceras, los árboles, la lluvia, el agua, etc.

### **Art. 152 Código de tránsito**

“Accidentes son sucesos de los que resultan daños a las personas o las cosas”

Los accidentes de tránsito no son producidos, en general, con la intención de ocasionar un daño, sino que representan una eventualidad en que no existe la voluntad de ocasionarlo; **pero si en el grado de culpabilidad suficiente y necesaria** para incluirlos dentro del marco de los delitos específicamente mencionada en el código penal como: culpa.

Conlleva una acción normalmente negligente o imprudente, ya sea del conductor del vehículo, de uno de los pasajeros, del mismo o de uno de los peatones de la vía, si bien, también cabe que el mismo se produzca como consecuencia de fallas en el vehículo u otras causas imprevistas.

### **Art. 160 Código de tránsito**

“(Responsabilidad). La determinación de la responsabilidad tiene por objeto el resarcimiento de los daños civiles y el cumplimiento de la sanción conforme a la ley”

Un “accidente de tránsito” será prevenible; en cuanto los tres elementos que intervienen (usuario, vehículo y vía) en un accidente de tránsito cumplan con las normas y recomendaciones de seguridad establecidas en la legislación vigente.

### **2.7.1 Clasificación de los accidentes**

Existen varias formas de clasificar los accidentes y definir los distintos tipos que las clasificaciones contienen, desde el punto de vista estadístico, los accidentes pueden adoptar diversas formas o modalidades, de acuerdo al evento que los caracteriza.

#### **\* Colisión**

Designase con tal expresión a los accidentes que se producen entre dos vehículos en movimiento cuando sus trayectorias se encuentran. En esta familia de accidentes la condición suficiente y necesaria es el movimiento en que deben encontrarse los vehículos.

#### **\* Colisión frontal**

Es aquella en embestimiento o impacto se da y recibe con las partes frontales delanteras de los móviles, estando estos en movimiento. Ellas pueden ser Centrales, cuando los ejes longitudinales de los vehículos coinciden, o Excéntricas, cuando los ejes longitudinales no coinciden en una recta.

#### **\* Alcance**

Es aquella en que el embestimiento o impacto se da con la y recibe con las partes frontales delanteras contra la parte frontal posterior de otro y se produce cuando un vehículo que transita a mayor velocidad que otro que le precede, le da alcance el igual que la colisión frontal, puede ser central o excéntrico.

#### **\* Colisión Lateral**

Es aquella en que el embestimiento o impacto se da con las partes frontales de un vehículo contra el forro lateral de la carrocería o contra el chasis de otro. Las colisiones laterales pueden ser perpendiculares u oblicuas o diagonales, según sea la posición de los ejes longitudinales de los vehículos en el momento inmediatamente anterior al impacto.

- ✘ **Colisiones Mixtas**

En muchas ocasiones las diversas modalidades de colisiones se suceden denominándose a la serle de ellas, colisiones mixtas.

- ✘ **Atropello**

Ocurre entre un vehículo en movimiento y al menos una persona, donde este puede ocurrir golpes, volteos, aplastamientos, o diferentes grados de atropello.

- ✘ **Choque a objetos fijos**

Ocurre entre un vehículo en movimiento y un objeto inerte que puede ser una casa, un poste, un boulevard, una acera inclusive con otro vehículo estacionado.

- ✘ **Vuelco**

Es un accidente que envuelve un solo vehículo a motor en transporte y donde el conductor de un vehículo pierde el control del mismo, ocurriendo a este un volteo o vuelcos de campana.

## **2.7.2 Los accidentes de tránsito y sus causas**

En el estudio de los accidentes de tránsito no resulta fácil averiguar cuáles son las causas que los producen principalmente por dos motivos:

- ✘ Accidentes con análogas características pueden tener causas muy diferentes
- ✘ Sucesos que se consideran como causas ciertas en determinados accidentes no necesariamente son causas que siempre producen accidentes

La mayoría de los accidentes no son el producto de un único suceso identificado como "la causa" sino que son producidos por una cadena de sucesos interactuantes.

Podemos dividir las causas de los accidentes en dos grupos:

### **Causas directas**

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones capaces de alterar irreversiblemente la normal circulación del vehículo produciendo el accidente.

Entre ellos podemos citar:

- ✘ Adelantamiento inadecuado
- ✘ Reventón de neumáticos

- ✘ Exceso de velocidad en una curva

Tanto la velocidad como las infracciones a las normas de la circulación son causas voluntarias, es decir, la infracción se produce por que el conductor así lo desea.

### **Causas indirectas**

Son aquellos sucesos, acciones o condiciones que, sin considerarse responsables del accidente, influyeron en el proceso que precedió al mismo.

Podemos citar:

- ✘ Cansancio o estado de ánimo del conductor
- ✘ Señalización inapropiada en un determinado lugar
- ✘ Defectos mecánicos del vehículo
- ✘ Irregularidad en la calzada

Haciendo un análisis teórico de las causas de los accidentes se establece que, mientras las capacidades del conductor sean superiores a las demandas que plantean la vía y el vehículo, el sistema de circulación será estable. Cuando el equilibrio se rompa, sobrevendrá el accidente.

### **2.7.3 Aplicación de legislación y normas viales**

La aplicación de las leyes tiene un papel de peso a la mejora de la seguridad vial. La actuación de la policía en este sentido es más eficaz cuando se cuenta con la ayuda de la tecnología y cuando las leyes parecen ser aceptadas por la mayoría de los usuarios. Las reducciones más notables del número de accidentes como consecuencia de la aplicación de la ley están relacionadas con la conducción y el alcohol. Las leyes que han resultado se han basado en limitar la cantidad de alcohol en la sangre.

A continuación, se presentará un conjunto de normas que se estima necesario adoptar para reducir al mínimo la magnitud de los accidentes en los caminos y calles.

### **Inspección vehicular en forma periódica y regular.**

Recomendaciones.

- ✘ Todos los vehículos deberán ser inspeccionados en periodos regulares que dependen del uso del vehículo y su condición física y mecánica. El periodo mínimo recomendable es de un año.

- ✘ La inspección deberá incluir aquellos aspectos que pongan en riesgo la operación segura del vehículo. Cuando no se reúnan las condiciones mínimas de seguridad conviene retirar el vehículo de circulación mientras se cumplan esas condiciones.

### **Educación del conductor y peatón.**

Recomendaciones.

- ✘ Deberá existir un programa que provea al futuro conductor y al que ha acumulado cierta experiencia con la información, conocimientos convenientes para que su comportamiento en relación con el tránsito resulte el más seguro posible.
- ✘ Deberá existir también un programa de educación vial, oficial, para ser impartido en todas las escuelas del país. Como complemento se debe fomentar la creación del servicio de voluntarios para la protección de cruces en zonas escolares.
- ✘ Es necesario que la Secretaría de Educación Pública destine el espacio necesario en los libros de textos oficiales, en temas de educación vial.

### **Registro de datos de tránsito e identificación de los sitios de mayor frecuencia de accidentes y sus características relevantes.**

Recomendaciones.

- ✘ Deberá existir un procedimiento adecuado que permita la identificación precisa de las características de los accidentes ocurridos, incluyendo sus causas aparentes y las determinadas sobre la base del análisis pericial.
- ✘ El análisis de los datos almacenados de accidentes deberá permitir lo siguiente:  
La obtención de un inventario de accidentes durante periodos fijos.  
Detectar los sitios en donde ocurren con mayor frecuencia los accidentes.  
Identificar las causas técnicas atribuibles al diseño y a las características geométricas de la calzada.  
Evaluar, mediante estudios estadísticos de antes y después, la efectividad de las medidas adoptadas para corregir la situación.

### **Evaluación del efecto del alcohol sobre la seguridad en calles y carreteras.**

Recomendaciones.

- ✘ Deberá existir un programa dirigido a determinar el contenido de alcohol en la sangre de quien incurre, como sujeto activo o pasivo, en un accidente de tránsito. Este programa deberá incluir los siguientes aspectos.

- ✘ Determinación, mediante procedimientos químicos, de la concentración de alcohol en conductores o pasajeros heridos, o que mueran dentro de las cuatro horas posteriores al accidente.
- ✘ Especificaciones del nivel máximo tolerable de concentración de alcohol en función del peso de las personas.

### **Servicios policíacos en relación con la operación del tránsito.**

Recomendaciones.

- ✘ Deberá capacitarse y actualizar al personal de policía en todos los aspectos que se relacionan con la vigilancia del tránsito de vehículos y peatones. Deberá emplearse para ello la información actualmente disponible y consignada en el material educativo desarrollado en el país y en otras naciones.

### **Diseño, construcción y mantenimiento de calles, avenidas y carreteras.**

Recomendaciones.

- ✘ En todas las nuevas construcciones o reconstrucciones, de calles, avenidas y carreteras, deberán observarse todas las normas técnicas de diseño, que representen seguridad en la operación del tránsito y que son: distancia de visibilidad, curvaturas, separación entre los puntos de decisión, anchura de carriles, de aceras y de fajas separadoras, etc.
- ✘ La iluminación en avenidas, vías urbanas rápidas, intersecciones con carreteras, etc. Deberá diseñarse de modo que se cumpla con las condiciones de visibilidad en todos los puntos del cambio y se evite el deslumbramiento.
- ✘ Cada vez que se realicen reparaciones o modificaciones en la red urbana, o de carreteras, deberá existir un programa referente a informar al conductor de las desviaciones y su situación, de modo que, en lo posible, la operación de tránsito se realice en condiciones semejantes a las previas.

### **Dispositivos para el control del tránsito y protección al peatón.**

Recomendaciones:

- ✘ Deberá existir un procedimiento de trabajo que permita identificar las necesidades, o deficiencias, de los dispositivos para el control del tránsito. El procedimiento, además, deberá permitir el desarrollo de programas para la instalación, renovación

o mejora de semáforos y señales de tránsito que contemplen las necesidades presentes y futuras, así como las situaciones de emergencia.

- ✘ La instalación y el diseño de semáforos y señales deberá ajustarse, en lo posible, a las normas internacionales y deberá procurarse que en la adopción de estas normas exista una uniformidad en todo el país.

#### **2.7.4 Aplicación de medidas de seguridad para los peatones**

Es importante dedicarles estos párrafos a los peatones, porque no solamente son víctimas de los problemas de tránsito, sino que también, a menudo, constituyen una de sus causas. En las vías, los peatones deben transitar por las aceras, y por su derecha de acuerdo al sentido de circulación, en donde no hay aceras deben hacerlo por la franja lateral de la vía, por la berma, o bien fuera de la calzada, de lo contrario, hacerlo siempre por el lado izquierdo, para así tener de frente al tránsito que viene en contra.

En las vías sólo se debe cruzar por los cruces de peatones, situados cerca de las esquinas. Debe tenerse presente que no debe cruzarse en las esquinas en forma diagonal, para que los peatones puedan hacer esto, los conductores deben tener sus vehículos en la línea de detención, nunca deben detener su automotor sobre la zona de cruce de peatones, si ocurriese esto deberá ser castigado.

Algunos derechos de los peatones frente a los conductores:

- ✘ Si no hay semáforo o autoridad, tiene prioridad de paso, para cruzar el peatón y los vehículos deben llegar hasta detenerse para respetar este derecho, lo cual esto no ocurre en nuestra ciudad puesto que el conductor al observar que no existe ninguna restricción acelera. En el resto de la cuadra tiene preferencia el conductor.
- ✘ Al virar, a la derecha o izquierda, el conductor debe avanzar lentamente con su vehículo e incluso detenerse para permitir el paso de los peatones.
- ✘ De acuerdo a las normas de seguridad le está prohibido al conductor intimidar al peatón de palabra, o bien usando el acelerador o la bocina.

#### **2.7.5 Aplicación de medidas de seguridad en el conductor**

##### **Para choque de frente**

Para evitar el choque de frente se recomienda:

No tratar de ganarle la esquina o la intersección al vehículo que viene de frente cuando se va a virar a la izquierda hacer señal reglamentaria direccional y manual antes de virar,

se debe mirar lo más adelante posible el tránsito en sentido contrario para cuidarse de algún vehículo que venga adelantando a otro. Aun cuando se tenga el derecho de vía hay que evitar el accidente, cuando un conductor viene en sentido contrario y se mete al carril que no le corresponde no hay que tratar de eludirlo virando a la izquierda. Por lo contrario, hay que orillarse todo lo posible a la derecha y reducir la velocidad, cuando está lloviendo y no se ve la línea divisoria de carriles.

### **Para evitar el choque por alcance si se está siguiendo a otro vehículo.**

Se deben observar las siguientes recomendaciones:

- ✘ Seguir la regla de los segundos que es la más moderna y eficaz. Consiste en buscar un punto de referencia en la carretera (una piedra, un rótulo, un anuncio, un árbol, etc.), delante del vehículo y contar mil ciento uno, mil ciento dos, y equivale a guardar un lapso de dos segundos entre el vehículo y el de adelante. Si se llega al punto de referencia y se dice “mil ciento...y no tiene tiempo de decir o contar mil ciento dos, ello significa que se está muy cerca del vehículo de adelante y se debe aumentar el espacio de separación o sea reducir la velocidad de circulación.
- ✘ Guardar una distancia del vehículo que se conduce y el de delante de forma tal que se permita ver las llantas de este sobre la calzada, si no se puede ver las llantas, esto indica que se está muy cerca.
- ✘ Antes de llegar a una intersección en que se detendrá por un dispositivo de control, avisar al vehículo de atrás lo que se va a hacer.

### **Para proteger el vehículo de colisión por alcance.**

Se debe tomar las siguientes precauciones:

- ✘ Avisar anticipadamente lo que se va a hacer.
- ✘ Frenar suavemente y evitar detenerse de manera violenta. Dar suficiente tiempo y espacio al vehículo de atrás.
- ✘ Mantener la distancia con vehículo que le viene siguiendo.
- ✘ Si el conductor, no guarda la distancia de seguimiento, constituyendo un peligro para los conductores, reducir la velocidad y dejarlo pasar. El conductor de atrás es peligroso, es un conductor impaciente y es más seguro no tenerlo cerca.

## **Para colisiones por adelantamiento**

El adelantamiento es una de las maniobras más peligrosas en la conducción de vehículos. Se debe tener mucho cuidado al hacerla. Para explicarlo lo más claro posible vamos a dividir el adelantamiento en tres etapas:

### **× Primera etapa: Lo que debe hacerse antes del adelantamiento.**

Que no exista prohibición: línea amarilla continua sobre el carril derecho o línea blanca continua, o línea amarilla doble.

Que no exista tránsito en sentido contrario que ponga en peligro la maniobra, o bien que la dificulte.

Que se encuentre con suficiente visibilidad para ejecutar la maniobra.

Guardar la suficiente distancia con el vehículo que se va adelantar, cuidándose de un frenazo o bien de una reducción de velocidad del vehículo de adelante.

Observar en el espejo retrovisor que no haya vehículos, puesto que, si se quiere regresar por la derecha, esta podría encontrarse cerrada por los vehículos de atrás.

Cambiar la velocidad por una más fuerte que se requiere para maniobrar con más rapidez.

### **× Segunda etapa: Lo que se debe hacerse durante el adelantamiento.**

Avisar al conductor de adelante. Se avisa en el día con un toque suave de bocina, y en la noche por medio de un cambio de luces.

Observar si el vehículo adelantado está cooperando con el adelantamiento, es decir, reduciendo la velocidad.

Colocarse bien a su derecha, continuar con la maniobra de adelantamiento.

Observar al vehículo de adelante, si no permite el adelantamiento, no debe insistir.

### **× Tercera etapa: Lo que debe hacerse después del adelantamiento.**

Cuando hemos adelantado y miramos por el espejo retrovisor al vehículo adelantado, hacemos las siguientes maniobras:

Poner la direccional hacia la derecha.

Regresar al carril derecho sin cortar al vehículo adelantado.

En la vía no se debe adelantar en:

En intersecciones o esquinas (línea blanca continua).

Donde exista una línea amarilla simple sobre el carril de circulación, o doble en dos carriles (uno en cada sentido).

En cuestas y pendientes.

En las vecindades de parques y escuelas.

### **En la conducción en intersecciones**

Para evitar colisiones en intersecciones se debe seguir las siguientes recomendaciones:

✘ **Programar anticipadamente.**

Se debe conocer, antes de llegar a la intersección hacia donde virar y nunca se debe actuar a última hora, porque pone en peligro la propia seguridad y la de los demás, haciendo virajes inesperados y a última hora, sin previo aviso ni señalamiento.

✘ **Ubicarse correctamente.**

Es necesario ubicarse con la debida anticipación en el carril correcto antes de llegar a la intersección, y de acuerdo con su destino no se debe situar en el carril que no corresponde, se debe respetar las demarcaciones de los diferentes carriles y no limitarse a buscar la comodidad, porque esto puede provocar un accidente y hasta la muerte.

✘ **Hacer señales**

Se debe hacer con la debida anticipación las señales reglamentarias (manuales y eléctricas) si se va a detener el vehículo avisar al vehículo de atrás con tiempo, bombeando suave y ligeramente los frenos para que la luz de freno encienda.

✘ **Reducir la velocidad**

Antes de llegar a la intersección se debe reducir la velocidad, aunque la intersección tenga luz verde o, aunque se circule por una vía principal. Se debe retirar el pie del pedal de aceleración y suspenderlo sobre el pedal del freno. Así se economizará el espacio de reacción en caso que presente una emergencia en la intersección.

✘ **Mirar lo más adelante posible**

Antes de llegar a la intersección, la mirada se debe llevar lo más adelante posible para saber:

Quien está en la avenida principal o secundaria.

Cuántos vehículos hay en la intersección y para donde van.

Cuáles son las señales que hay en la intersección.

✘ **No impacientarse en los congestionamientos.**

No se debe impacientar. Tampoco usar la bocina insistentemente. Con esa actitud, no se va a expeditar el tránsito, pero pueden darle una infracción por escandaloso y poner nerviosas a otras personas. Recordar que la impaciencia puede ser antecedente de un choque.

✘ **No adelantar en las intersecciones.**

No deben hacerse adelantamientos en las intersecciones, en especial en aquellas cuyas vías una línea blanca continua antes de llegar a la esquina.

✘ **No estacionar cerca de una intersección.**

Ningún conductor debe estacionar su vehículo en las proximidades de una intersección si obstaculiza la visibilidad a otros conductores. Hay que detenerse por lo menos diez metros antes de una intersección o esquina.

### **En la conducción en rotondas**

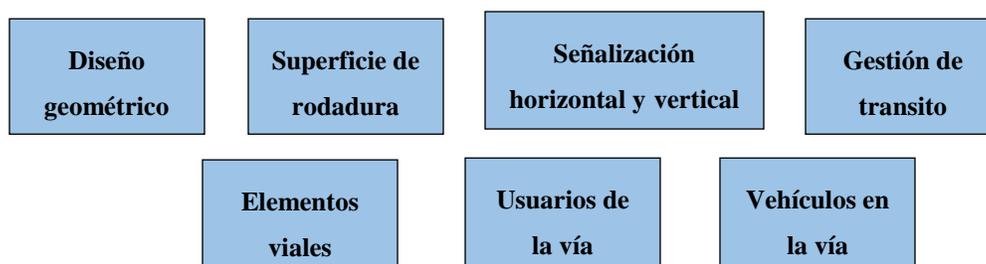
Aunque parece difícil la conducción en las rotondas, es sumamente fácil si se respeta los siguientes aspectos:

- ✘ Conducir a baja velocidad y respetar las señales.
- ✘ Hacer el ingreso a la rotonda en forma pausada y cuando se esté completamente seguro de no tener ningún vehículo cerca.
- ✘ No conducir demasiado cerca del vehículo delantero.
- ✘ Ubicarse en el carril correcto, ya sea para virar o para salir de la rotonda.
- ✘ Mantener una alta dosis de cortesía.
- ✘ Conducir a una velocidad no mayor a los 40 kph. que es la velocidad máxima permitida.

## 2.8 INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL

Las inspecciones de seguridad vial consisten en la revisión in situ de las carreteras en servicio, con el fin de identificar los aspectos peligrosos, deficiencias o carencias de las mismas, y que son susceptibles de desencadenar un accidente, para poder adoptar las medidas adecuadas con el fin de eliminar o paliar esos problemas.

A continuación, se presentan los principales aspectos enfocados a reducir la cantidad y severidad de accidentes:



### 2.8.1 Diseño geométrico

La seguridad vial depende directamente de las siguientes características del diseño geométrico:

#### 2.8.1.1 Alineamientos: Horizontal y Vertical

##### Tramos rectos

Los tramos rectos generalmente incentivan a los conductores a sobrepasar los límites máximos de velocidad aumentando así, la posibilidad de ocurrencia de un accidente, deslizamiento, volcadura, colisión, etc. Se les advierte de manera adecuada y con anticipación mediante señales verticales para que éstos tomen las precauciones necesarias y así, se reduzca el riesgo de accidente.

Se debe tener en cuenta también que en estos tramos cerca de la calzada, se presentan los llamados “obstáculos laterales” y los “elementos duros”. Ambos aumentan considerablemente la severidad de los accidentes pues los vehículos que circulan en la vía pueden colisionar contra éstos; de no existir, definitivamente el riesgo sería menor.

##### Intersecciones

Los accidentes detránsito ocurren usualmente en el área común denominada intersección de dos o más vías que se cruzan al mismo nivel. Al generar una discontinuidad en la vía

exponen a un mayor peligro a los usuarios debido a las deficiencias de seguridad considerables. Con el fin de disminuir el grado de peligro al que se somete a todo usuario en este tipo de zonas, se debe poner atención a lo siguiente:

× **Puntos de conflicto**

En las intersecciones de empalme en “T”, ocurren menos conflictos que en aquellas de empalme en “+” o “X”. A mayor cantidad de accesos en una intersección, mayor será el grado de inseguridad; por ello, es recomendable evitar la construcción de intersecciones con más de 4 accesos.

× **Visibilidad**

La visibilidad del conductor debe limitar el ingreso de su vehículo a una intersección; si el conductor no tiene una buena visibilidad debe abstenerse para no arriesgarse a sufrir un accidente. Las intersecciones en ángulo recto presentan una menor cantidad de puntos de conflicto pues facilitan las maniobras del conductor a diferencia de las intersecciones en forma de “Y” o ángulos menores a 90° en las que.

× **Percepción**

Los conductores deben distinguir la intersección sin problemas. Para lograrlo, es necesario colocar la señalización apropiada y así, evitar que una mala impresión del conductor provoque un accidente.

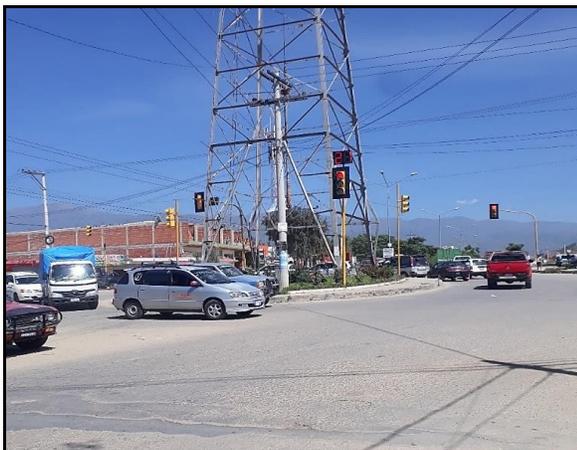
× **Giro de vehículos**

Los vehículos que realizan giros en una intersección contribuyen al aumento de las posibilidades de accidentes en la zona. Para reducir estas posibilidades, basta construir un carril exclusivo protegido para el cómodo giro de los vehículos en la intersección.

× **Semaforización**

Al contar con un sistema de control de semáforos con fases y tiempos adecuados en una intersección, se busca que peatones y ciclistas circulen con tranquilidad debido a que perciben a la vía más segura.

**Figura 2.13. Rotonda “La Torre” ubicada en la Av. Circunvalación y Froilán Tejerina, controlada por semáforos.**



Fuente: Propia

× **Cruces de calzada**

Los peatones al ser los usuarios más vulnerables en las vías, deben contar con cruces seguros tanto para ellos como para los ciclistas. La seguridad de éstos se garantiza mediante el uso de cebras peatonales, cruces a nivel o también con la construcción de refugios e islas peatonales, en el caso de vías de múltiples carriles que permitan al peatón o ciclista cruzar un sentido a la vez.

**Figura 2.14. Cruce peatonal en la Av. Froilán Tejerina y Av. Circunvalación**



Fuente: Propia

× **Radios de esquinas**

Los radios en las esquinas de la intersección influyen notablemente pues grandes radios permiten velocidades excesivas perjudicando a los peatones mientras que más pequeños que el radio de giro del vehículo de diseño generan que dichos vehículos se golpeen con los bordes de las esquinas o sardineles.

**Control de accesos**

Ante el desarrollo al borde de una vía con múltiples carriles, es esencial que ésta cuente con accesos bien definidos para facilitar el ingreso al terreno adyacente. Sin embargo, no es recomendable la construcción de estos cuyas distancias entre si sean menores a 500 metros en zonas urbanas y a 1500 metros en zonas rurales y suburbanas. Por ello, se busca evitar lo siguiente:

× **Accesos directos y frontales de vías nuevas**

No se debe permitir que vías nuevas tengan accesos frontales a vías con múltiples carriles y de gran capacidad sin importar el propósito que tengan y los beneficios socioeconómicos que generen.

× **Cantidad de accesos**

En muchos países, es conocida la desventaja que adquiere una vía al contar con muchos accesos. Los vehículos al tratar de incorporarse a la vía principal, realizan maniobras temerarias y adelantamientos indebidos que originan un mayor riesgo de ocurrencia de accidentes. Tal es así, que, por cada acceso adicional por kilómetro en vías rurales, aumenta la probabilidad de accidente aproximadamente hasta en un 7%.

× **Accesos cercanos a curvas**

La falta de visibilidad antes de llegar o luego de salir de una curva horizontal puede causar que la entrada de un vehículo a la vía principal termine con consecuencias fatales. Esta recomendación no es exclusiva para accesos cercanos a curvas horizontales sino también para las verticales.

**2.8.1.2 Sección transversal**

Las bermas, el ancho de calzada, el separador central, los bordes, las veredas, el peralte, las cunetas y el bombeo de la vía son algunos de los elementos que afectan directamente

la seguridad que ofrece la vía. Para lograr la menor influencia negativa de cualquiera de estos elementos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✘ Las bermas además de proteger estructuralmente el pavimento de la calzada en el borde exterior pueden ser utilizadas como zonas de circulación de vehículos lentos y de emergencia como también para la detección ocasional de vehículos. Las vías que cuentan con bermas mantienen su capacidad y seguridad, siempre y cuando la dimensión de la berma se mantenga entre 2.5 y 3 metros.
- ✘ La calzada se divide en carriles cuyo ancho obedece las dimensiones del tipo de vehículo que recorre con mayor frecuencia la vía, pero también a su velocidad de circulación. A mayor velocidad, los vehículos oscilarán más por lo que es más seguro transitar en carriles desde 3 con circulación de camiones hasta 3.6 metros de ancho.

### **2.8.1.3 Superficie de rodadura**

El estado y características de la superficie de rodadura afectan de manera importante la posibilidad de accidentes de tránsito. La adherencia es aquella que gobierna la dinámica del vehículo, por lo tanto, el grado de ésta debe permitir que la interacción entre el neumático y la superficie de rodadura sea buena.

Las fallas más comunes en el pavimento son: agrietamiento superficial, agrietamiento profundo (conocida como piel de cocodrilo), hundimiento, descascaramiento y baches.

Las grietas profundas permiten la filtración de agua al interior de la carpeta de asfáltica o concreto generando que el daño a éste aumente aún más y por ende, el mantenimiento sea más costoso y tome más tiempo.

Las vías con baches son peligrosas pues el conductor al darse cuenta de éstas realiza inesperadamente, maniobras erróneas (invasión de otros carriles) para evitarlos.

**Figura 2.15. Mal estado de la superficie de rodadura sobre la Av. Circunvalación**



Fuente: Propia

#### **2.8.1.4 Señalización horizontal y vertical**

##### **Señalización horizontal.**

Es utilizada principalmente para demarcar las vías a un bajo costo contribuyendo a evitar accidentes de tránsito. Este tipo de señalización cumple las siguientes funciones: indicar prioridades, prohibiciones o maniobras que pueden ser realizadas, canalizar flujo vehicular, proveer una orientación lateral e influenciar velocidades y flujos vehiculares. Existen varios tipos de demarcaciones: tradicionales, tachones, tachas y las llamadas “ojos de gato”.

##### **❖ Demarcaciones**

Al ser comúnmente utilizadas para regular la circulación, guiar o advertir a los usuarios se han convertido en un elemento indispensable para la seguridad y gestión vial. Para lograr su objetivo, deben ser:

Visibles en todo momento (día y noche)

Resistentes al deslizamiento en superficies con agua o húmedas

Diseñadas y aplicadas para comunicar en forma clara y precisa.

##### **❖ Tachones y tachas**

Los tachones delinean las vías e incluso pueden controlar físicamente algunos movimientos vehiculares. Pueden ser utilizados para definir refugios peatonales como también para fortalecer la delimitación de islas peatonales.

Las tachas son elementos reflectantes, durables que guían y alertan al conductor puesto que realzan la demarcación en todas las circunstancias (noche, lluvias, etc.). se debe evitar que al ser colocadas afecten a vehículos de dos ruedas.

Los ojos de gato son elementos reflectantes y más pequeños que las tachas, utilizados para complementar la demarcación del ancho de carriles y también para separar el carril de circulación externo de zona despejada o de la berma.

Cualquier elemento que se encuentre desgastado o que refleje la luz, es recomendable que sea reemplazado por uno nuevo.

**Figura 2.16. Tachones ubicados en la intersección de la Av. Circunvalación y Av. Font, controlando movimientos vehiculares.**



Fuente: Propia

### **Señalización vertical**

Cumplen un papel fundamental puesto que anuncian de forma clara y fácil a los usuarios sobre situaciones o zonas peligrosas. El mantenimiento de estas debe ser realizado con regularidad.

En el caso de señales reguladoras, es normal encontrar intersecciones en las que en vez de colocar una señal PARE se encuentra la señal CEDA EL PASO o viceversa. La señal de ceda el paso es utilizada en accesos que permiten el ingreso a vías principales siempre y cuando el vehículo que circula en la vía secundaria pueda divisar los vehículos de la vía principal a 3 metros antes de llegar a la intersección solo en ese caso. El uso de señales

de “pare “es apropiado. Existen elementos verticales de no más de un metro de alto que ayudan a la demarcación tradicional en zonas más peligrosas (curvas) y realzan la geometría de la vía por la noche por fotoluminiscencia conocidos como delineadores.

**Figura 2.18. Delineadores ubicados en la Av. Circunvalación y Av. Romero**



Fuente: Propia

En la figura se puede observar que, los delineadores no se encuentran protegiendo al peatón, sino a la construcción.

**Figura 2.19. Señal reguladora “Velocidad máxima”**



Fuente: Propia

**Figura 2.20 Señal informativa**



Fuente: Propia

### **2.8.2 Gestión de tránsito**

Cuando hablamos de gestión de tránsito nos referimos a la combinación de medidas que se utilizan para preservar la capacidad de tránsito y mejorar la seguridad, la confiabilidad y rendimiento de todo el sistema de transporte de la vía.

Estas medidas apoyadas por el uso de los sistemas de transporte inteligente (ITS), sirven y ayudan al impacto del rendimiento de la red de vías en las operaciones día a día.

Es importante considerar algunas cuestiones de gestión de tránsito relacionados a la seguridad como:

#### **Límites y control de velocidad**

Se debe establecer un límite de velocidad adecuado, el cual depende de la velocidad real de operación, volumen del flujo vehicular, el uso del suelo y la tasa de accidentes en la zona.

#### **Regulación de intersecciones**

La vía debe brindar la señalización y demarcación adecuada en las intersecciones para evitar confusión entre los usuarios.

**Figura 2.21. Rotonda muchas veces solución a problemas de intersecciones.**



Fuente: Propia

**Figura 2.22. Semaforización de intersecciones (Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina).**



Fuente: Propia

### **Vías de tránsito unidireccional**

Las redes viales unidireccionales pueden reducir accidentes, pero requieren ser implementadas con sumo cuidado para prevenir aumentos de las velocidades, incluso más allá de los límites legalmente permitidos.

### **Vías de tránsito reversible**

Una medida de gestión de tránsito que tiene como fin agilizar los tiempos de viaje de vehículos en vías muy congestionadas, es volver una vía reversible. Esto quiere decir que para ciertos horarios se varía la dirección del flujo para beneficio de los usuarios. Este tipo de vías muchas veces afectan la seguridad vial generando mayor ocurrencia de accidentes.

### **Estacionamiento en calzada**

Los vehículos estacionados en la calzada arriesgan la seguridad ya que muchas veces ocasionan colisiones directas o indirectas al disminuir la visibilidad de los usuarios.

**Figura 2.23. Vehículos estacionados en calzada sobre la Av. Circunvalación.**



Fuente:Propia

### **Circulación de vehículos pesados**

En zonas residenciales o con una alta concurrencia de usuarios vulnerables, el flujo de vehículos pesados, debe restringirse o ser desviado hacia zonas alternas para el beneficio de todos.

**Figura 2.24. Circulación de vehículos pesados en la Av. Circunvalación (1)**



Fuente: Propia

**Figura 2.25. Circulación de vehículos pesados sobre la Av. Circunvalación (2)**



Fuente: Propia

### **Cruces peatonales**

Es importante priorizar el flujo peatonal en lugares donde se concentra una gran cantidad de estos para así, reducir el riesgo de ocurrencia de accidentes. Como solución se encuentra la implementación de cruces o cruceros peatonales, facilitando el acceso a las vías para estos usuarios sin poner en riesgo sus vidas. También se pueden construir cruceros peatonales a nivel para demostrar la preferencia del peatón sobre todo si trata de los más vulnerables (discapacitados, ancianos y niños) en zonas aledañas a hospitales, estadios, colegios, etc.

**Figura 2.26. Cruce peatonal a nivel Av. Circunvalación y Av. Integración**



Fuente: Propia

**Figura 2.27. Cruce peatonal en mal estado. Av. Circunvalación**



Fuente: Propia

### **2.8.3 Elementos viales**

Los elementos externos viales refieren a la iluminación de la vía, paraderos, bahías, vallas peatonales, barreras de impacto y obstáculos visuales. Cuando se analiza la seguridad se debe garantizar que dichos elementos no se tomen peligrosos para ningún usuario.

**Figura 2.28. Señal de parada de micros y, usuarios haciendo caso omiso de la misma**



Fuente: Propia

#### **2.8.4 Usuarios de la vía**

Si bien es cierto que el diseño de la vía afecta el comportamiento del conductor; el factor humano es el mayor protagonista cuando de accidentes se trata. Por tal motivo, conviene tener muy en cuenta el tipo de usuario que utilizará la vía para tomar especial atención en reducir la severidad de accidentes que puedan ocurrir.

En muchos países, el desarrollo de pautas de diseño vial se ha caracterizado por un creciente énfasis de los requerimientos de los usuarios de la vía y una mayor consideración del comportamiento humano.

**Figura 2.29. Peatón y vehículos haciendo mal uso de la vía**



Fuente: Propia

**Figura 2.30. Peatón haciendo mal uso de la vía ante la inexistencia de pasos peatonales y señalización sobre la Av. Circunvalación.**



Fuente: Propia

### **2.8.5 Vehículos en la vía**

Es conveniente considerar el tipo de vehículo que circulará por la vía. La ocurrencia y severidad de accidentes se encuentra influenciada por el tipo de vehículos que circulan en la vía: sólo flujo de vehículos livianos o flujo conjunto de vehículos livianos con pesados (camiones, tráiler, cisternas, etc.). en este último caso, la seguridad en la vía disminuye y ocasiona que el riesgo de accidentes aumente debido a que los vehículos pesados ocupan mayor espacio, circulan a velocidades diferentes, etc.

**Figura 2.31. Circulación de vehículos livianos, medianos y pesados. Av. Circunvalación. (1)**



Fuente: Propia

**Figura 2.32. Circulación de vehículos livianos, medianos y pesados. Av. Circunvalación. (2)**



Fuente: Propia

## **2.9 INTERSECCIÓN VIAL**

Una intersección vial hace referencia aquellos elementos de la infraestructura vial y transporte donde se cruzan dos o más caminos. Estas infraestructuras permiten a los usuarios el intercambio entre caminos.

El estudio de las intersecciones se involucra una serie de parámetros que conllevan a una gran variedad de soluciones a los problemas de tráfico que se pudiesen presentar en esa concurrencia vial, con tal de desarrollar los diseños óptimos respectivos a fin de garantizar la comodidad del usuario.

Si en todo proyecto de vía pública se trata de conseguir unas condiciones físicas y económicas limitadas en las intersecciones, que suelen ser puntos críticos de la red viaria, aquellos dos aspectos deben cuidarse más especialmente.

En el proyecto de una intersección deben considerarse los elementos siguientes:

### **Datos funcionales**

El primer factor que ha de considerarse es el tipo de las vías que confluyen en la intersección, ya que el tratamiento debe ser adecuado al resto de sus características funcionales: clasificación en una determinada red, tipo de control de sus accesos, velocidades específicas y preferencias de paso.

### **Datos físicos**

Topografía (en zonas rurales) y edificaciones (en zonas urbanas), examinando las restricciones existentes para extender la superficie. En zonas urbanas es fundamental considerar los servicios del subsuelo.

### **Datos de tráfico**

Análisis de las intensidades de tráfico en cada movimiento en las horas punta, a efectos de determinar la capacidad del correspondiente ramal.

Es interesante conocer el movimiento de vehículos pesados y elegir el vehículo tipo para el que se proyecta la intersección. El análisis de los peatones que cruzan la intersección, puede determinar alguna disposición especial para ellos.

Otro elemento interesante es la velocidad en los accesos. La velocidad en algunos ramales puede ser un elemento decisivo para elegir el tipo de proyecto más adecuado.

Por último, conviene considerar separadamente el efecto de los movimientos locales, que en zonas urbanas pueden ser muy importantes.

### **Accidentes**

La repetición de accidentes en una intersección puede justificar su acondicionamiento. Es interesante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

### **Relación con otras intersecciones**

Ya que la circulación en una determinada vía está condicionada por sus intersecciones y la influencia mutua entre unas y otras puede ser grande, es interesante conseguir una cierta uniformidad en el tratamiento de las intersecciones de un itinerario, especialmente por razones de tipo psicológico, ya que el conductor espera un cierto tipo de intersección y normalmente reacciona mejor si encuentra lo que espera.

Una vez conocidos y analizados los datos antes enumerados, puede procederse al dibujo de los croquis previos para el proyecto de la intersección, llegando a definir una o varias soluciones que en principio parezcan más adecuadas para su estudio detallado.

Son también interesantes para la decisión final, otras consideraciones, como las dificultades al tráfico durante la construcción y el efecto sobre las zonas colindantes.

Por lo tanto, las intersecciones a nivel según la regulación de circulación vehicular se clasifican en:

### **2.9.1 Intersecciones controladas o semaforizadas**

Como la intersección llevan a que los vehículos circulando por diferentes accesos se puedan encontrar simultáneamente (implicando peligro de colisión), las intersecciones a nivel requieren algún tipo de control para que puedan operar de forma segura. Existen diferentes códigos y sistemas de control de intersecciones que permiten prevenir el uso simultáneo de vehículos en movimientos en conflicto.

Están reguladas permanentemente o mayoritariamente mediante sistemas de luces que establecen la prioridad del paso por la intersección.

### **2.9.2 Intersecciones giratorias o rotondas**

Dentro de las intersecciones a nivel, está también rotonda que consiste en una calzada de circulación circular giratoria única en torno a un islote central. A diferencia de las anteriores, funciona en un movimiento circular en el que los vehículos en el interior de la rotonda tienen preferencia, con lo cual técnicamente y en condiciones normales todos los caminos o vías que llegan a la rotonda tienen la misma preferencia.

**Figura 2.33. Rotonda Froilán Tejerina**



Fuente: Google Earth Pro (Imagen 2020)

Transforman las maniobras de cruce en entrecruzamientos, es una solución a base de bajas velocidades relativas y circulación continua de las corrientes vehiculares.

En general su funcionamiento es mejor cuando el volumen de tránsito en todas las ramas de la intersección es aproximadamente igual. Sin embargo, su eficiencia depende de la cantidad de maniobras de entrecruzamiento que se realicen, y por lo tanto se adaptan mejor a intersecciones donde los vehículos que giran son más que los que siguen directo.

### **Ventajas**

Cuando están bien proyectadas y se aplican a los casos donde estén indicadas, hacen que el tránsito circule en forma ordenada y continua, con pocas demoras y gran seguridad.

Como se sustituyen los cruces por entrecruzamiento, los conflictos no son tan agudos y los accidentes que puedan ocurrir no resultan tan severos

Los giros a la izquierda se facilitan mediante maniobras de convergencia y divergencia, aunque las distancias a recorrer sean mayores

Se adaptan bien a intersecciones con cinco o más ramas

Tienen un menor costo que las intersecciones con paso a desnivel que realicen funciones equivalentes.

### **Desventajas**

No tienen mayor capacidad que las intersecciones a nivel bien proyectadas y reguladas

Necesitan más espacio y son generalmente más costosas que las intersecciones convencionales o semaforizadas con función equivalente

No son apropiadas cuando el volumen de peatones es apreciable, pues el tránsito en ellas debe circular sin interrupciones, lo que no es posible si hay peatones cruzando las calzadas.

Se requieren islas centrales demasiado grandes o velocidades de operación sumamente bajas cuando el volumen de tránsito pasa de los 1500v/h.

Aumentan las distancias recorridas por los vehículos, aunque pueden disminuir sus tiempos de recorrido.

## 2.10 MODELACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL

Según Mesa-Arango et al (2018) se decidió analizar la “Probabilidad de severidad de colisiones” mediante un modelo Log Multinomial (MNL) con parámetros aleatorios según la Ecuación (1).

$$U_{ni} = \beta' X_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

Donde:

$U_{ni}$  = Desutilidad de un accidente  $n \in N$  sufriendo el tipo de severidad mayor  $i \in I$ , donde  $I$  es el conjunto de tipos de severidad,  $N$  es un conjunto de severidad y  $N$  la base de datos de colisiones

$X_{ni}$  = Vector de variables específica de la colisión

$\beta$  = Vector de parámetros estimables

$\varepsilon_{ni}$  = Término aleatorio

$$L_{ni}(\beta) = \frac{e^{\beta' X_{ni}}}{\sum_{j \in I} e^{\beta' X_{nj}}}, \quad \forall i \in I, \forall n \in N$$

$L_{ni}(\beta)$  = Probabilidad de sufrir un accidente de severidad  $i$

Con el análisis crítico de los resultados se definen relaciones causales que configuran la representación integral del fenómeno de seguridad vial

Se presentan los resultados del modelo para Severidad de Lesiones en Colisiones (CIS) considerando Solo Daños Materiales (SDM) y Resultados con Lesionado y Fatal (IFO).

Algunas interpretaciones de los resultados por categoría de resultados son:

Geometría de la vía y Control de Tránsito

- El parámetro para colisiones en intersecciones es aleatorio. Aumenta la probabilidad de un IFO en 1.45%. Los efectos aleatorios indican que el 74.43% de las observaciones tienen aumentos y el 25.57% disminuciones de IFO. o los Semáforos disminuyen la probabilidad de IFO en 2.90%. Ya que están provistos para guiar y controlar el tránsito adecuadamente, minimizan la ambigüedad del conductor y por ello reduce las condiciones negativas para el IFO.

## Atributos por tipo de colisión

- Condiciones ambientales

- ✘ Las colisiones en áreas residenciales tienden a ser más severas que aquellos en áreas industriales/comerciales. En promedio, la probabilidad de un IFO aumenta en áreas residenciales.

## Recomendaciones para mejorar la seguridad vial

- ✘ Priorizar el mejoramiento de las intersecciones a control con semáforos puede reducir la probabilidad de IFO. Especialmente si son adecuadamente coordinadas con mejoras en capacidad y niveles de servicio.
- ✘ Ya que las algunas buenas condiciones de la vía (pavimento seco, buena iluminación y sin lluvia/niebla/viento) aumenta el CIS, es importante incorporar el criterio perdonador en el diseño de vías nuevas para mejorar la movilidad y mitigar CIS con productos válidos (barreras de seguridad longitudinales, amortiguadores de impacto, demarcaciones, entre otros).

Los estacionamientos tienden a aumentar el número de peatones atropellados ya que los conductores tienen que caminar para completar el propósito de viaje.

La tendencia de los buses de parar por solicitud de los usuarios sin paradas definidas a lo largo de la ruta aumenta el atropello de peatones. El estacionamiento de los taxis reducen la probabilidad de atropellos.

El viaje en taxi cubre el viaje completo de origen a destino reduciendo la exposición a caminar.

El uso de las metodologías presentadas permite comprender las relaciones causales entre las consecuencias de las colisiones y los factores contribuyentes a ellas de una manera bastante detallada que permite plantear políticas y media de mejoramiento de la seguridad vial.

### CAPÍTULO III

#### APLICACIÓN DE LA MODELACIÓN DE SEGURIDAD VIAL EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN

##### 3.1 UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO

La ubicación del área de estudio del proyecto se encuentra en el municipio de Tarija perteneciente a la provincia Cercado, Avenida Circunvalación, desde el surtidor Agrupa hasta la rotonda del aeropuerto, en todas las intersecciones a nivel presentadas.

La aplicación del método en dicha zona se debe a que la Av. Circunvalación es una de las zonas más conflictivas en la actualidad, presenta el mayor índice de los accidentes de tránsito registrados, y posee señalización escasa, además de ser una de las principales rutas de acceso a nuestra ciudad, esto último señalado por el personal de Movilidad Urbana de la Ciudad de Tarija.

**Figura 3.1 Ubicación de la Av. Circunvalación dentro del municipio de Tarija**



Fuente: Google Earth Pro

### **3.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

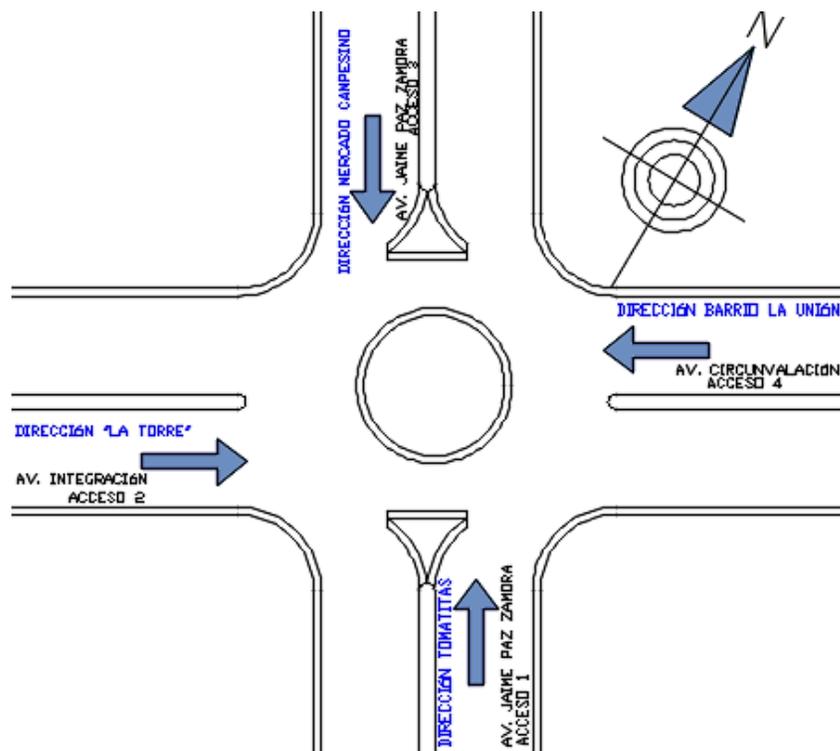
El área de estudio tiene las siguientes características principales:

- ✘ La avenida Circunvalación es una de las principales rutas y vías de acceso de nuestra ciudad de Tarija.
- ✘ Al ser una de las principales arterias, es ruta de vehículos pesados.
- ✘ La zona que abarca toda la Avenida Circunvalación es netamente comercial; por lo tanto, presenta volúmenes de tráfico altos.
- ✘ No presenta la señalización adecuada; además de un mal mantenimiento en la existente.
- ✘ Presenta zonas con datos de accidentabilidad considerables.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y GEOMÉTRICAS DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

#### Punto 1. Av. Circunvalación y Av. Integración

Figura 3.2. Croquis de la intersección - punto de estudio 1



Fuente: Propia

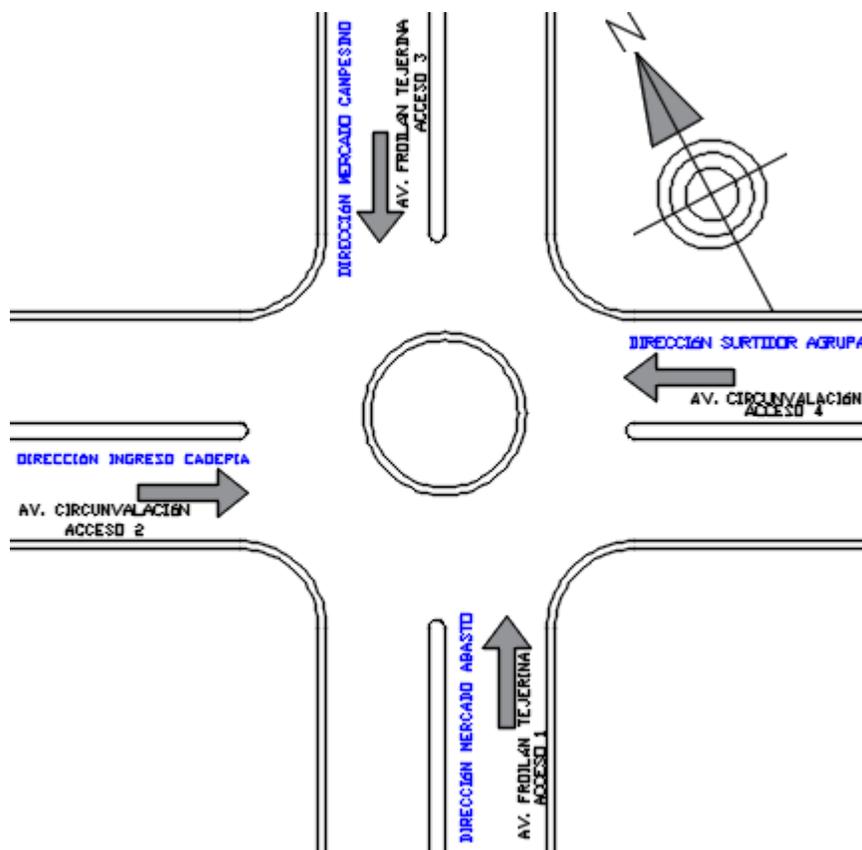
Tabla 3.1. Descripción de la intersección – punto de estudio 1

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	Existe/Malo	Existe/Malo
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No
Coordenadas	<b>X</b>	<b>Y</b>
	318934.05	7620255.15

Fuente: Propia

**Punto 2.** Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina

**Figura 3.3. Croquis de la intersección – punto de estudio 2**



Fuente: Propia

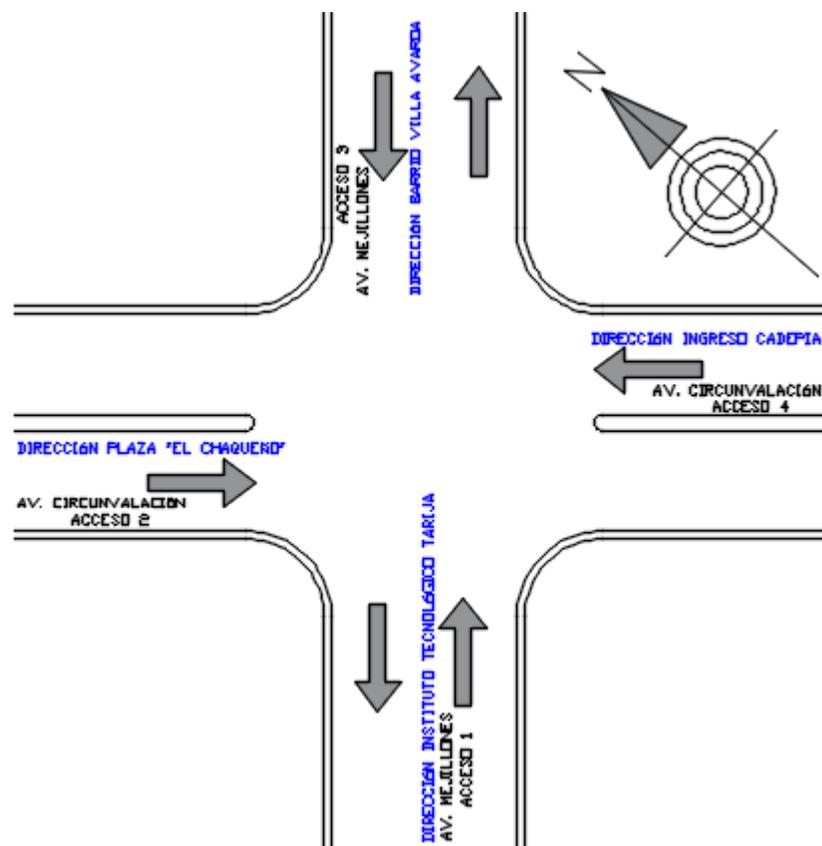
**Tabla 3.2. Descripción de la intersección – punto de estudio 2**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Av. Froilán Tejerina
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	Existe/ Malo
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	320075.68	7619945.52

Fuente: Propia

**Punto 3.** Av. Circunvalación y Av. Mejillones

**Figura 3.4. Croquis de la intersección – punto de estudio 3**



Fuente: Propia

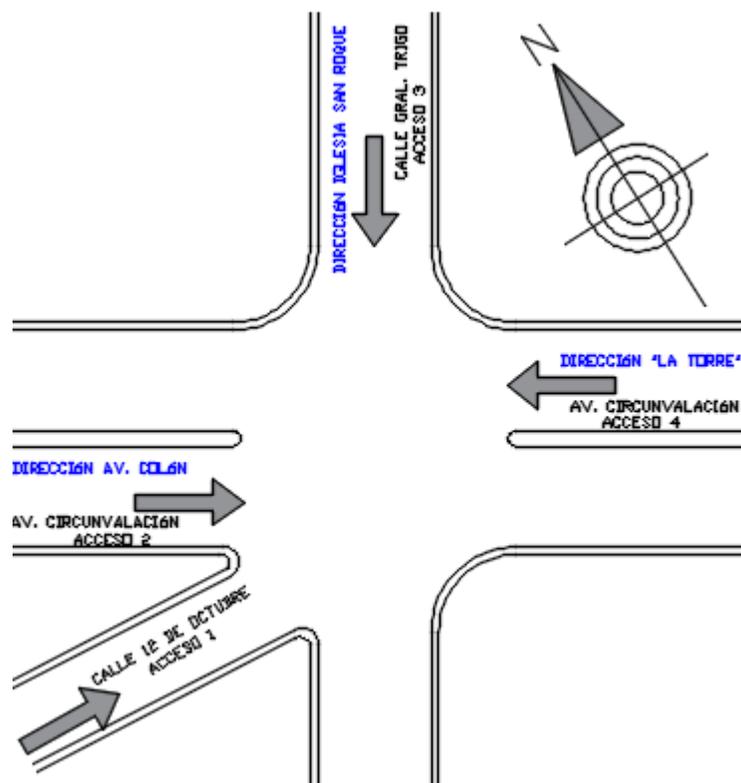
**Tabla 3.3. Descripción de la intersección – punto de estudio 3**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Av. Mejillones
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	320854.78	7619543.55

Fuente: Propia

**Punto 4.** Av. Circunvalación y Calle Gral. Trigo

**Figura 3.5.** Croquis de la intersección – punto de estudio 4



Fuente: Propia

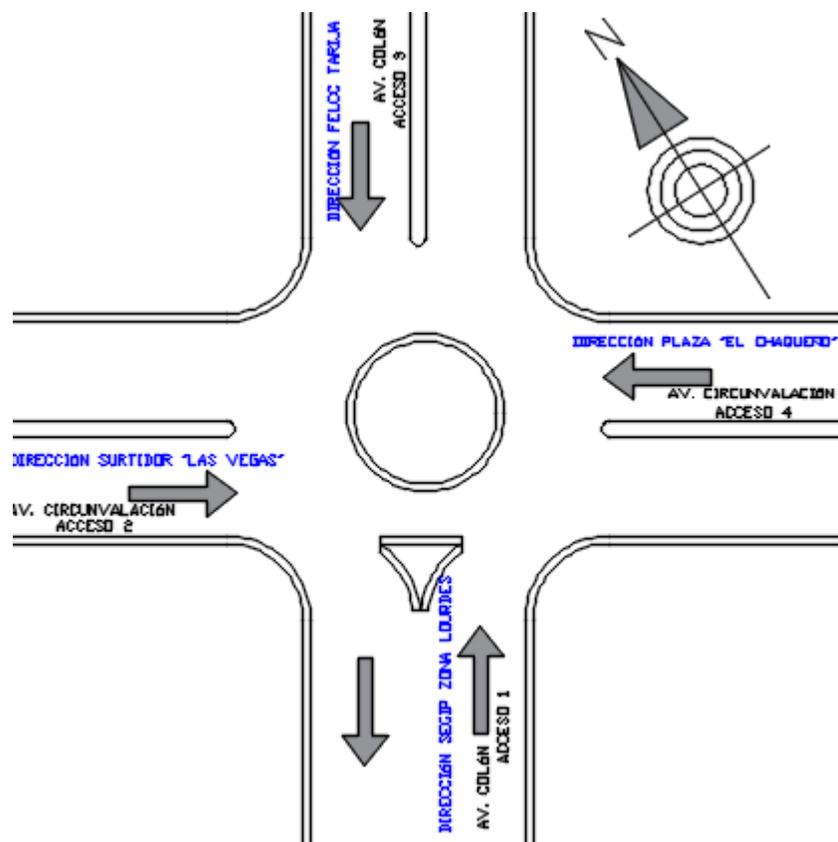
**Tabla 3.4.** Descripción de la intersección – punto de estudio 4

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Un sentido
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	320970.98	7619383.89

Fuente: Propia

**Punto 5.** Av. Circunvalación y Calle Colón

**Figura 3.6.** Croquis de la intersección – punto de estudio 5



Fuente: Propia

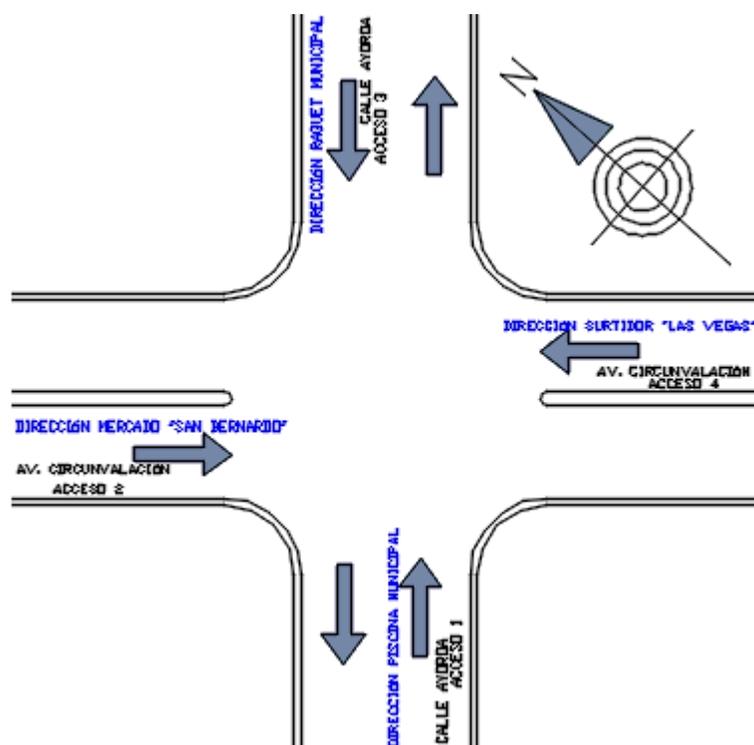
**Tabla 3.5.** Descripción de la intersección – punto de estudio 5

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Av. Colón
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	No	No
Coordenadas	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321110.50	7619248.16

Fuente: Propia

**Punto 6.** Av. Circunvalación y Calle Ayoroa

**Figura 3.7.** Croquis de la intersección – punto de estudio 6



Fuente: Propia

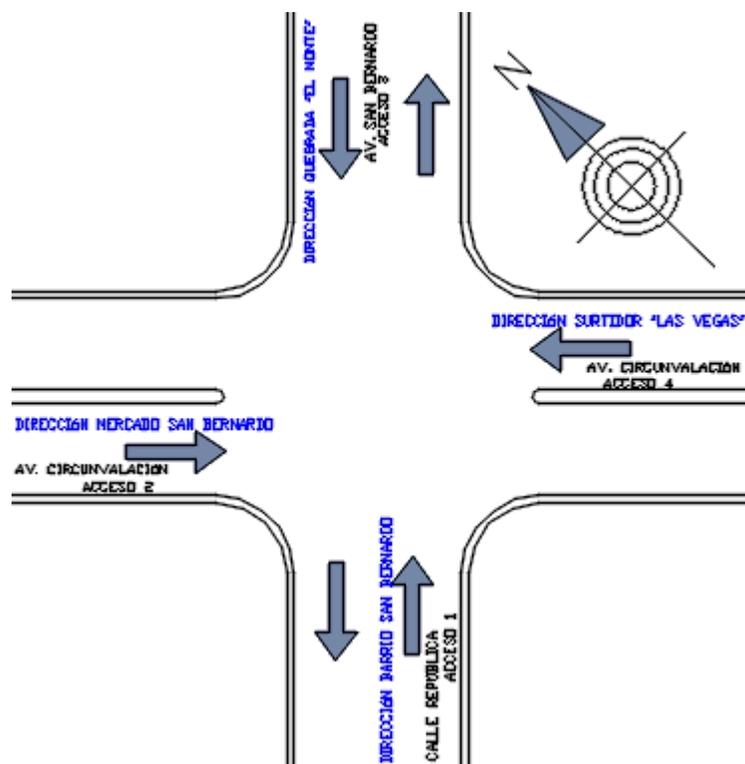
**Tabla 3.6.** Descripción de la intersección – punto de estudio 6

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321350.67	7618883.36

Fuente: Propia

**Punto 7.** Av. Circunvalación y Av. San Bernardo

**Figura 3.8.** Croquis de la intersección – punto de estudio 7



Fuente: Propia

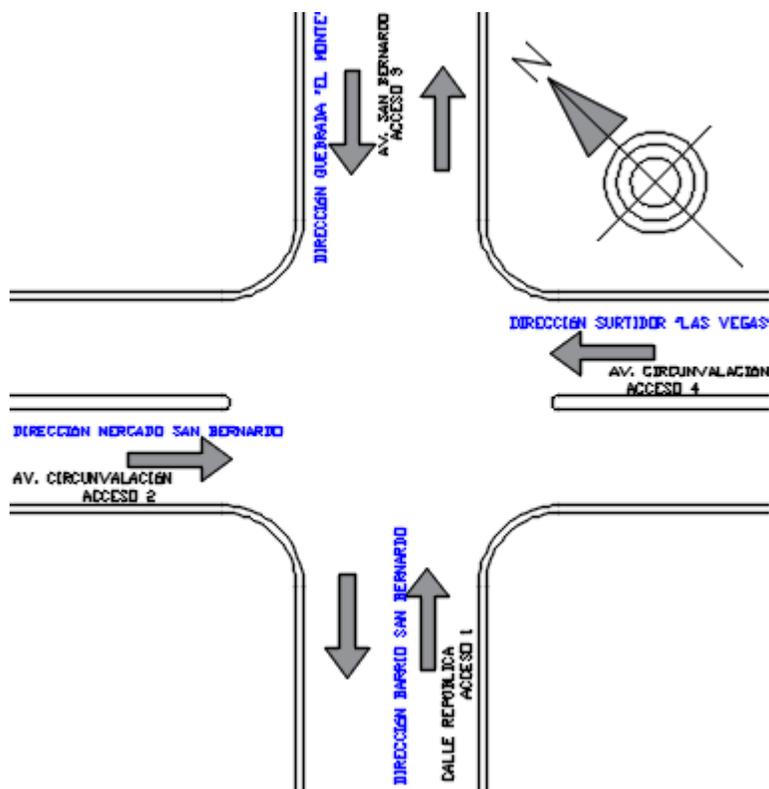
**Tabla 3.7.** Descripción de la intersección – punto de estudio 7

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	Existe/malo
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321424.06	7618768.33

Fuente: Propia

**Punto 8.** Av. Circunvalación y Calle Chamas (continuación de la calle Santa Cruz)

**Figura 3.9. Croquis de la intersección – punto de estudio 8**



Fuente: Propia

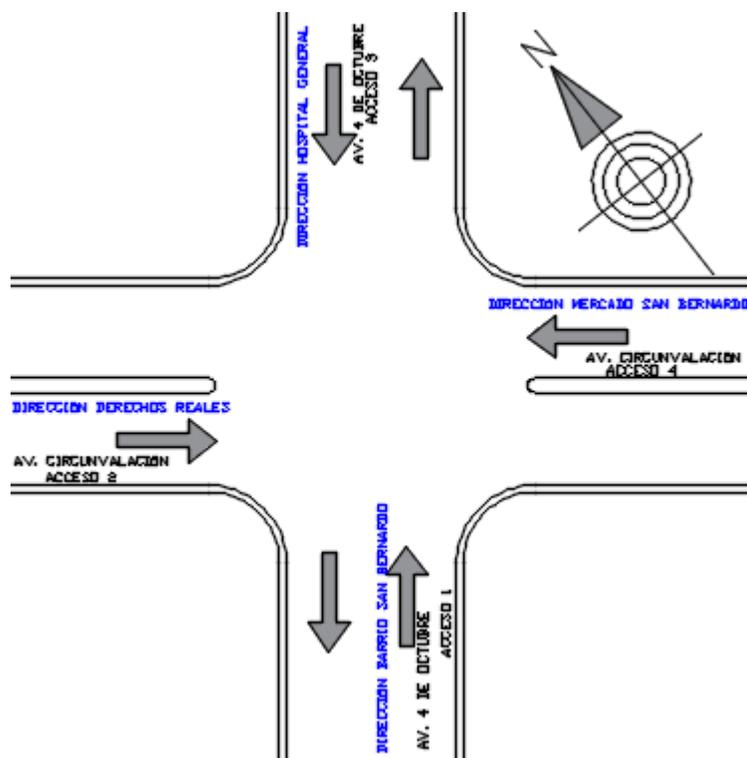
**Tabla 3.8. Descripción de la intersección – punto de estudio 8**

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	Si existe/Malo	No existe
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321496.64	7618647.80

Fuente: Propia

**Punto 9.** Av. Circunvalación y Av. 4 De octubre

**Figura 3.10.** Croquis de la intersección – punto de estudio 9



Fuente: Propia

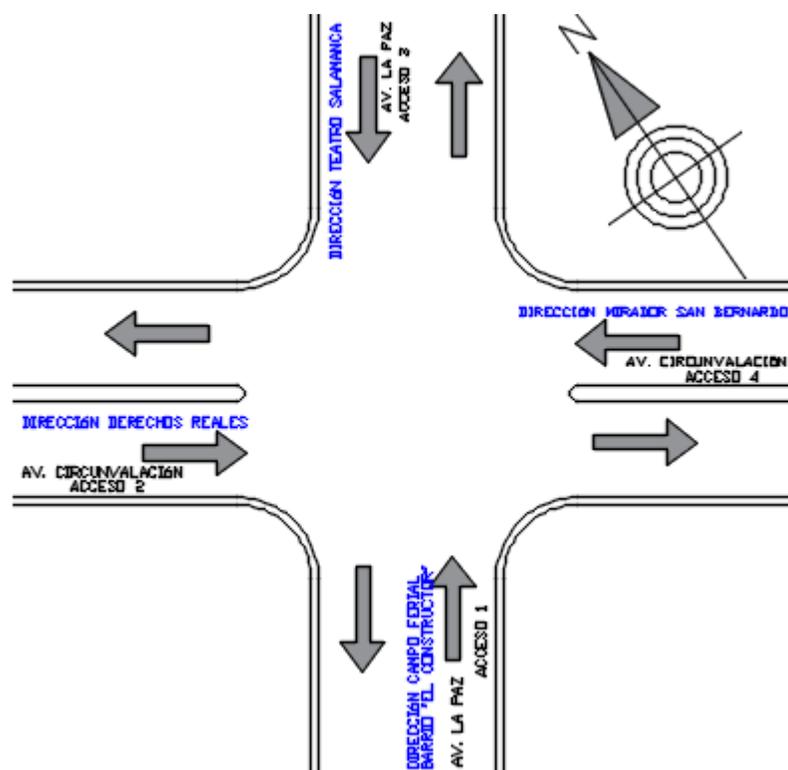
**Tabla 3.9.** Descripción de la intersección – punto de estudio 9

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321629.19	7618437.24

Fuente: Propia

**Punto 10.** Av. Circunvalación y Av. La Paz

**Figura 3.11.** Croquis de la intersección – punto de estudio 10



Fuente: Propia

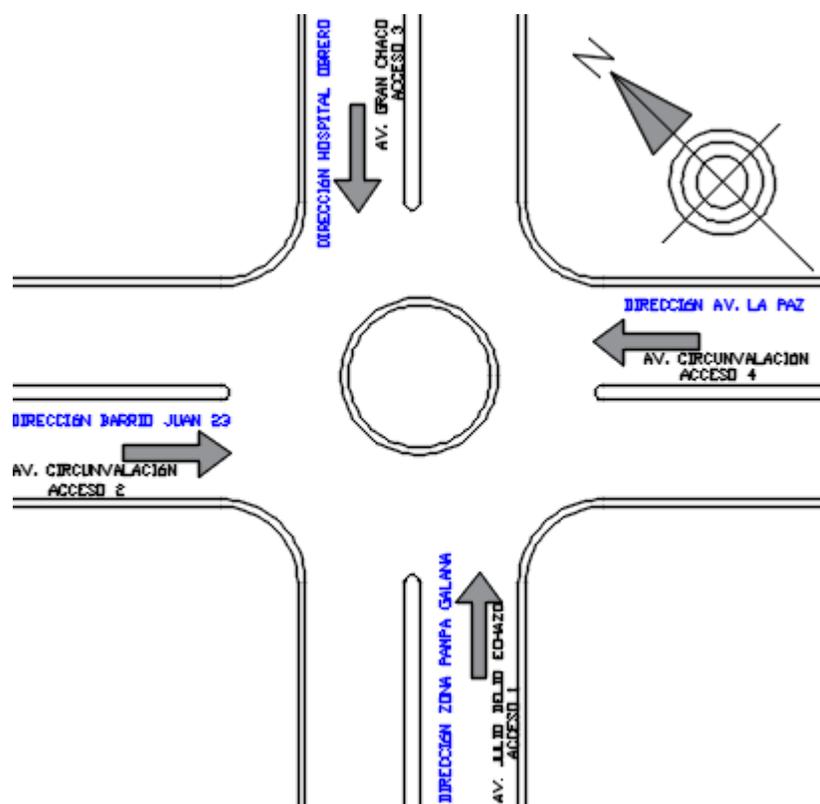
**Tabla 3.10.** Descripción de la intersección – punto de estudio 10

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	321790.20	7618237.95

Fuente: Propia

**Punto 11.** Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco

**Figura 3.12.** Croquis de la intersección – punto de estudio 11



Fuente: Propia

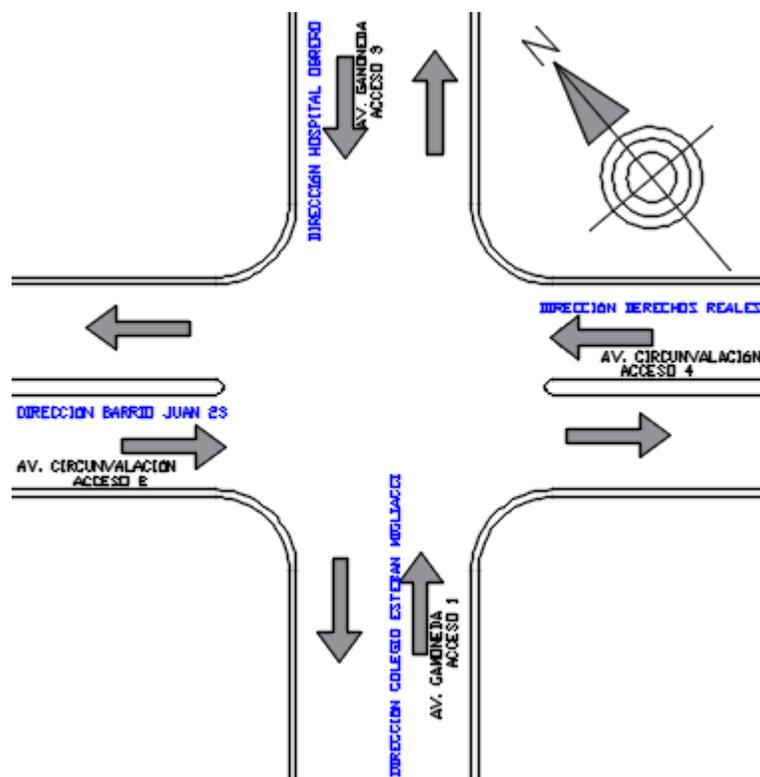
**Tabla 3.11.** Descripción de la intersección – punto de estudio 11

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	Si existe / Malo
Señales verticales/ Estado	No existe	No existe
Semaforización	No	No
Estacionamiento	No	No
Coordenadas	<b>X</b>	<b>Y</b>
	322070.18	7617968.59

Fuente: Propia

**Punto 12.** Av. Circunvalación y Av. Gamonedada.

**Figura 3.13.** Croquis de la intersección – punto de estudio 12



Fuente: Propia

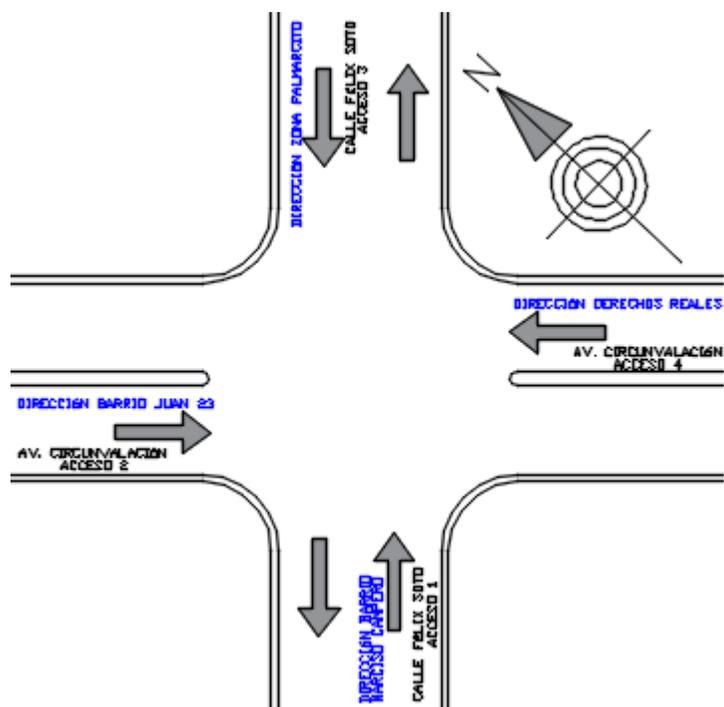
**Tabla 3.12.** Descripción de la intersección – punto de estudio 12

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
Tipo de calle	Dos sentidos	Dos sentidos
Señales horizontales/ Estado	No existe	No existe
Señales verticales/ Estado	Si existe/ Malo	No existe
Semaforización	Si	Si
Estacionamiento	Si	Si
Coordenadas	X	Y
	322231.80	7617810.32

Fuente: Propia

**Punto 13.** Av. Circunvalación y Calle Félix Soto

**Figura 3.14.** Croquis de la intersección – punto de estudio 13



Fuente: Propia

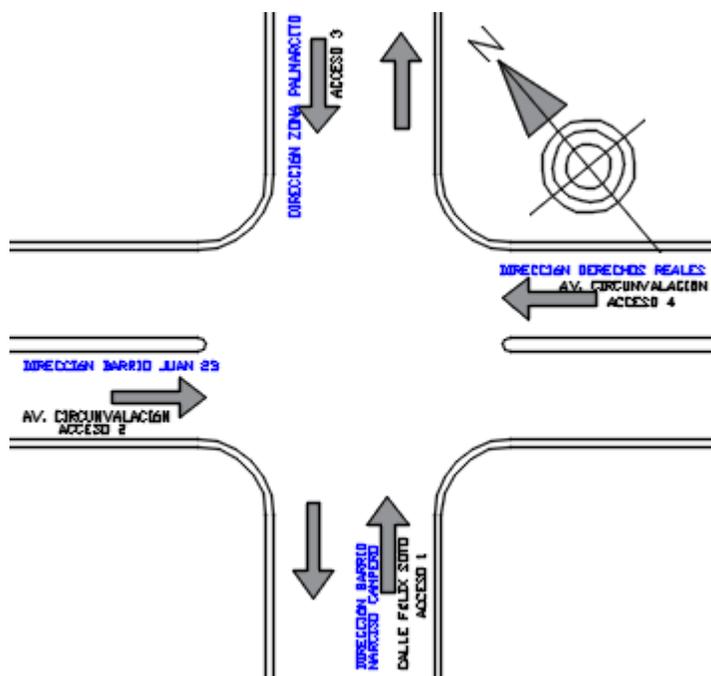
**Tabla 3.13.** Descripción de la intersección – punto de estudio 13

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	Si existe/ Malo	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	322297.21	7617746.39

Fuente: Propia

**Punto 14.** Av. Circunvalación y Calle José Electo Díaz

**Figura 3.15.** Croquis de la intersección – punto de estudio 14



Fuente: Propia

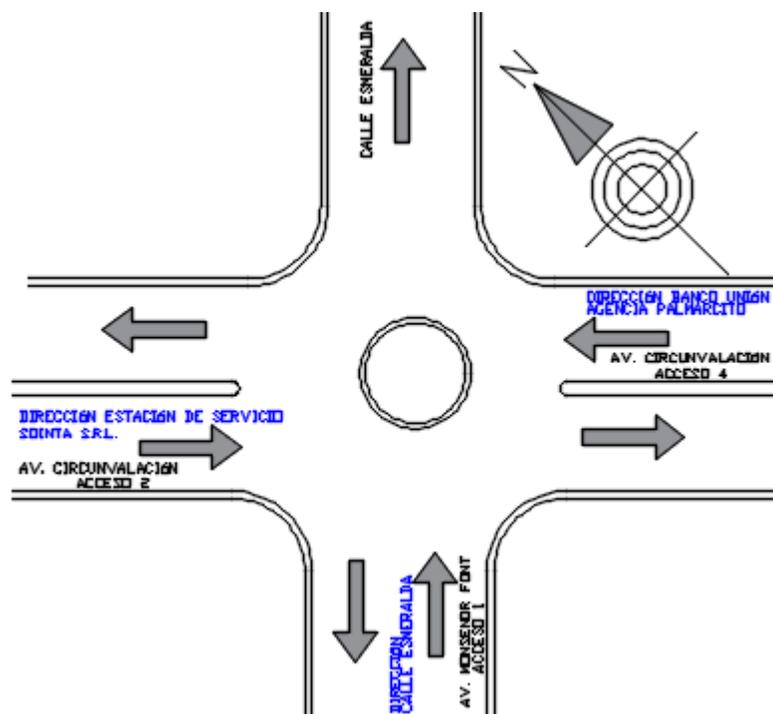
**Tabla 3.14.** Descripción de la intersección – punto de estudio 14

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	Si existe/ Malo	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	322350.60	7617693.92

Fuente: Propia

**Punto 15.** Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font

**Figura 3.16.** Croquis de la intersección – punto de estudio 15



Fuente: Propia

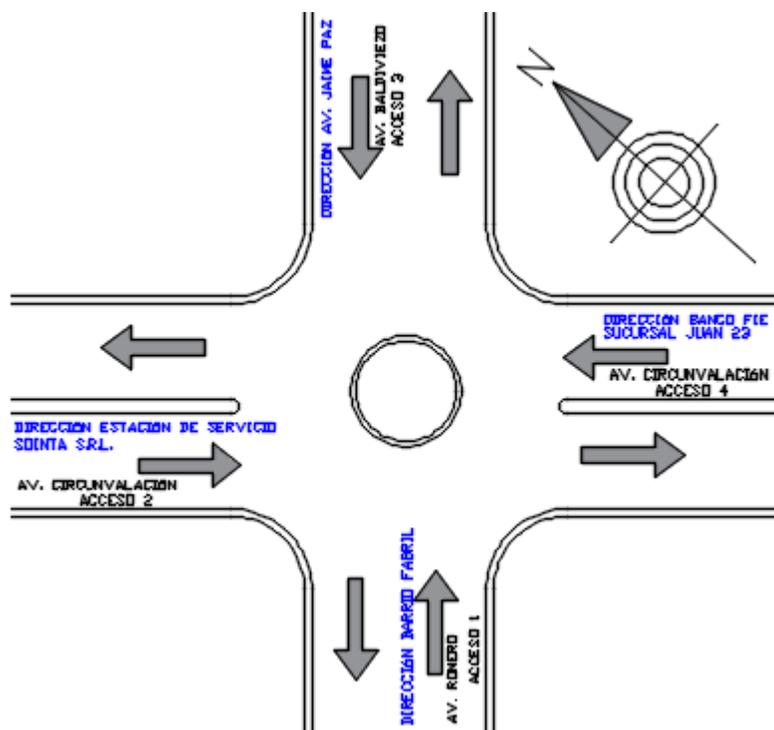
**Tabla 3.15.** Descripción de la intersección – punto de estudio 15

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Av. Monseñor Font
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No	Si existe / Bueno
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No	No existe
<b>Semaforización</b>	Si	Si
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	322705.92	7617328.03

Fuente: Propia

**Punto 16.** Av. Circunvalación, Av. Baldoviego y Av. Roberto Romero

**Figura 3.17.** Croquis de la intersección – punto de estudio 16



Fuente: Propia

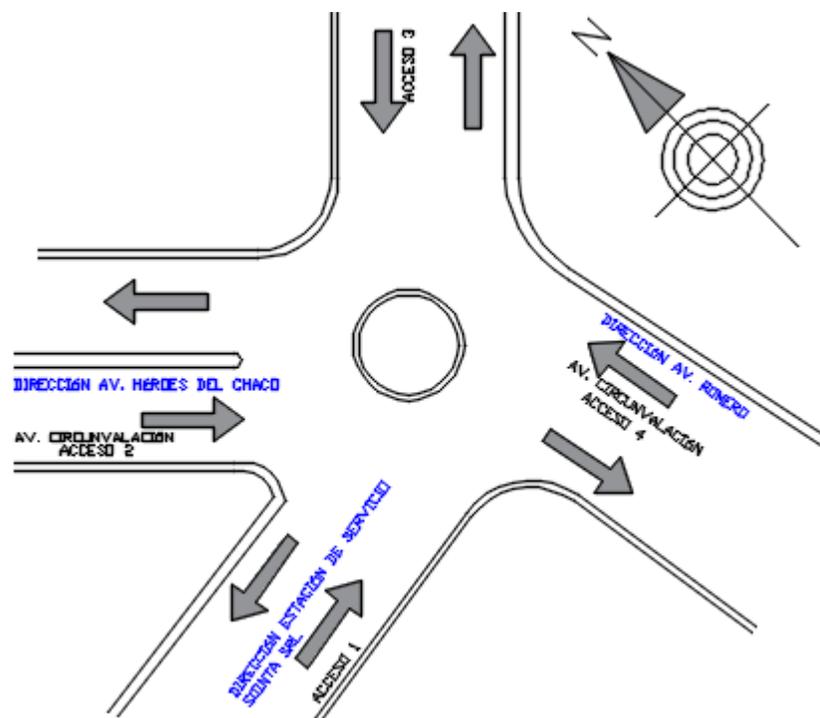
**Tabla 3.16.** Descripción de la intersección – punto de estudio 16

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existen	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existen	Si existe/ bueno
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	322816.66	7617204.49

Fuente: Propia

**Punto 17.** Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)

**Figura 3.18.** Croquis de la intersección – punto de estudio 17



Fuente: Propia

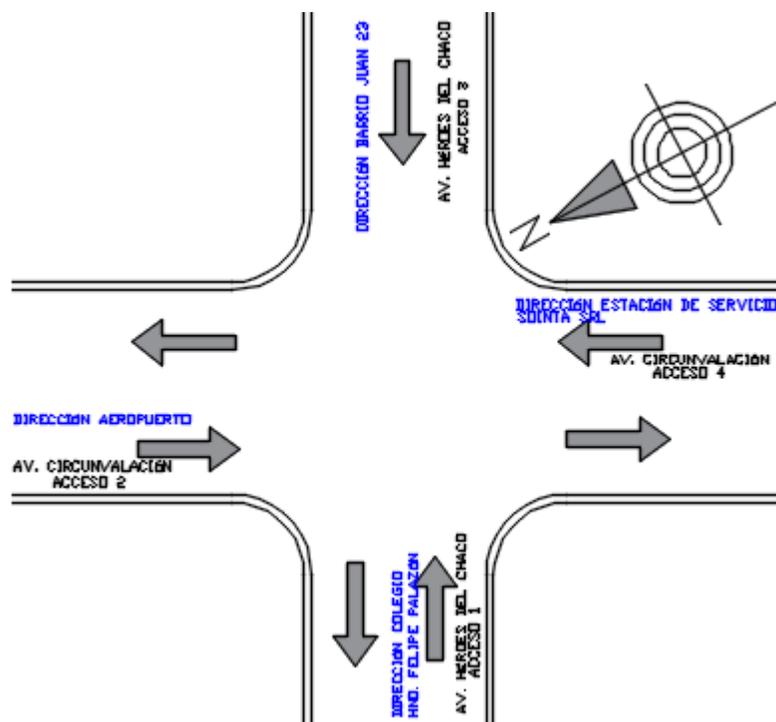
**Tabla 3.17.** Descripción de la intersección – punto de estudio 17

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
	Av. Circunvalación	Calle Sin Nombre
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existe	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existe	Si existe/ bueno
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	323102.83	7616875.00

Fuente: Propia

**Punto 18.** Av. Circunvalación y Av. Héroes Del Chaco

**Figura 3.19.** Croquis de la intersección – punto de estudio 18



Fuente: Propia

**Tabla 3.18.** Descripción de la intersección – punto de estudio 18

Descripción	Calle de estudio	Calle de intersección
		Av. Circunvalación
<b>Tipo de calle</b>	Dos sentidos	Dos sentidos
<b>Señales horizontales/ Estado</b>	No existen	No existe
<b>Señales verticales/ Estado</b>	No existen	Si existe/ Bueno
<b>Semaforización</b>	No	No
<b>Estacionamiento</b>	No	No
<b>Coordenadas</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
	323070.02	7616786.39

Fuente: Propia

### **3.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE ACCIDENTABILIDAD**

Los datos de accidentabilidad fueron obtenidos de la Dirección Departamental de Tránsito de la ciudad de Tarija, que es la entidad principal encargada de llevar el registro de toda la información relevante en forma de reportes de accidentes en el departamento.

Los datos obtenidos de dicha entidad corresponden al año 2019, puesto que las autoridades de tránsito justifican que; sólo los datos hasta ese año habrían sido procesados.

Los accidentes fueron tabulados y registrados en base al tipo de accidente y la cantidad.

El levantamiento de datos de los tipos de accidentes se encuentra registrado de la siguiente manera:

- ❖ Atropello
- ❖ Colisión
- ❖ Choque a objeto fijo
- ❖ Vuelco
- ❖ Choque a vehículo detenido y estacionado
- ❖ Choque a vehículo por alcance

A continuación, en la tabla 3.19 se muestran los datos mencionados anteriormente:

**Tabla 3.19. Descripción de accidentes**

Intersección de estudio	Descripción de accidentes gestión 2019						Total accidentes
	Atropello	Colisión	Choque a objeto fijo	Vuelco	Choque a vehículo por alcance	Choque a vehículo detenido y estacionado	
Av. Circunvalación y Av. Integración	2	5	1	0	3	1	12
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	0	2	0	0	0	1	3
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	1	3	0	0	0	1	5
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	0	1	1	0	0	1	3
Av. Circunvalación y Av. Colón	3	5	1	0	1	1	11
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	1	1	0	0	0	0	2
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	0	2	0	0	0	0	2
Av. Circunvalación y calle Chamas	0	2	0	0	0	0	2
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	0	2	0	0	0	0	2
Av. Circunvalación y Av. La Paz	1	2	0	0	1	2	6
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	0	3	1	0	0	1	5
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	3	5	0	0	2	2	12
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	0	0	0	0	0	0
v. Circunvalación y Av. Monseñor Font	2	1	0	0	0	0	3
Av. Circunvalación, Av. Baldviezo y Av. Roberto Romero	1	3	1	0	0	1	6
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	1	1	0	0	0	0	2
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	1	2	0	0	0	0	2

Fuente: Propia

### 3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS DE AFORO

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

En este caso se seleccionó la intersección entre la Av. Circunvalación y la calle Colón; realizando el aforo desde horas 6:00 a horas 20:00.

Dando como resultado los valores de la tabla 3.20.

Se puede observar en la gráfica 3.20. que los picos más representativos se presentan de horas: 7:00 a 8:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Por lo tanto, el aforo de volúmenes de tráfico vehicular se realizó de lunes a domingo y en las horas mencionadas.

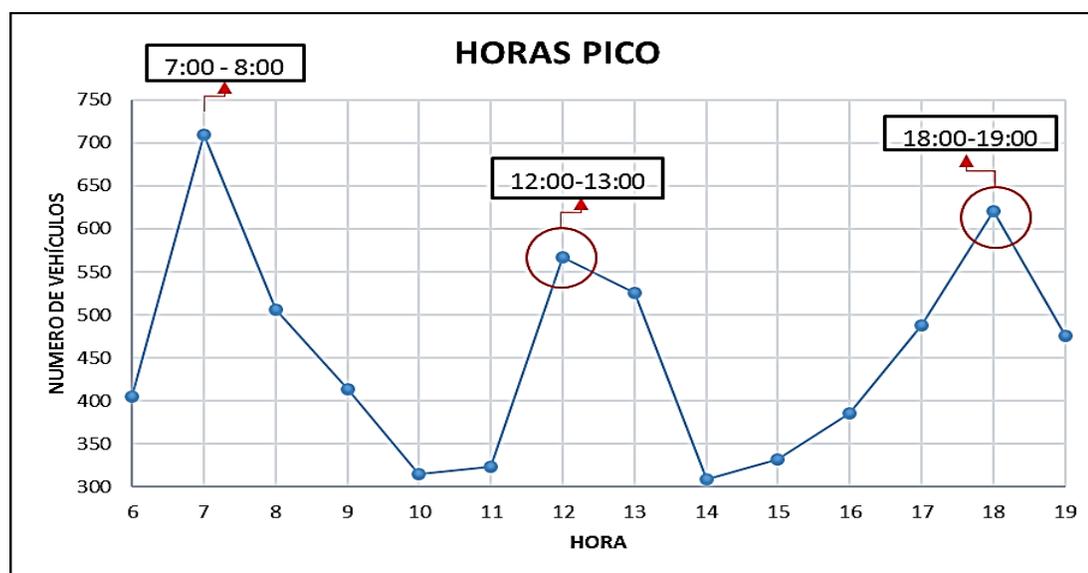
**Tabla 3.20. Valores de horas pico Av. Circunvalación**

<b>Hora</b>	<b>Número de vehículos hora</b>
6:00 - 7:00	405
7:00 - 8:00	709
8:00 - 9:00	506
9:00 - 10:00	413
10:00 - 11:00	315
11:00 - 12:00	323
12:00 - 13:00	567
13:00 - 14:00	525
14:00 - 15:00	309
15:00 - 16:00	332
16:00 - 17:00	386
17:00 - 18:00	488
18:00 - 19:00	620
19:00 - 20:00	476

Fuente: Propia

Se realizó el aforo en esta intersección siendo uno de los puntos que conecta norte sur y el centro de la ciudad.

**Figura 3.20. Horas pico – Avenida Circunvalación**



Fuente: Propia

Se muestra el procedimiento de análisis y depuración de los datos aforados; esto con el fin de optar por un rango de seguridad dado a partir de la media y la desviación estándar como se desarrolla a continuación para el punto de estudio 1 – intersección Av. Circunvalación y Av. Integración (Rotonda Estación de servicio Agrupa).

**Datos aforados para el acceso 1 de horas 7:00 a 8:00 am:**

**Tabla 3.21. Datos aforados del acceso 1 – punto de estudio 1**

Hora	Acceso 1 (veh/h)									Total veh /h.
	Livianos			Medianos			Pesados			
Día	GI	GD	F	GI	GD	F	GI	GD	F	
Lunes	152	177	185	147	182	153	27	11	24	1058
Martes	162	181	161	148	167	133	27	8	16	1003
Miércoles	169	184	172	153	150	164	28	12	25	1057
Jueves	158	181	174	146	159	169	19	15	27	1048
Viernes	155	178	173	148	141	164	20	11	26	1016
Sábado	165	183	182	158	163	145	22	15	19	1052
Domingo	132	142	156	135	152	149	27	8	15	916

Fuente: Propia

**Calculando la media de la sumatoria de los vehículos por hora**

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

$$\dot{X} = \frac{1058 + 1003 + 1057 + 1048 + 1016 + 1052 + 916}{7}$$

$$\dot{X} = 1021,43 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

**Desviación estándar**

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

$$= \sqrt{\frac{1}{7-1} * 1033,47 + 339,61 + 1265,33 + 706,04 + 29,47 + 934,61 + 11115,71}$$

$$\dot{X} = \sqrt{2621,29}$$

$$\dot{X} = 51,20 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

**Rango superior**

Definido por la media más la desviación estándar

$$= 1021,43 \frac{\text{veh}}{\text{h}} + 51,20 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 1072,63 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

**Rango inferior**

Definido por la media menos la desviación estándar

$$= 1021,43 \frac{\text{veh}}{\text{h}} - 51,20 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

$$= 970,23 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

En la siguiente tabla se identifican los valores medios que se encuentran fuera del rango previamente calculado.

**Tabla 3.22. Volúmenes del acceso 1 – punto de estudio 1**

Acceso 1 veh/h
1058
1003
1057
1048
1016
1052
916

Fuente: Propia

El valor dentro de la casilla de color  identifica el valor fuera del rango (1072,63 – 970,23).

Por lo tanto, se calcula la media excluyendo dicho valor:

**Tabla 3.23. Volúmenes del acceso 1 – punto de estudio 1 (excluyendo valores fuera de rango)**

Acceso 1 veh/h
1058
1003
1057
1048
1016
1052

Fuente: Propia

$$\bar{X} = 1039,00 \text{ veh /h}$$

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

En la tabla se muestran los datos aforados de los vehículos livianos, medianos y pesados que realizaron el giro izquierda para el acceso 1 en horas 7:00 a 8:00 am donde se sumaron

hallando el total y sobre el total de vehículos que circularon por la intersección se calcularon los porcentajes.

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

**Tabla 3.24. Vehículos que realizan Giro Izquierda del acceso 1 – punto de estudio 1**

<b>Hora</b>	<b>Acceso 1 - Vehículos que realizan giro izquierda</b>					
7:00 - 8:00	<b>Total (veh/h)</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>P</b>	<b>Total (veh/h)</b>	<b>% GI</b>
<b>Día</b>		<b>GI</b>	<b>GI</b>	<b>GI</b>		
Lunes	1058	152	147	27	326	30,81
Martes	1003	162	148	27	337	33,60
Miércoles	1057	169	153	28	350	33,11
Jueves	1048	158	146	19	323	30,82
Viernes	1016	155	148	20	323	31,79
Sábado	1052	165	158	22	345	32,79

Fuente: Propia

Del mismo modo se realizó el cálculo para las maniobras de giro derecha, de frente y vehículos pesados. Sumando los vehículos que realizaron las diferentes maniobras y sacando el porcentaje en relación al volumen total.

Posteriormente se calcula la media de los valores porcentuales y se halla el valor medio de los mismos para los días aforados.

**Tabla 3.25. Porcentajes de maniobras del acceso 1 – punto de estudio 1**

<b>Acceso 1 (veh/h)</b>						
<b>Horario</b>	<b>7:00 - 8:00</b>					
<b>Total</b>	<b>Giros</b>				<b>Frente</b>	
	<b>Izquierda</b>		<b>Derecha</b>			
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
1058	326	30,81	370	34,97	362	34,22
1003	337	33,60	356	35,49	310	30,91
1057	350	33,11	346	32,73	361	34,15
1048	323	30,82	355	33,87	370	35,31
1016	323	31,79	330	32,48	363	35,73
1052	345	32,79	361	34,32	346	32,89
<b>X̄</b>		32,16		33,98		33,87

Fuente: Propia

Para encontrar la media de los valores que circularon por el acceso 1 en las 3 horas pico previamente definidas se efectúa el mismo cálculo y se halla la media de dichos valores.

**Tabla 3.26. Porcentajes de maniobras en las horas pico para el acceso 1 – punto de estudio 1**

<b>Acceso 1</b>							
<b>Horario</b>		<b>7:00 - 8:00</b>					
<b>Total</b>	<b>Giros</b>				<b>Frente</b>		
	<b>Izquierda</b>		<b>Derecha</b>				
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	
1058	326	30,81	370	34,97	362	34,22	
1003	337	33,60	356	35,49	310	30,91	
1057	350	33,11	346	32,73	361	34,15	
1048	323	30,82	355	33,87	370	35,31	
1016	323	31,79	330	32,48	363	35,73	
1052	345	32,79	361	34,32	346	32,89	
<b>X̄</b>		32,16		33,98		33,87	

<b>Horario</b>		<b>12:00 - 13:00</b>					
<b>Total</b>	<b>Giros</b>				<b>Frente</b>		
	<b>Izquierda</b>		<b>Derecha</b>				
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	
1059	332	31,35	389	36,73	338	31,92	
1058	324	30,62	398	37,62	336	31,76	
1061	337	31,76	388	36,57	336	31,67	
1068	347	32,49	386	36,14	335	31,37	
1079	346	32,07	390	36,14	343	31,79	
1071	363	33,89	391	36,51	317	29,60	
<b>X̄</b>		32,03		36,62		31,35	

<b>Horario</b>		<b>18:00 - 19:00</b>					
<b>Total</b>	<b>Giros</b>				<b>Frente</b>		
	<b>Izquierda</b>		<b>Derecha</b>				
	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>N</b>	<b>%</b>	
951	302	31,76	337	35,44	312	32,81	
937	302	32,23	328	35,01	307	32,76	
944	300	31,78	335	35,49	309	32,73	
937	297	31,70	340	36,29	300	32,02	
<b>X̄</b>		31,87		35,55		32,58	

Fuente: Propia

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

$$\%GI = \frac{32,16 + 32,03 + 31,87}{3}$$

$$\%GI = 32,02 \%$$

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

$$\%GD = \frac{33,98 + 36,62 + 35,55}{3}$$

$$\%GI = 35,38 \%$$

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

$$\%FRENTE = \frac{33,87 + 31,35 + 32,58}{3}$$

$$\%GI = 32,60 \%$$

**% vehículos pesados**

**Tabla 3.27. Porcentaje de vehículos pesados acceso 1 - punto de estudio 1**

Acceso 1								
7:00 - 8:00			12:00 - 13:00			18:00 - 19:00		
Total	N	%	Total	N	%	Total	N	%
1058	62	5,86	1059	48	4,53	951	50	5,26
1003	51	5,08	1058	40	3,78	937	52	5,55
1057	65	6,15	1061	39	3,68			
1048	61	5,82	1068	42	3,93			
1016	57	5,61	1079	37	3,43	944	57	6,04
1052	56	5,32	1071	46	4,30			
						937	52	5,55
Ḳ		5,64	Ḳ		3,94	Ḳ		5,60

Fuente: Propia

$$\%VP = \frac{5,64 + 3,94 + 5,60}{3}$$

$$\%VP = 5,06 \%$$

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

- ✘ Volúmenes vehiculares por hora para cada acceso de la intersección durante 1 semana.
- ✘ % de giros izquierda del volumen medio de cada acceso.
- ✘ % de giro derecha del volumen medio de cada acceso.
- ✘ % de vehículos con trayectoria de frente para cada acceso.
- ✘ % de vehículos pesados del volumen medio para cada acceso de la intersección.
- ✘ % de peatones que ingresaron a la intersección en relación con el volumen medio vehicular.
- ✘ % de ciclistas en relación con el volumen medio vehicular.
- ✘ % de motos del volumen medio vehicular que ingresaron a la intersección
- ✘ Velocidad media de circulación de los vehículo

### Punto de estudio No 1

Av. Circunvalación y Av. Integración

#### Referencias.-



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



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



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

**Tabla 3.28. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 1**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	1058	896	726	1129	1059	792	743	994	951	719	568	1009				
Martes	1003	857	613	1154	1058	802	753	961	937	715	578	997				
Miércoles	1057	958	725	1171	1061	769	723	943	921	656	559	1001				
Jueves	1048	906	727	1128	1068	795	743	990	916	720	551	992				
Viernes	1016	978	700	1133	1079	797	740	968	944	688	550	984				
Sábado	1052	929	706	1169	1071	794	692	1021	960	670	576	1023				
Domingo	916	752	512	1014	916	779	776	940	937	657	534	988				
<b>Media</b>	1039	910	700	1148	1066	792	741	979	943	691	557	998				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>1016</b>				<b>798</b>				<b>666</b>				<b>1042</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.29. Porcentajes de giros y usuarios .de la intersección-punto de estudio 1**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	32,02	29,51	25,91	32,61
% Giro derecha	35,38	28,86	40,00	30,76
% Frente	32,60	41,63	34,09	36,63
% Pesados	5,06	8,72	13,42	7,15
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
10,16	3,20	15,32	24,03 km/h	

Fuente: Propia

### 3.21. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 2

Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina.

#### Referencias.-



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



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



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

**Tabla 3.30. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 2**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
DÍA	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	772	909	636	705	737	605	925	819	687	643	545	793				
Martes	775	815	659	759	752	630	890	762	753	638	562	799				
Miércoles	785	871	638	726	707	629	909	765	700	646	540	825				
Jueves	728	842	632	801	742	635	880	760	721	654	583	839				
Viernes	751	914	637	802	765	605	829	772	714	639	546	802				
Sábado	751	857	693	736	794	647	844	754	691	642	535	814				
Domingo	729	774	548	653	715	647	814	743	711	633	545	775				
<b>Media</b>	763	847	641	732	743	632	871	763	708	642	546	807				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>738</b>				<b>707</b>				<b>686</b>				<b>768</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.31. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 2**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	35,58	24,21	20,75	18,10
% Giro derecha	35,96	20,87	17,78	13,42
% Frente	28,46	54,92	61,47	68,48
% Pesados	8,49	8,32	21,60	8,41
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
31,05	2,12	14,30	19,37 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.22. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 2**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 3

Av. Circunvalación y Av. Mejillones

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.32. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 3**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	838	952	618	1079	789	919	628	1073	801	736	565	916				
Martes	730	892	661	1066	812	880	660	1065	830	718	551	889				
Miércoles	742	940	605	1038	806	911	619	1048	802	767	565	886				
Jueves	849	963	646	1114	816	923	590	1082	785	788	548	892				
Viernes	836	918	645	1060	798	881	648	1046	853	736	567	914				
Sábado	752	869	644	1047	809	901	614	1066	791	736	560	912				
Domingo	716	899	634	976	805	873	585	1000	772	678	513	884				
<b>Media</b>	780	921	638	1058	805	914	632	1064	802	739	560	895				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>796</b>				<b>858</b>				<b>610</b>				<b>1006</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.33. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 3**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	43,25	19,28	33,66	18,99
% Giro derecha	36,95	13,16	37,69	14,03
% Frente	19,80	67,56	28,65	66,98
% Pesados	2,69	8,63	4,54	5,86
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
15,28	3,17	24,83	38,01 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.23. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 3**



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 4

Av. Circunvalación y Calle Gral. Trigo

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.34. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 4**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	94	1013	302	987	101	1033	289	986	73	850	252	837				
Martes	102	1046	316	930	107	1082	259	1018	92	835	242	696				
Miércoles	106	1049	294	960	100	955	265	987	89	850	247	789				
Jueves	110	1376	302	946	102	905	255	981	84	817	247	857				
Viernes	105	1222	294	976	107	1043	270	999	97	764	251	744				
Sábado	118	1146	308	941	100	948	288	1045	85	782	256	779				
Domingo	104	935	248	970	92	939	254	931	86	757	231	788				
<b>Media</b>	106	1096	303	959	101	984	261	995	88	812	248	788				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>99</b>				<b>964</b>				<b>271</b>				<b>914</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.35. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 4**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	0,00	0,00	22,09	10,66
% Giro derecha	100,00	15,67	30,84	0,00
% Frente	0,00	84,33	47,07	89,34
% Pesados	5,52	7,42	9,22	9,52
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
8,19	2,95	22,38	28,63 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.24. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 4**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 5

Av. Circunvalación y Calle Colón

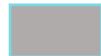
#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.36. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 5**

<b>Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico</b>																
<b>DÍA</b>	<b>7:00 - 8:00</b>				<b>11:00 - 12:00</b>				<b>18:00 - 19:00</b>							
	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>				
Lunes	916	1069	897	985	1106	950	925	906	1025	1058	1078	931				
Martes	921	994	835	915	1107	881	890	975	1019	978	1044	997				
Miércoles	937	902	956	1010	1109	924	909	966	934	1066	998	960				
Jueves	1025	989	1011	993	1099	910	880	1011	1041	977	1086	909				
Viernes	988	988	947	968	1106	943	829	861	1088	1034	1071	973				
Sábado	907	957	907	921	1097	903	844	952	1032	1027	1051	980				
Domingo	857	945	905	939	1044	832	814	889	978	918	939	871				
<b>Media</b>	934	975	923	972	1104	913	871	938	1019	1015	1055	951				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>1019</b>				<b>968</b>				<b>950</b>				<b>954</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.37. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 5**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	26,80	20,32	40,26	7,72
% Giro derecha	23,17	4,97	42,65	20,88
% Frente	50,03	74,71	17,09	71,40
% Pesados	17,73	18,93	15,29	11,03
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
18,63	3,19	28,54	20,89 km/h	

Fuente: Propia

### 3.25. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 5



Fuente: Propia

**Punto de estudio No 6**

Av. Circunvalación y Calle Ayoroa

**Referencias. -**



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

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

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

**Tabla 3.38. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 6**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	844	1046	183	1143	791	1129	925	1100	727	1190	226	976				
Martes	834	1037	222	1101	794	1123	890	1091	726	1198	288	1040				
Miércoles	789	1023	201	1077	787	1096	909	1040	692	1119	248	924				
Jueves	822	1026	189	1004	802	1107	880	1187	788	1178	242	984				
Viernes	873	1052	219	1111	803	1127	829	1084	777	1214	250	1019				
Sábado	911	1016	215	1075	798	1057	844	1074	735	1055	267	993				
Domingo	856	966	213	959	706	1069	814	1070	665	1085	247	959				
<b>Media</b>	846	1034	212	1074	796	1117	871	1084	720	1172	251	987				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>788</b>				<b>1108</b>				<b>445</b>				<b>1049</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.39. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 6**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	42,25	13,65	30,85	8,20
% Giro derecha	43,46	12,90	32,72	6,86
% Frente	14,29	73,45	36,43	84,94
% Pesados	16,53	15,91	5,48	19,39
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
9,48	4,01	34,28	31,14 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.26. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 6**



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 7

Av. Circunvalación y Av. San Bernardo

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.40. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 7**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
DÍA	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	489	1042	865	947	449	1018	801	936	463	1053	761	1008				
Martes	494	1010	744	936	471	955	826	1002	407	1001	764	990				
Miércoles	497	1046	838	1016	489	1005	765	1003	426	1032	727	999				
Jueves	525	1021	828	970	454	1016	830	1049	448	1065	729	969				
Viernes	541	1009	835	973	495	1026	780	966	435	1056	721	1025				
Sábado	539	1029	810	1008	484	998	773	1069	425	1071	712	1045				
Domingo	466	1010	675	857	441	949	720	947	396	1003	663	962				
<b>Media</b>	502	1016	820	967	470	1013	780	980	429	1052	723	1006				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>467</b>				<b>1027</b>				<b>775</b>				<b>985</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.41. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 7**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	30,42	28,24	43,96	11,00
% Giro derecha	34,05	12,48	43,60	34,60
% Frente	35,53	59,28	12,44	54,40
% Pesados	4,96	10,85	19,47	12,90
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
19,36	3,58	29,20	20,84 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.27. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 7**

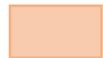


Fuente: Propia

**Punto de estudio No 8**

Av. Circunvalación y Calle Chamas

**Referencias. -**



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



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



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

**Tabla 3.42. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 8**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
DÍA	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	905	991	636	1025	837	1038	1430	1145	817	970	553	1113				
Martes	936	910	659	959	852	1054	1397	1100	853	1022	579	1107				
Miércoles	931	941	638	926	797	1027	1391	1077	790	1028	551	1129				
Jueves	916	884	632	1021	842	1057	1478	1070	811	1000	591	1107				
Viernes	912	980	637	1002	855	991	1412	1132	804	1018	549	1161				
Sábado	920	954	693	936	894	1045	1452	1098	791	1029	538	1139				
Domingo	875	828	548	953	815	1002	1377	1074	811	1001	536	1065				
<b>Media</b>	917	934	641	963	841	1041	1417	1088	804	1017	548	1119				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>854</b>				<b>998</b>				<b>869</b>				<b>1057</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.43. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 8**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	43,63	16,21	28,09	15,17
% Giro derecha	42,90	33,40	21,83	10,92
% Frente	13,47	50,39	50,08	73,91
% Pesados	7,22	10,69	28,79	9,83
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
5,12	2,84	24,16	18,65 km/h	

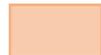
Fuente: Propia

**Figura 3.28. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 8**

Fuente: Propia

**Punto de estudio No 9**

Av. Circunvalación y Av. 4 De octubre

**Referencias. -**

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



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



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

**Tabla 3.44. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 9**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
DÍA	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	961	1102	461	988	898	1065	464	957	736	1156	410	1029				
Martes	951	1158	502	1014	927	1094	520	992	743	1138	353	1011				
Miércoles	1015	1080	455	965	926	1131	460	924	691	1187	415	1049				
Jueves	1024	1114	479	1007	908	1122	450	954	715	1198	357	1044				
Viernes	969	1067	463	989	911	1077	513	941	757	1147	406	1070				
Sábado	987	1190	439	984	906	1099	447	972	715	1150	404	1052				
Domingo	897	1102	405	895	871	1049	419	900	691	1088	347	984				
Media	967	1112	460	992	906	1084	456	964	728	1156	399	1037				
Volumen	Acceso 1				Acceso 2				Acceso 3				Acceso 4			
	867				1118				439				998			

Fuente: Propia

**Tabla 3.45. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 9**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	43,54	15,56	40,06	31,77
% Giro derecha	42,21	28,07	23,56	9,88
% Frente	14,25	56,37	36,38	58,35
% Pesados	4,05	15,52	7,14	12,23
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
4,67	3,07	21,32	22,15 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.29. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 9**

Fuente: Propia

**Punto de estudio No 10**

Av. Circunvalación y Av. La Paz

**Referencias. -**



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



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



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

**Tabla 3.46. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 10**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	876	1070	932	1196	872	1091	919	1207	802	1055	862	1191				
Martes	893	1114	948	1147	849	1160	889	1244	800	1042	869	1051				
Miércoles	874	1112	914	1177	840	1094	885	1205	796	1032	875	1129				
Jueves	872	1086	935	1132	870	1078	875	1182	791	1115	857	1146				
Viernes	889	1081	930	1171	830	1114	900	1204	802	1047	881	1107				
Sábado	868	1028	938	1150	814	1100	908	1275	800	1090	876	1124				
Domingo	812	986	868	1139	807	1050	874	1115	773	1020	866	1107				
<b>Media</b>	879	1082	933	1157	840	1096	896	1209	799	1054	870	1123				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>840</b>				<b>1078</b>				<b>900</b>				<b>1163</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.47. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 10**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	29,66	22,36	30,83	26,31
% Giro derecha	33,79	30,02	32,68	26,25
% Frente	36,55	47,62	36,49	47,44
% Pesados	6,18	11,66	5,66	11,33
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
28,94	2,53	18,67	19,55 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.30. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 10**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 11

Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.48. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 11**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico												
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00			
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
Lunes	986	1192	998	1225	915	1030	977	1197	951	1164	1014	1209
Martes	972	1135	965	1275	997	1028	992	1194	909	1176	1046	1196
Miércoles	1027	1126	1056	1160	989	1053	991	1181	925	1168	1012	1143
Jueves	1105	1170	1111	1133	948	1058	1028	1163	971	1185	1011	1189
Viernes	1048	1160	1047	1218	966	1053	1025	1209	975	1168	1037	1252
Sábado	1027	1099	1025	1251	962	1070	1030	1199	952	1197	1047	1207
Domingo	987	1071	1005	1191	947	1005	987	1182	936	1183	1017	1163
<b>Media</b>	1015	1138	1027	1209	956	1045	999	1191	941	1176	1019	1193
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>			
	971				1120				1015			
	<b>Acceso 4</b>											
	1198											

Fuente: Propia

**Tabla 3.49. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 11**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
%Giro izquierda	32,95	24,63	33,41	24,87
%Giro derecha	31,28	27,74	34,78	27,38
%Frente	35,77	47,63	31,81	47,75
%Pesados	18,67	21,59	15,51	13,87
%Peatones	%Ciclistas	%Motos	Velocidad media de circulación	
16,99	3,02	21,33	25,34 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.31. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 11**



Fuente: Propia

**Punto de estudio No 12**

Av. Circunvalación y Av. Gamoneda.

**Referencias. -**



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



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



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

**Tabla 3.50. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 12**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
DÍA	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	1087	1164	863	1153	963	1157	895	1022	817	1196	990	1063				
Martes	1094	1174	902	1043	932	1145	903	1027	826	1181	1021	1074				
Miércoles	1064	1158	900	1077	957	1148	913	982	792	1106	964	1090				
Jueves	1094	1135	880	1051	964	1114	896	1058	858	1196	1014	1068				
Viernes	1101	1219	909	1121	963	1117	818	971	858	1158	992	1080				
Sábado	1146	1186	912	1095	958	1153	902	1002	825	1164	1016	1069				
Domingo	1085	1133	0	1077	906	1107	0	1040	786	1104	0	1041				
<b>Media</b>	1093	1171	895	1085	957	1136	888	1023	823	1179	1000	1071				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>958</b>				<b>1162</b>				<b>928</b>				<b>1060</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.51. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 12**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	34,72	25,43	33,23	27,01
% Giro derecha	35,05	24,98	31,93	26,67
% Frente	30,23	49,59	34,84	46,32
% Pesados	15,64	14,01	13,12	13,51
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
31,04	2,84	25,67	18,68 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.32. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 12**



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 13

Av. Circunvalación y Calle Félix Soto

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.52. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 13**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	625	958	495	1112	564	1052	862	1002	589	1023	853	1012				
Martes	487	1020	489	995	596	1113	795	985	612	1015	862	1024				
Miércoles	568	963	510	987	631	989	823	966	577	1108	815	1086				
Jueves	554	989	542	963	523	996	815	1105	582	1059	765	1095				
Viernes	562	1123	523	1085	645	1064	831	1023	604	1118	788	1052				
Sábado	589	1058	444	1094	618	1023	786	984	623	1026	761	1034				
Domingo	615	988	658	1134	655	997	921	1015	715	1006	995	1028				
<b>Media</b>	578	996	512	1055	611	1020	825	996	598	1026	807	1035				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>596</b>				<b>1014</b>				<b>715</b>				<b>1029</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.53. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 13**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	24,16	21,56	23,78	17,35
% Giro derecha	32,35	21,15	29,08	21,42
% Frente	43,49	57,29	47,14	61,23
% Pesados	4,89	12,65	9,75	18,42
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
15,20	2,67	18,52	21,03 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.33. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 13**



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 14

Av. Circunvalación y Calle José Electo Díaz

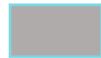
#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.54. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 14**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	626	1008	695	1078	635	1027	678	1010	638	1024	603	1109				
Martes	612	963	689	1024	648	1059	653	1005	610	1009	612	1005				
Miércoles	596	1114	710	1013	653	1096	624	996	621	1014	608	1123				
Jueves	605	1006	642	1019	628	1111	619	958	631	1011	598	1107				
Viernes	618	1012	723	1021	649	1058	620	987	648	994	592	1115				
Sábado	609	998	744	1022	627	1105	674	1012	618	985	601	984				
Domingo	649	1021	758	1047	653	1104	701	1009	708	1002	637	1032				
<b>Media</b>	614	1009	713	1025	648	1089	650	1004	628	1006	605	1095				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>630</b>				<b>1035</b>				<b>656</b>				<b>1042</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.55. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 14**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	26,35	27,41	28,71	14,45
% Giro derecha	28,74	10,24	31,77	21,84
% Frente	44,91	62,35	39,52	63,71
% Pesados	6,78	10,12	9,88	14,95
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
8,10	3,04	16,78	20,81 km/h	

Fuente: Propia

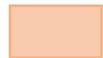
**Figura 3.34. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 14**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 15

Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font

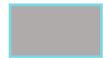
#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.56. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 15**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2		Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2		Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2		Acceso 4				
Lunes	935	1075		1062	1023	1011		1013	1008	1104		1129				
Martes	974	1078		1026	1008	1025		1082	1037	1112		1090				
Miércoles	958	1072		1096	988	1035		1103	1009	1100		1099				
Jueves	912	1078		1058	1018	1028		1149	1022	1149		1069				
Viernes	961	1084		1063	1003	1049		1066	1041	1116		1125				
Sábado	899	1086		1124	999	1007		1139	1007	1101		1145				
Domingo	851	1036		978	992	1002		1009	978	1085		1062				
<b>Media</b>	933	1079		1061	1001	1022		1084	1012	1107		1111				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>982</b>				<b>1069</b>				<b>-</b>				<b>1086</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.57. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 15**

	<b>Acceso 1</b>	<b>Acceso 2</b>	<b>Acceso 3</b>	<b>Acceso 4</b>
% Giro izquierda	46,33	9,27	0,00	29,94
% Giro derecha	37,94	31,50	0,00	11,52
% Frente	15,73	59,23	0,00	58,54
% Pesados	6,51	10,37	0,00	11,69
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
8,96	3,68	15,37	20,03 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.35. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 15**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 16

Av. Circunvalación, Av. Baldviezo y Av. Roberto Romero

#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.58. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 16**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	906	1261	896	934	881	1166	1453	936	860	1180	933	964				
Martes	920	1104	855	977	858	1180	1443	918	857	1252	899	987				
Miércoles	917	1116	807	925	834	1177	1431	877	807	1258	834	1011				
Jueves	916	1154	892	946	876	1207	1507	869	799	1181	904	981				
Viernes	904	1160	897	923	852	1180	1443	952	751	1199	890	1010				
Sábado	914	1104	886	935	900	1211	1480	939	787	1239	897	1006				
Domingo	893	1068	761	880	808	1162	1403	864	780	1199	780	921				
<b>Media</b>	912	1128	873	933	861	1176	1450	918	794	1213	885	994				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>855</b>				<b>1172</b>				<b>1069</b>				<b>948</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.59. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 16**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	46,96	30,77	39,88	25,67
% Giro derecha	36,45	32,14	24,98	27,81
% Frente	16,59	37,09	35,14	46,52
% Pesados	17,02	13,43	28,55	14,55
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
7,68	4,11	24,07	21,23 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.36. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 16**

Fuente: Propia

### Punto de estudio No 17

Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)

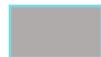
#### Referencias. -



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



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



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

**Tabla 3.60. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 17**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	178	747	321	917	160	653	306	830	119	725	273	832				
Martes	178	710	348	961	155	637	315	815	134	673	232	786				
Miércoles	185	724	327	926	143	728	335	815	122	746	281	839				
Jueves	208	670	321	961	139	694	302	802	121	742	244	834				
Viernes	163	681	303	963	120	692	324	825	104	714	270	829				
Sábado	187	730	378	926	136	656	296	823	111	689	268	833				
Domingo	166	679	359	887	143	672	259	789	104	653	241	773				
<b>Media</b>	179	705	336	943	144	674	309	816	119	701	260	834				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>147</b>				<b>693</b>				<b>301</b>				<b>864</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.61. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 17**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	46,93	5,26	59,67	1,49
% Giro derecha	41,99	1,69	34,39	8,05
% Frente	11,08	93,05	5,94	90,46
% Pesados	12,38	20,62	9,21	23,17
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
5,46	4,11	22,34	25,63 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.37. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 17**

Fuente: Propia

**Punto de estudio No 18**

Av. Circunvalación y Av. Héroes Del Chaco

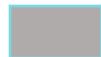
**Referencias. -**



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



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



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

**Tabla 3.62. Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico – punto de estudio 18**

Aforo de volúmenes de tráfico en horas pico																
DÍA	7:00 - 8:00				11:00 - 12:00				18:00 - 19:00							
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4				
Lunes	563	1006	892	1087	554	973	949	986	496	1055	952	1186				
Martes	568	1067	889	981	544	1001	909	1010	506	1042	978	1036				
Miércoles	550	1056	905	1065	528	957	905	952	500	1032	944	1092				
Jueves	554	1028	897	941	573	973	885	991	488	1115	945	1150				
Viernes	570	1040	921	1076	542	1005	930	954	506	1047	960	1091				
Sábado	549	968	916	1041	508	963	918	1035	506	1090	968	1113				
Domingo	524	993	886	1054	515	914	884	897	482	1020	888	1119				
<b>Media</b>	557	1025	896	1065	542	967	916	979	503	1054	954	1113				
<b>Volumen</b>	<b>Acceso 1</b>				<b>Acceso 2</b>				<b>Acceso 3</b>				<b>Acceso 4</b>			
	<b>534</b>				<b>1015</b>				<b>922</b>				<b>1053</b>			

Fuente: Propia

**Tabla 3.63. Porcentajes de giros y usuarios de la intersección-punto de estudio 18**

	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4
% Giro izquierda	46,62	9,83	30,35	29,19
% Giro derecha	53,38	29,32	34,14	0,00
% Frente	0,00	60,85	35,51	70,81
% Pesados	5,32	15,68	8,07	18,93
% Peatones	% Ciclistas	% Motos	Velocidad media de circulación	
17,86	4,79	21,14	25,31 km/h	

Fuente: Propia

**Figura 3.38. Vistas de los accesos a la intersección – punto de estudio 18**

Fuente: Propia

### 3.6 CÁLCULO DE CAPACIDADES Y NIVEL DE SERVICIO

#### 3.6.1 Parámetros considerados para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio

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

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

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

Se consideró también la aplicación del método de cálculo de capacidad y nivel de servicio del manual de diseño geométrico de la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras) siendo nuestro estudio el de vías interrumpidas se optó por utilizar el método descrito a continuación, que se ajusta de mejor manera a nuestro estudio.

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

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

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

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

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

Una vez definidos los parámetros se verifica si los datos aforados se encuentran dentro del rango, posteriormente se calcula una nueva media aritmética, con la cual se trabaja.

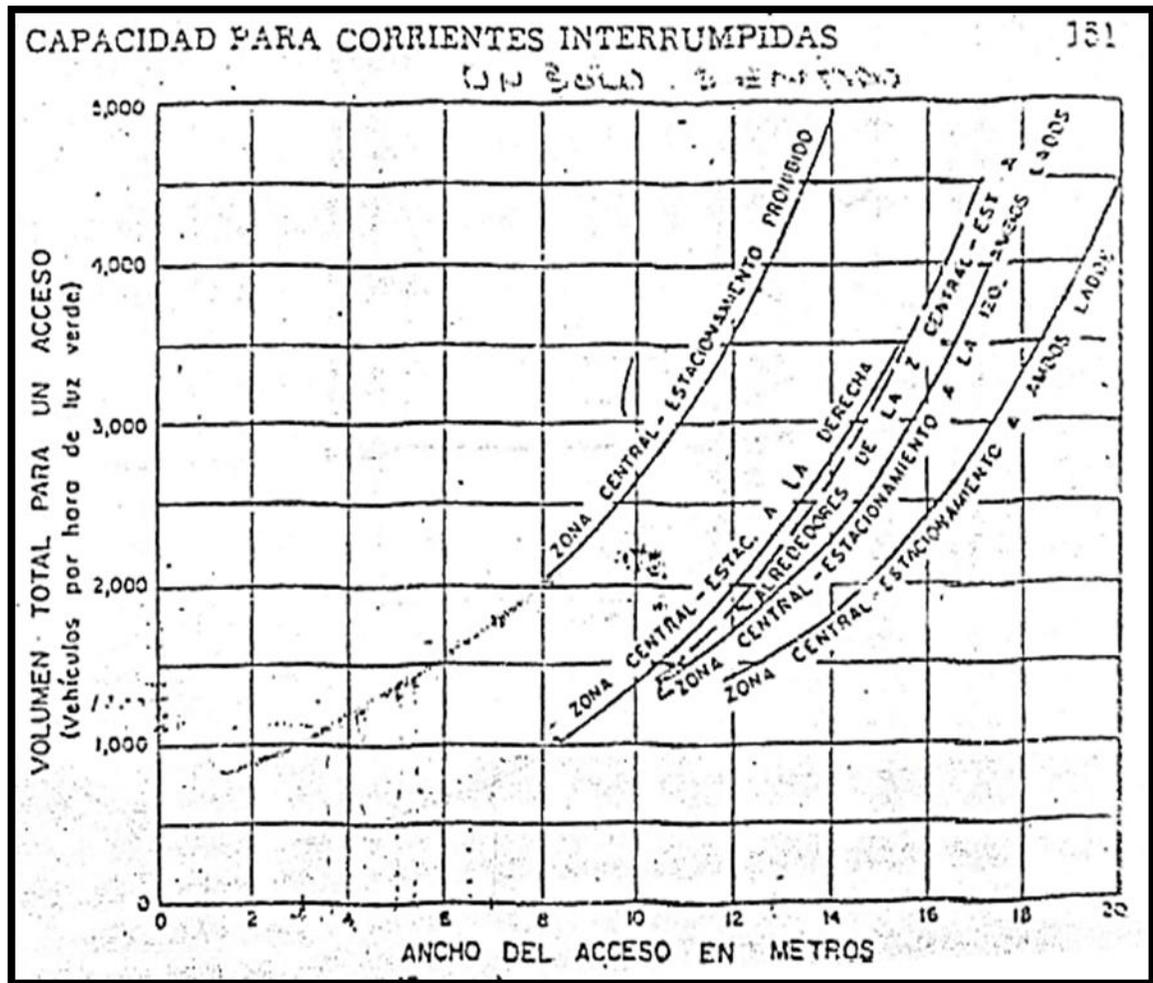
**# de sentidos:** Puede ser de un sentido o dos (doble vía) este dato es requerido únicamente para ingresar al ábaco.

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

**Capacidad teórica:** Este dato es hallado mediante el ábaco presentado en las figuras 3.39. y 3.40 en las cuales se considera: si la vía es de uno o dos sentidos, y dependiendo la zona en la cual se encuentre la vía en estudio.

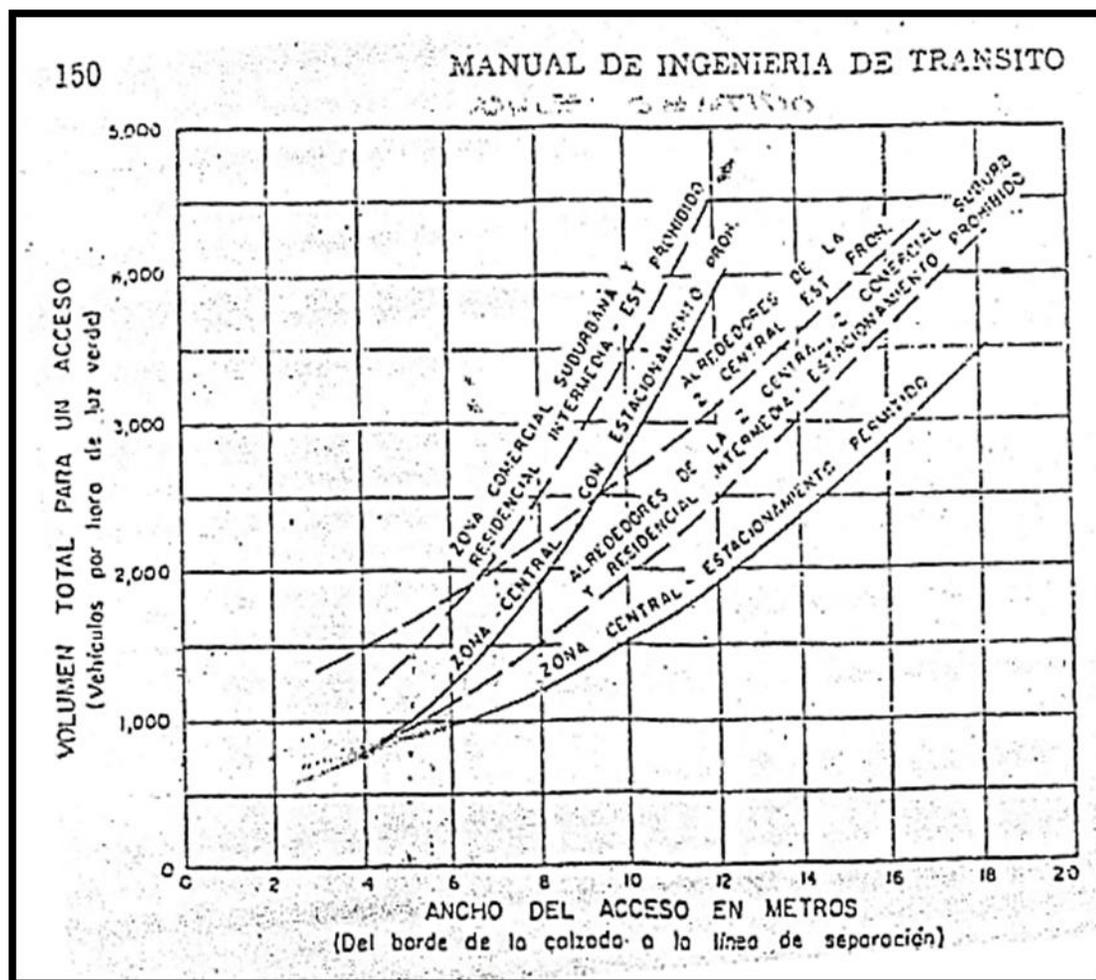
Se ingresa con el ancho del acceso en el eje X y cortando la curva que define la zona y el tipo de reglamentación que existe en ella (estacionamiento permitido o no), se halla en el eje Y la capacidad teórica de la vía.

Figura 3.39. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas en un solo sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

Figura 3.40. Ábaco para capacidad teórica en vías interrumpidas de doble sentido



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito

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

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

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

**% Paradas antes de la intersección:** Es el % aproximado de los vehículos; en su mayoría del sector público que realizan paradas antes de la intersección.

**% Paradas después de la intersección:** Es el % aproximado de los vehículos; en su mayoría del sector público que realizan paradas después de la intersección.

**Estacionamiento:** Depende de las reglamentaciones de tránsito, es decir, si el estacionamiento cercano a la intersección es permitido o prohibido. En el caso de la vía en estudio el estacionamiento es prohibido; por lo tanto, el factor de reducción por estacionamiento será 1.

Sin embargo, cabe destacar que el usuario hace caso omiso del mismo y estaciona, en plena intersección, como principal motivo de esto, se observó que se debe a los centros generadores de tránsito que existen, debido a que la vía de estudio es netamente comercial.

### **3.6.2. Procedimiento de determinación de la capacidad y nivel de servicio**

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

Intersección a nivel de la Av. Circunvalación y Av. Integración (Rotonda surtidor Agrupa). Para el acceso 1.

#### **Datos de entrada**

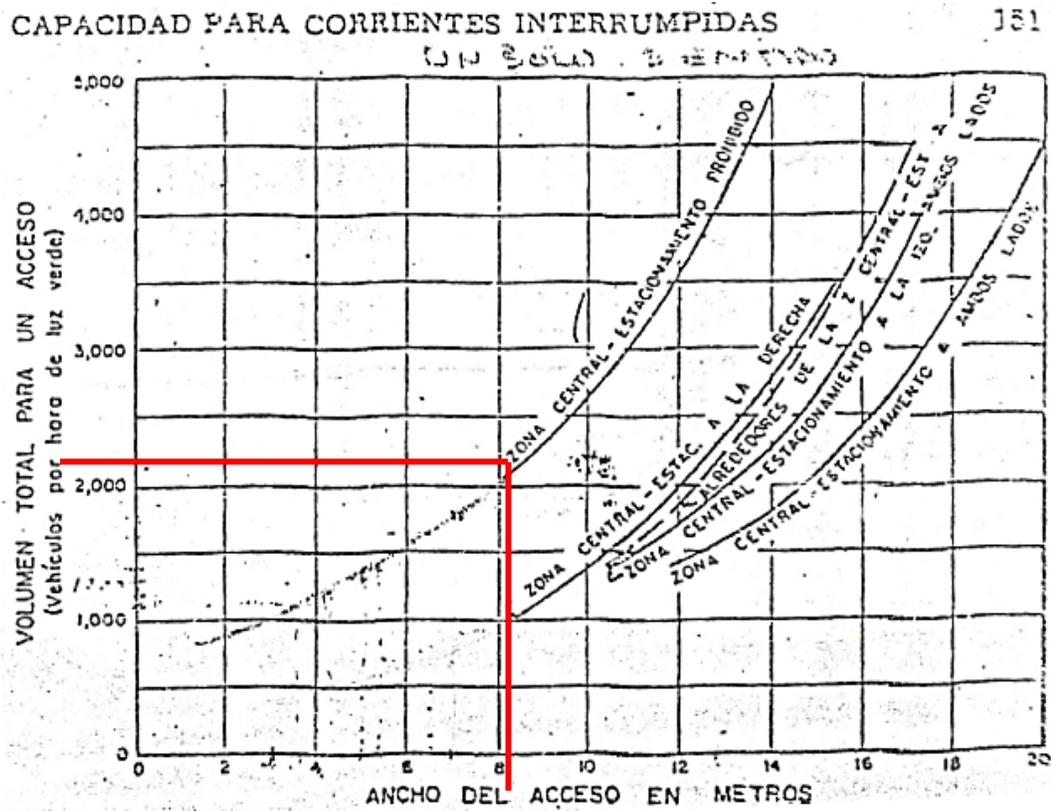
Volumen de circulación  $V = 1016$  veh/h

#### **Capacidad teórica**

Nº de sentidos = 1

Ancho de acceso = 8.10 m

Figura 3.41. Capacidad teórica del acceso 1 del punto de estudio 1



Fuente: Propia

Capacidad teórica según ábaco = 2050 veh/h.

### Capacidad práctica

$$\text{Cap. práctica} = \text{Cap. Teórica} * 0.90$$

$$\text{Cap. práctica} = 2050 \frac{\text{veh}}{\text{h}} * 0.90$$

$$\text{Cap. práctica} = 1845 \frac{\text{veh}}{\text{h}}$$

### Factor de reducción por vehículos pesados

% de vehículos pesados que pasaron por el acceso 1 VP= 5.06 %

Como el porcentaje es menor al 10 % se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{FVP} = \frac{100 - \%VP}{100}$$

$$FVP = \frac{100 - 5.06}{100}$$

$$FVP = 0.949$$

### **Factor de reducción por giro izquierda**

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

GI= 32.02%

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

$$FGI = 1 - \frac{32.02 - 10}{100}$$

$$FGI= 0.78$$

### **Factor de reducción por giro derecha**

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

GD= 35.38%

$$FGD = 1 - \frac{(\%GD - 10)}{100}$$

$$FGD = 1 - \frac{35.38 - 10}{100}$$

$$FGD= 0.746$$

### **Factor de reducción por paradas**

% de paradas antes del acceso 1 = 0%

% de paradas después del acceso 1 =0%

$$FGD = \frac{100 - \%Parada}{100}$$

$$FP=1$$

### **Factor de reducción por estacionamiento**

El estacionamiento en la intersección es prohibido

Por lo tanto,  $FE = 1$

### Capacidad real

$$\text{Capacidad real} = \text{Cap. Practica} * FVP * FGI * FGD * FP * FE$$

$$\text{Capacidad real} = 1845 * 0.949 * 0.78 * 0.746 * 1 * 1$$

$$\text{Capacidad real} = 1019 \text{ veh/h} = C$$

### Nivel de servicio

$$\text{Relación} = V/C$$

$$\text{Relación} = \frac{1015.75 \text{ veh/h}}{1019 \text{ veh/h}}$$

$$\text{Relación} = 0.997$$

**Tabla 3.64. Clasificación del nivel de servicio del acceso 1 del punto de estudio 1**

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

Fuente: Propia

Por lo tanto, en el acceso 1 de la intersección de la rotonda Agrupa el nivel de servicio es E, es decir, que presenta un flujo inestable.

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los cuatro accesos que tiene la rotonda Agrupa. Siendo el acceso 2 y 4 los accesos de la Av. Circunvalación y el 1 y 3 las calles que interceden con la misma.

**Tabla 3.65. Resultados de capacidad y nivel de servicio de los accesos del punto de estudio 1.**

Acceso	Capacidad real veh/h	Relación V/C	Nivel de servicio	Tipo de flujo
1	1019	0,997	E	Flujo inestable
2	1356	0,588	C	Flujo estable
3	1025	0,650	C	Flujo estable
4	1272	0,819	E	Flujo inestable

Fuente: Propia

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

Es decir; el nivel de servicio de la intersección de la rotonda Agrupa es “E” (flujo inestable).

Y la capacidad real será la menor de los accesos pertenecientes a la Av. Circunvalación (entre el acceso 2 y la 4), ya que a mayor capacidad mejores condiciones de circulación, y a menor capacidad menores condiciones de fluidez en la vía, es así que escogemos el valor más crítico para la intersección; que para este caso será = 1272 veh/h.

### 3.6.3 Tabla de resultados de la determinación de la capacidad y nivel de servicio

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

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

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

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

**Tabla 3.66. Tabla resumen de resultados de la capacidad y nivel de servicio Av. Circunvalación.**

<b>Punto de estudio No</b>	<b>Intersección de estudio</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>
1	Av. Circunvalación y Av. Integración	1272	E
2	Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	1281	E
3	Av. Circunvalación y Av. Mejillones	1371	E
4	Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	1643	D
5	Av. Circunvalación y Av. Colón	1425	F
6	Av. Circunvalación y calle Ayoroa	1464	E
7	Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	1026	F
8	Av. Circunvalación y calle Chamas	1043	F
9	Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	1179	E
10	Av. Circunvalación y Av. La Paz	980	F
11	Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	908	F
12	Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	949	F
13	Av. Circunvalación y calle Félix Soto	1087	E
14	Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	1301	E
15	Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	1308	F
16	Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av Roberto Romero	904	F
17	Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	1468	D
18	Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	1951	F

Fuente: Propia

### 3.7 MODELACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN

#### 3.7.1 PARÁMETROS DE ENTRADA

$$Uni = \beta' Xn + (1)$$

Donde:

Uni= Desutilidad de un accidente

Xni= Variable específica de la colisión por intersección

$\beta$  = Vector de parámetros estimables de valor constante (0,98)

$\epsilon n$  = Término aleatorio de valor extremo (1,45)

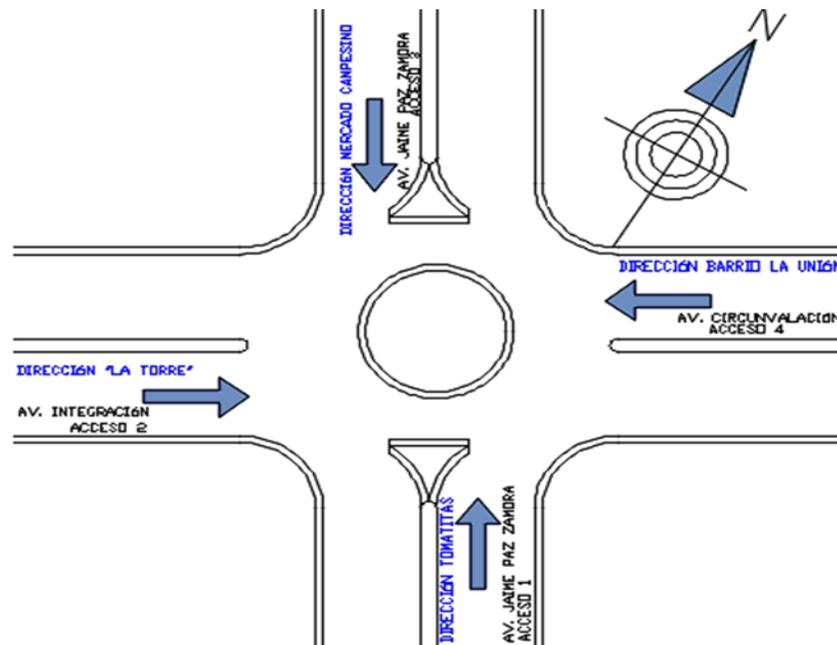
$Lni(\beta)$  = Probabilidad de sufrir un accidente de severidad  $i$  en el contexto  $n$  condicionado a los parámetros  $\beta$  se muestra en la Ecuación

$$Lni(\beta) = \frac{e^{\beta' Xni}}{\sum_{j \in I} e^{\beta' Xjn}} \quad \forall i \in I, \forall n \in N$$

#### 3.7.2 PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO

Como ejemplo de cálculo se muestra el procedimiento realizado para las intersecciones detalladamente en el punto 1 (Rotonda surtidor Agrupa).

**Figura 3.42. Croquis de la intersección - punto de estudio 1**



Fuente: Propia

**Tabla 3.67. Descripción de la intersección – punto de estudio 1**

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

Fuente: Propia

**3.7.2.1 Cálculo de desutilidad de un accidente**

$X_{ni}$  = Es un vector de variable específica de la colisión por intersección

$\beta$  = Vector de parámetros estimables de valor constante (0.98)

$\epsilon_n$  = Término aleatorio de valor extremo (1.45)

$$U_{ni} = \beta' X_{ni} + \epsilon_n$$

$$U_{ni} = 0.98 * 12 + 1.45$$

$$U_{ni} = 13.21$$

**3.7.2.2 Cálculo de la probabilidad de sufrir un accidente de severidad mayor**

$e$  = Constante de Napier

$X_{ni}$  = Número total de accidentes por intersección

$\beta$  = Es un vector de parámetros estimables de valor constante 0,98

Tabla 3.68 Tabla de la sumatoria del producto  $e^{\beta \cdot X_n}$

Intersección de estudio	Descripción de accidentes						Total accidentes	$e^{\beta \cdot X_n}$
	Atropello	Colisión	Choque a objeto fijo	Vuelco	Choque a vehículo detenido y estacionado	Choque a vehículo por alcance		
Av. Circunvalación y Av. Integración	2	5	1	0	3	1	12	128027.453
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	0	2	0	0	0	1	3	18.916
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	1	3	0	0	0	1	5	134.290
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	0	1	1	0	0	1	3	18.916
Av. Circunvalación y Av. Colón	3	5	1	0	1	1	11	48050.124
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	1	1	0	0	0	0	2	7.099
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	0	2	0	0	0	0	2	7.099
Av. Circunvalación y calle Chamas	0	2	0	0	0	0	2	7.099
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	0	2	0	0	0	0	2	7.099
Av. Circunvalación y Av. La Paz	1	2	0	0	1	2	6	357.809
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	0	3	1	0	0	1	5	134.290
Av. Circunvalación y Av. Gamonedá	3	5	0	0	2	2	12	128027.453
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	0	0	0	0	0	0	1.000
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	0	0	0	0	0	0	1.000
v. Circunvalación y Av. Monseñor Font	2	1	0	0	0	0	3	18.916
Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av. Roberto Romero	1	3	1	0	0	1	6	357.809
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	1	1	0	0	0	0	2	7.099
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	1	2	0	0	0	0	3	18.916
							$\sum_{j \in I} e^{\beta \cdot X_n}$	305202.389

Fuente: Propia

$$Lni(\beta) = \frac{e^{\beta' X_{ni}}}{\sum_{j \in I} e^{\beta' X_{ni}}}$$

$$Lni(\beta) = \frac{e^{0.98 \cdot 12}}{305202.389}$$

$$Lni(\beta) = 0.419$$

$$\text{Antiln}(\beta) = e^n$$

$$\text{Antiln}(\beta) = e^{0.419}$$

$$\text{Antiln}(\beta) = 1.521$$

Probabilidad de sufrir un accidente(%) = 7.92%

### 3.7.3 Resumen de resultados de accidentabilidad

En este punto el autor presenta tablas de resultados de la determinación de la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente para todos los puntos de estudio de la Av. Circunvalación.

#### 3.7.3.1 Desutilidad de un accidente

**Tabla 3.69** Tabla de resultados de la desutilidad de un accidente en la Av. Circunvalación.

Intersección de estudio	Total accidentes	Desutilidad de un accidente
Av. Circunvalación y Av. Integración	12	13.21
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	3	4.39
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	5	6.35
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	3	4.39
Av. Circunvalación y Av. Colón	11	12.23
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	2	3.41
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	2	3.41
Av. Circunvalación y calle Chamas	2	3.41
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	2	3.41
Av. Circunvalación y Av. La Paz	6	7.33
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	5	6.35
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	12	13.21
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	1.45
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	1.45
Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	3	4.39

Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av Roberto Romero	6	7.33
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	2	3.41
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	3	4.39

Fuente: Propia

La desutilidad es una palabra que se usa para hacer referencia al momento en que un bien o servicio deja de producir satisfacción al consumidor; por lo que este no lo considera útil o el servicio que ofrece no satisface la demanda del consumidor en este caso tanto peatones como conductores sufren de la deficiencia del servicio por varios motivos planteados más adelante.

### 3.7.3.2 Probabilidad de sufrir un accidente de severidad mayor

**Tabla 3.70 Tabla de resultados de probabilidad de sufrir un accidente en la Av. Circunvalación.**

Intersección de estudio	Total accidentes	Probabilidad de sufrir un accidente
Av. Circunvalación y Av. Integración	12	1.5212
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	3	1.0001
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	5	1.0004
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	3	1.0001
Av. Circunvalación y Av. Colón	11	1.1705
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	2	1.0000
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	2	1.0000
Av. Circunvalación y calle Chamas	2	1.0000
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	2	1.0000
Av. Circunvalación y Av. La Paz	6	1.0012
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	5	1.0004
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	12	1.5212
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	1.0000
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	1.0000
Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	3	1.0001
Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av Roberto Romero	6	1.0012
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	2	1.0000
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	3	1.0001

Fuente: Propia

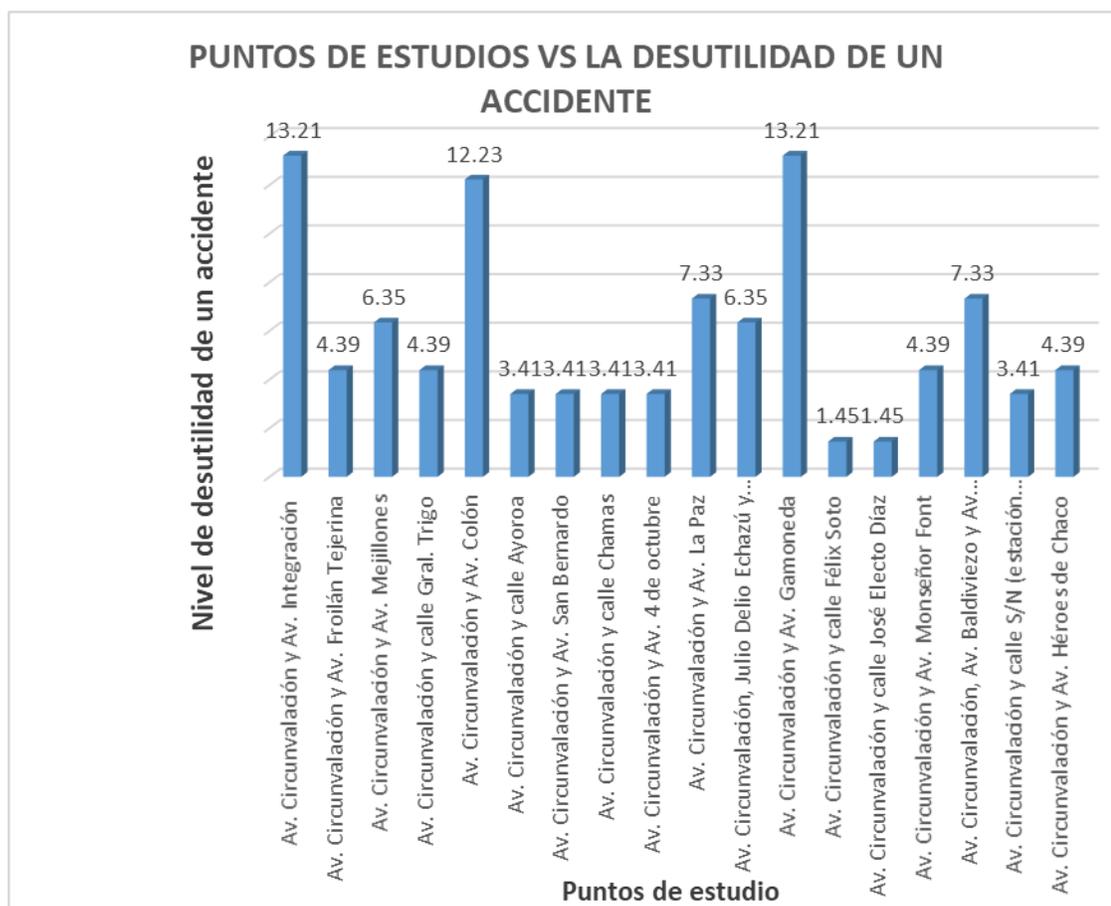
**Tabla 3.71 Tabla de resultados de probabilidad de sufrir un accidente en la Av. Circunvalación expresado en %**

<b>Intersección de estudio</b>	<b>Total accidentes</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente expresado en %</b>
Av. Circunvalación y Av. Integración	12	1.521	7.92%
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	3	1.001	5.20%
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	5	1.004	5.21%
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	3	1.001	5.20%
Av. Circunvalación y Av. Colón	11	1.170	6.09%
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	2	1	5.20%
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	2	1	5.20%
Av. Circunvalación y calle Chamas	2	1	5.20%
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	2	1	5.20%
Av. Circunvalación y Av. La Paz	6	1.012	5.21%
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	5	1.004	5.21%
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	12	1.521	7.92%
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	1	5.20%
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	1	5.20%
Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	3	1.001	5.20%
Av. Circunvalación, Av. Baldivezo y Av Roberto Romero	6	1.012	5.21%
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	2	1	5.20%
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	3	1.001	5.20%

Fuente: Propia

A lo largo de la Av. Circunvalación los accesos que presentan mayor probabilidad de sufrir un accidente son la Av. Integración y Av. Gamoneda, seguido de la Av. Colon, los cuales coinciden con el número de accidentes que se registran en dichas avenidas, estos accesos se ven afectados por el alto flujo vehicular, zonas comerciales, conectan puntos estratégicos de la ciudad.

### 3.8 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE ACCIDENTABILIDAD



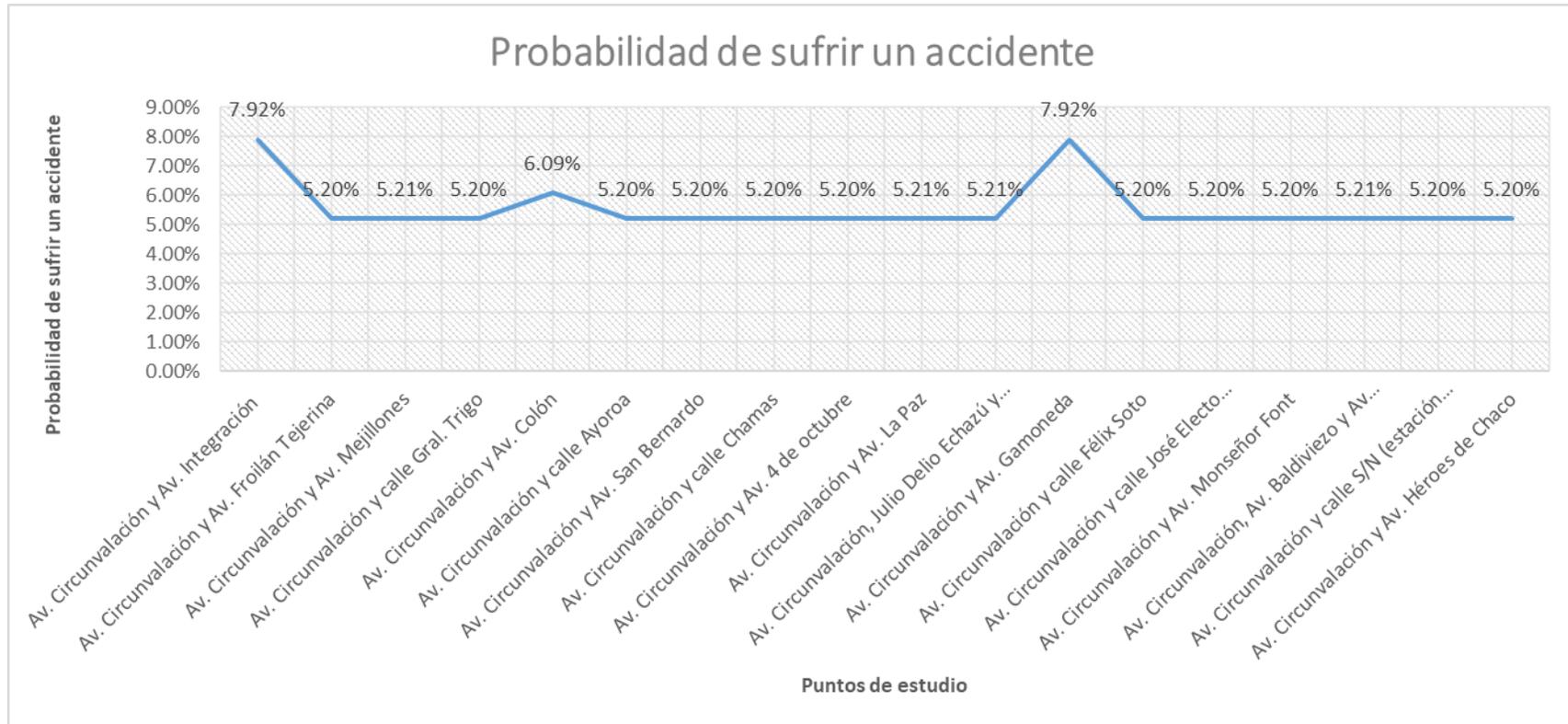
**Figura 3.43. Puntos de estudio vs Desutilidad de un accidente**

Fuente: Propia

#### REFERENCIAS

En la figura 3.43. Se puede observar que las intersecciones con mayor desutilidad son 2 la Av. Integración y Av. Gamoneda

**Figura 3.44. Puntos de estudio vs Probabilidad de sufrir un accidente**



Fuente: Propia

En la figura 3.44. Se puede observar que el primer punto de estudio (Av. Circunvalación y Av. Integración) presenta la mayor probabilidad de sufrir un accidente, sin embargo los demás puntos de estudio no dejan de ser importantes por presentar un importante volumen de vehículos.

### 3.9 EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DE INCUMPLIMIENTO Y DE MAYOR INFLUENCIA DENTRO DE LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS

#### Punto 1. Av. Circunvalación y Av. Integración

Volumen medio	Velocidad media de circulación km/h	Capacidad real veh/h	Nivel de servicio	Desutilidad de un accidente	Probabilidad de sufrir un accidente (%)
881	24,03	1272	E	13.21	7.92

Capacidad vial afectada por zonas de parqueo (debido a la estación de servicio, la cual crea colas en los carriles de acceso).

Inexistencia de información respecto a zonas de paradas

Ausencia de carril de aceleración y desaceleración requerido

Inexistencia de pasos peatonales seguros

#### Punto 2. Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina

Volumen medio	Velocidad media de circulación km/h	Capacidad real veh/h	Nivel de servicio	Desutilidad de un accidente	Probabilidad de sufrir un accidente (%)
725	19,37	1281	E	4.39	5.20

Inexistencia de pasos peatonales, o conflictos por deficiencias geométricas de la infraestructura peatonal.

Superficie de rodadura en mal estado

Zonas comerciales de gran influencia al ser generadoras de tránsito y circulación importante de vehículos.

**Punto 3. Av. Circunvalación y Av. Mejillones**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
818	38,01	1371	E	6.35	5.21

Capacidad vial afectada por zonas de parqueo

Velocidades de circulación excesivas.

Inexistencia de señalización vertical de regulación de velocidad.

Inexistencia de infraestructura peatonal.

**Punto 4. Av. Circunvalación y Calle Gral. Trigo**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
562	28,63	1643	D	4.39	5.20

Posee el control de circulación necesario

La semaforización y los tiempos de ciclo permiten una circulación fluida

Posee tachones que encauzan la circulación de los vehículos.

**Punto 5. Av. Circunvalación y Av. Colón**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
973	20,89	1425	F	12.23	6.09

Influencia por zonas de comercio en cercanías a la intersección

Estacionamiento de vehículos pesados en la intersección que reducen considerablemente la capacidad de los carriles de acceso

Inexistencia de cruces peatonales, necesaria debido a ser una zona escolar.

**Punto 6. Av. Circunvalación y Calle Ayoroa**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
848	31,14	1464	E	3.41	5.20

Conflictos de prioridad derivados del diseño operacional, no existe la señalización adecuada para el ingreso de la estación de servicio existente en la intersección.

**Punto 7. Av. Circunvalación y Av. San Bernardo**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
814	20,84	1026	F	3.41	5.20

Centros generadores de tránsito, zona comercial influyente en el tráfico de vehículos.

Estacionamiento de vehículos en cercanías a la intersección, reduciendo la capacidad vehicular y evitando el tránsito normal.

**Punto 8. Av. Circunvalación y Calle Chamas**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
945	18,65	1043	F	3.41	5.20

Manejo problemático de velocidades debido a la pendiente que presenta el acceso 1.

Conflicto de espacio en el acceso 1 debido a las trayectorias vehiculares

Limitantes de visibilidad en el acceso 1

Inexistencia de cruces peatonales, pese a existir gran afluencia de peatones en la zona.

**Punto 9. Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
856	22,15	1179	E	3,41	5.20

Si bien es una zona comercial, no existe afluencia vehicular o peatonal de consideración.

No existen vehículos estacionados en cercanías a la intersección.

**Punto 10. Av. Circunvalación y Av. La Paz**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
995	19,55	980	F	7.33	5.21

No presenta señalización vertical, ni horizontal

Manejo problemático de velocidades en rasantes

Desnivel en la intersección (sobre la Av. La Paz)

Mal estado de la superficie de rodadura

Falta de cruces peatonales

Comercio excesivo en la zona, lo que genera vehículos estacionados en cercanías de las intersecciones.

**Punto 11. Av. Circunvalación y Av. Julio Delio Echazú**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
1076	25,34	908	F	6.35	5.20

Velocidades máximas que exceden el límite permitido de circulación, el cual se debe a la inexistencia de señalización de regulación de la misma.

Inexistencia de cruces peatonales y sistemas de regulación de flujo vehicular.

Estacionamiento en cercanías a la intersección.

Afectación de la capacidad vial debida a zonas de parqueo no permitidas.

### **Punto 12. Av. Circunvalación y Av. Gamoneda**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
1027	18,68	949	F	13.21	7.92

No presenta señalización vertical, ni horizontal.

Mal estado de la superficie de rodadura

Vehículos estacionados, reduciendo la capacidad real de la vía.

Falta de cruces peatonales.

Mala gestión de tránsito, al ser zona comercial existe un gran flujo peatonal que no respeta la semaforización existente.

Perjuicio total de la vía (los días domingos se realiza una feria en plena calzada).

Limitantes de visibilidad

Parada de micros sin la normativa correspondiente.

La colocación de separadores viales de plástico en esta intersección no fue de mucha ayuda ya que congestionaba más la circulación vehicular.

### **Punto 13. Av. Circunvalación y Calle Félix Soto**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
839	21,03	1087	E	1,45	5,20

Inexistencia de la señalización correspondiente.

Deficiencias en los cruces y el espacio para realizar las maniobras.

Influencia de tráfico debido a los comercios, centros generadores de tránsito que desembocan en amenaza por exposición.

**Punto 14. Av. Circunvalación y Calle José Electo Díaz**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
841	20,81	1301	E	1,45	5,20

Inexistencia de la señalización correspondiente.

Deficiencias en los cruces y el espacio para realizar las maniobras.

**Punto 15. Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
1046	20,03	1308	F	4,39	5,20

Intersección de 3 accesos

Tachones separadores de carriles

Cruces peatonales en buen estado

Presencia de rotonda que facilita los giros.

Superficie de rodadura en buen estado

**Punto 16. Av. Circunvalación y Av. Romero**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
1011	21,23	904	F	7,33	5,21

Capacidad vial afectada por zonas de parqueo

Conflictos derivados del sistema operacional

En horas pico la afluencia de los vehículos es importante y presenta conflictos de prioridad derivados del sistema operacional.

**Punto 17. Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA)**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
501	25,63	1468	D	3,41	5,20

Presencia de rotonda que facilita los giros.

Superficie de rodadura en buen estado.

Señalización reguladora de velocidad máxima

No existen comercios cercanos

**Punto 18. Av. Circunvalación y Av. Héroes del Chaco**

<b>Volumen medio</b>	<b>Velocidad media de circulación km/h</b>	<b>Capacidad real veh/h</b>	<b>Nivel de servicio</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente (%)</b>
881	25,31	1951	F	4.39	5,20

Al volver la Av.Héroes del Chaco que accede al Colegio Hno. Felipe Palazón en una vía de un solo sentido redujo el riesgo que presentaba la misma ya que la maniobra de giro izquierda que se realizaba al ingresar por el acceso 2 perjudicada el flujo del acceso 4.

De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo de la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente, al análisis realizado con anterioridad se considera que:

Los mayores niveles de riesgo se presentan en las intersecciones con vías de doble sentido siendo las principales avenidas de nuestra ciudad, además de contar con comercio en la zona, sin control alguno (en algunas ocasiones afecta las veredas, obligando al peatón a realizar su trayectoria por la calzada).

Según los parámetros de la metodología estudiada; solo 7 de las 18 intersecciones que presenta la Avenida Circunvalación cumple con los servicios para lo que esta proyectada

y atención tolerable, con requerimiento de un tratamiento sin que los costos sean necesariamente altos.

Estas intersecciones presentan condiciones óptimas en las que se puede tener la comodidad y seguridad para realizar cualquier tipo de maniobra, sin embargo, se debe realizar un tratamiento de mantenimiento preventivo, para que las mismas no eleven su probabilidad de sufrir un accidente.

### 3.10 RESUMEN DEL PLANTEAMIENTO DE ACCIONES

Luego de aplicar la metodología planteada y el análisis en los puntos de estudio, con el conocimiento previo de los factores que más inciden en el cálculo de desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente en las intersecciones a nivel evaluadas, se plantean las soluciones a continuación.

**Tabla 3.72 Resumen de soluciones propuestas en cada intersección**

Nº	Intersección de estudio	Soluciones propuestas
1	Av. Circunvalación y Av. Integración	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de 2 semáforo para peatones</li> <li>✓ 6 Rampas para discapacitados</li> <li>✓ Instalación de 1 parada de micros</li> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> </ul>
2	Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> <li>✓ 8 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina</li> <li>✓ Pintado de 2 señalizaciones horizontal "NO ESTACIONAR"</li> <li>✓ Instalación de 2 semáforo para peatones</li> </ul>
3	Av. Circunvalación y Av. Mejillones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de 2 semáforo para peatones</li> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> <li>✓ Instalación de 1 letrero "VELOCIDAD MÁXIMA"</li> <li>✓ 6 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina</li> </ul>

4	Av. Circunvalación y Calle Gral. Trigo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpieza y mantenimiento de señales verticales</li> <li>✓ Repintado de esquinas de la intersección</li> </ul>
5	Av. Circunvalación y Av. Colón	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1 Reductor de velocidad</li> <li>✓ Instalación de 1 letrero "ZONA ESCOLAR"</li> <li>✓ Instalación de 2 letreros de parada de micros</li> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> </ul>
6	Av. Circunvalación y Calle Ayoroa	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de 2 letreros "VELOCIDAD MÁXIMA"</li> </ul>
7	Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> </ul>
8	Av. Circunvalación y Calle Chamas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Reductores de velocidad</li> <li>✓ Instalación de 2 letreros "CEDA EL PASO"</li> </ul>
9	Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> </ul>
10	Av. Circunvalación y Av. La Paz	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Refacción de barras FLEX IMPACT</li> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> <li>✓ Pintado de señalización horizontal en 2 accesos "NO ESTACIONAR"</li> <li>✓ Limpieza y mantenimiento de señales verticales</li> <li>✓ Mantenimiento de la calzada</li> </ul>
11	Av. Circunvalación y Av. Julio Delio Echazú y Av. Gran Chaco	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> <li>✓ Pintado de señalización horizontal en 2 accesos "NO ESTACIONAR"</li> </ul>

12	Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos</li> <li>✓ Pintado de señalización horizontal "NO BLOQUEAR EL CRUCE"</li> <li>✓ Remoción de señal "PARADA DE MICROS"</li> <li>✓ 8 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina</li> </ul>
13	Av. Circunvalación y Calle Félix Soto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpieza y mantenimiento de señales verticales</li> <li>✓ Repintado de las 4 esquinas de la intersección</li> </ul>
14	Av. Circunvalación y Calle José Electo Díaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Repintado de las 4 esquinas de la intersección</li> </ul>
15	Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Limpieza y mantenimiento de señales verticales</li> <li>✓ Repintado de las 4 esquinas de la intersección</li> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en 3 de los accesos</li> </ul>
16	Av. Circunvalación y Av. Roberto Romero	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales con PASOS DE CEBRA en los 4 accesos</li> </ul>
17	Av. Circunvalación y Calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Repintado de señalización horizontal en el acceso 4 dirección al aeropuerto</li> </ul>
18	Av. Circunvalación y Av. Héroes del Chaco	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pintado de cruces peatonales en 4 de los accesos</li> </ul>

Fuente: Propia

### 3.10.1 DETALLE TÉCNICO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

#### Punto de estudio No 1

#### Av. Circunvalación y Av. Integración

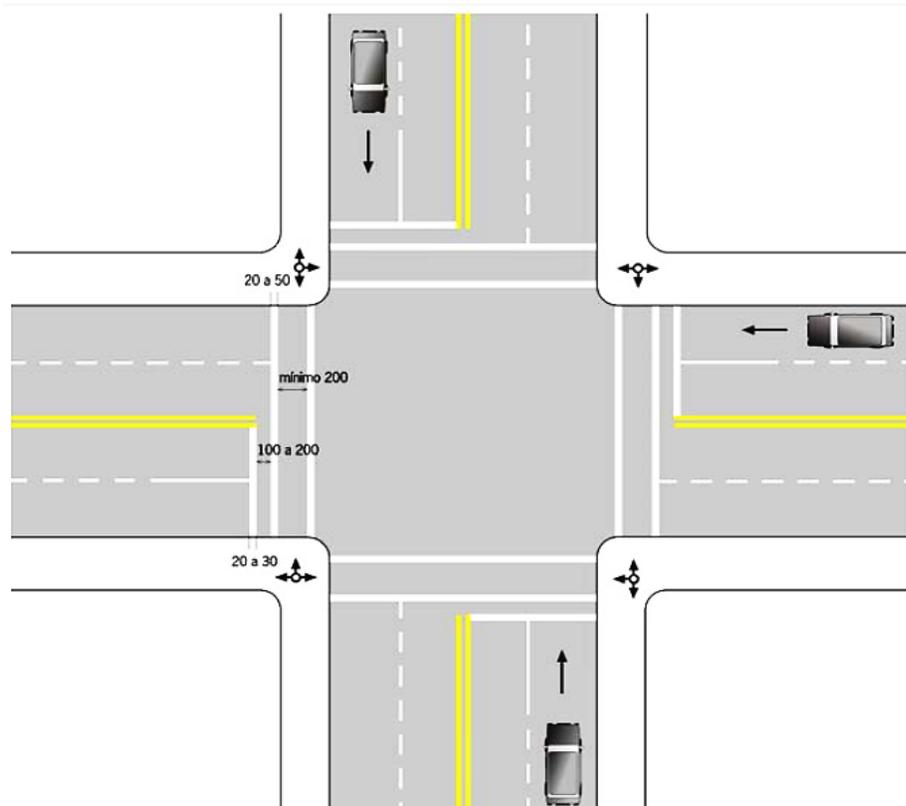
**Tabla 3.73 Soluciones propuestas – punto de estudio 1**

N°	Soluciones propuestas
1	Instalación de 2 semáforo para peatones
2	6 Rampas para discapacitados
3	Instalación de 1 parada de micros
4	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos

Fuente: Propia

- ✘ Instalación de semáforo para peatones  
 Dos semáforos para peatones necesarios, el primero para el cruce hacia la zona del parque urbano, y el segundo hacia la esquina del surtidor Agrupa, siendo estos dos lugares los mayores centros generadores de tránsito tanto vehicular como peatonal hacia la intersección.
- ✘ Rampa para discapacitados  
 En la gran parte de nuestra ciudad se tiene olvidada a este sector, se necesitan 8 rampas para discapacitados, para las 4 esquinas de la intersección, rampas que estarán dispuestas a cada lado de la esquina del acceso.
- ✘ Instalación de parada de micros  
 Una parada de micros necesaria en la intersección debido a que la intersección es un cruce de una vía arterial con una pretronal por lo tanto los vehículos de servicio público realizan su parada en cercanías a la intersección sin contar con un lugar específico perjudicando el flujo normal vehicular.
- ✘ Pintado de cruces peatonales

**Figura 3.45. Demarcación paso peatonal regulado por semáforo**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

Unos de los puntos más desfavorables es la estación de servicio, ya que en la actualidad se encuentra generando colas sobre la vía, las cuales afectan a la capacidad de los accesos.

### **Punto de estudio No 2**

#### **Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina**

**Tabla 3.74 Soluciones propuestas – punto de estudio 2**

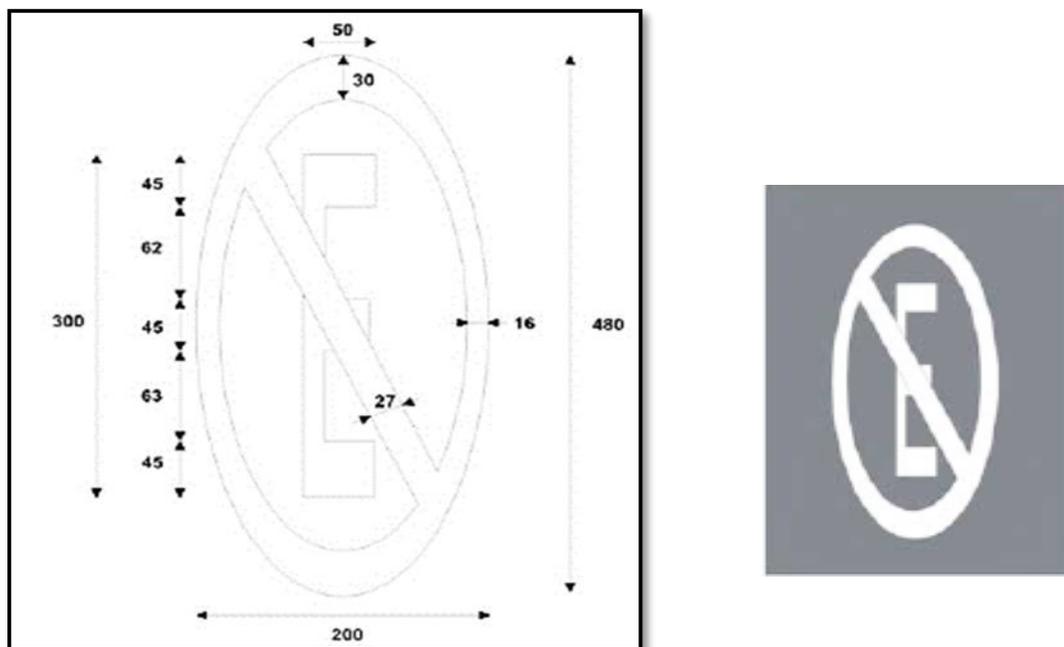
Nº	Descripción
1	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos
2	8 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina
3	Pintado de 2 señalizaciones horizontal "NO ESTACIONAR"
4	Instalación de 2 semáforo para peatones

Fuente: Propia

La propuesta de cruces peatonales y la rampa para discapacitados ya fue explicado con anterioridad.

- ✗ Para la señalización horizontal “NO ESTACIONAR” se realizó en función del manual de dispositivos de control de tránsito.

**Figura 3.46. Prohibido estacionar**



Fuente: Manual de dispositivos de control de tránsito

### Punto de estudio No 3

#### Av. Circunvalación y Av. Mejillones

**Tabla 3.75 Soluciones propuestas – punto de estudio 3**

Nº	Descripción
1	Instalación de 2 semáforo para peatones
2	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos
3	Instalación de 1 letrero "VELOCIDAD MÁXIMA"
4	6 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina

Fuente: Propia

La propuesta de instalación de semáforos para peatones y pintado de cruces peatonales ya fue explicado con anterioridad.

- ✘ La instalación de un letrero de reglamentación de la velocidad máxima en la intersección se debe a la ausencia del mismo y a las velocidades excesivas registradas en el acceso 2.
- ✘ La rampa para discapacitados serian colocados 2 en cada lado de la esquina.

#### **Punto de estudio No 4**

##### **Av. Circunvalación y Calle Gral. Trigo**

**Tabla 3.76 Soluciones propuestas – punto de estudio 4**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>
1	Limpieza y mantenimiento de señales verticales
2	Repintado de esquinas de la intersección

Fuente: Propia

En el caso de ésta intersección, si bien la probabilidad de que ocurra un accidente es bajo es recomendable realizar un tratamiento y mantenimiento preventivo de las señales existentes.

#### **Punto de estudio No 5**

##### **Av. Circunvalación y Av. Colón**

**Tabla 3.77 Soluciones propuestas – punto de estudio 5**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>
1	1 Reductor de velocidad
2	Instalación de 1 letrero "ZONA ESCOLAR"
3	Instalación de 2 letreros de parada de micros
4	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos

Fuente: Propia

- ✘ Los reductores de velocidad son necesarios en la calzada donde se encuentra la zona escolar, al igual que el letrero de ZONA ESCOLAR.
- ✘ La instalación de letreros de parada de micros estarían colocados en la calle Colón.

**Punto de estudio No 6****Av. Circunvalación y Calle Ayoroa****Tabla 3.78 Soluciones propuestas – punto de estudio 6**

Nº	Descripción
1	Instalación de 2 letreros "VELOCIDAD MÁXIMA"

Fuente: Propia

La instalación de un letrero regulador de velocidad máxima en la zona es imprescindible, debido a que el manejo de velocidades excesivas en la zona perjudica el acceso a la estación de servicio, creando incidentes de tránsito.

**Punto de estudio No 7****Av. Circunvalación y Av. San Bernardo****Tabla 3.79 Soluciones propuestas – punto de estudio 7**

Nº	Descripción
1	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos

Fuente: Propia

Al igual que en las otras intersecciones es necesario el constante pintado de cruces peatonales en los cuatro accesos.

**Punto de estudio No 8****Av. Circunvalación y Calle Chamas****Tabla 3.80 Soluciones propuestas – punto de estudio 8**

Nº	Descripción
1	Reductores de velocidad
2	Instalación de 2 letreros "CEDA EL PASO"

Fuente: Propia

Los reductores de velocidad son necesarios en ambos sentidos.

La instalación de un letrero de “CEDA EL PASO” es necesaria al haber manejo problemático de velocidades en rasantes, el acceso 1 presenta una pendiente alta;

por lo tanto, el acceso 2 (Av. Circunvalación) deberá facilitar las maniobras del acceso 1.

### **Punto de estudio 9**

**Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre.**

**Tabla 3.81 Soluciones propuestas – punto de estudio 9**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>
1	Repintado de cruces peatonales

Fuente: Propia

- ✘ Al igual que en las otras intersecciones es necesario el constante pintado de cruces peatonales.
- ✘ Se sugiere también el mantenimiento de la calzada ya que constantemente es bloqueada por trabajos de alcantarillados.

### **Punto de estudio No 10**

**Av. Circunvalación y Av. La Paz**

**Tabla 3.82 Soluciones propuestas – punto de estudio 10**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>
1	Refacción de barras FLEX IMPACT
2	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos
3	Pintado de señalización horizontal en 2 accesos "NO ESTACIONAR"
4	Limpieza y mantenimiento de señales verticales
5	Mantenimiento de la calzada

Fuente: Propia

- ✘ El uso de las barras FLEX IMPACT evitará que los peatones realicen cruces arriesgados diagonalmente. De una esquina a otra de la intersección, además de protegerlos de accidentes de tránsito.
- ✘ La barra FLEX IMPACT influirá en el peatón obligándolo a dirigirse hacia los cruces peatonales. Serán colocados en las 2 áreas verdes.
- ✘ Al igual que en los anteriores puntos se sugiere el pintado de pasos peatonales, la limpieza y mantenimiento de la calzada.

### Punto de estudio No 11

#### Av. Circunvalación y Av. Julio Delio Echazú

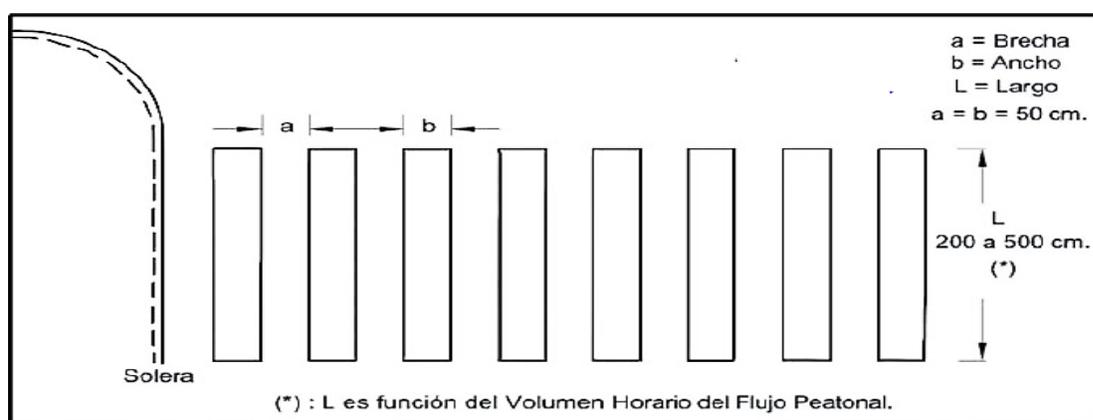
**Tabla 3.83 Soluciones propuestas – punto de estudio 11**

Nº	Descripción
1	Pintado de cruces peatonales de los 4 accesos
2	Pintado de señalización horizontal "NO ESTACIONAR"

Fuente: Propia

Para este caso el área de los cruces peatonales se incrementa debido a ser una intersección no semaforizada, se debe realizar el pintado de los llamados "PASOS DE CEBRA" por lo tanto el área de las mismas depende igualmente del ancho de la calzada:

**Figura 3.47. Pasos de cebra**



Fuente: Propia

### Punto de estudio No 12

#### Av. Circunvalación y Av. Gamoneda

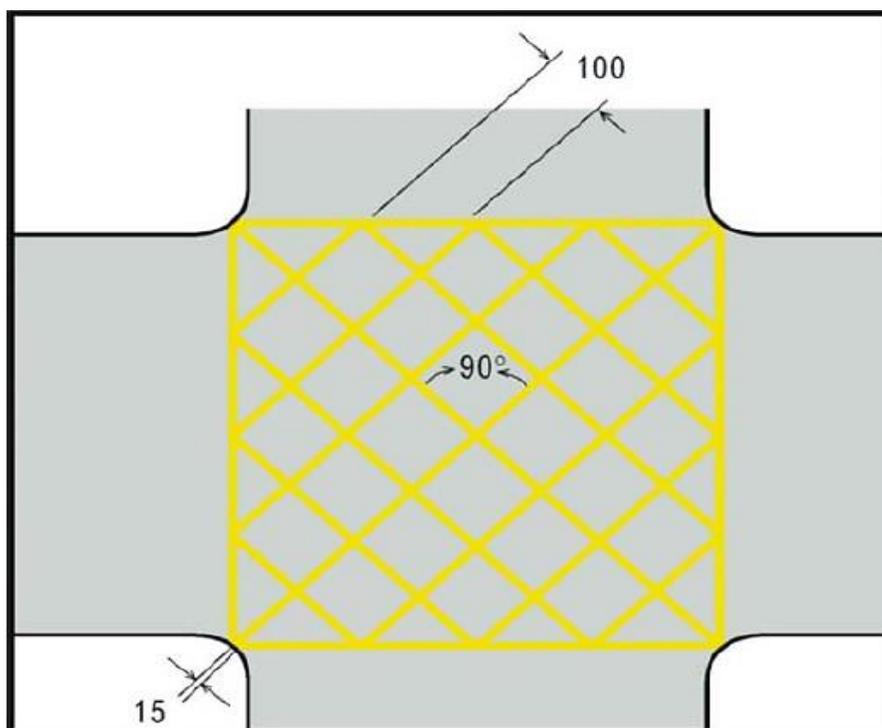
**Tabla 3.84 Soluciones propuestas – punto de estudio 12**

Nº	Descripción
1	Pintado de cruces peatonales en los 4 accesos
2	Pintado de señalización horizontal "NO BLOQUEAR EL CRUCE"
3	Remoción de señal "PARADA DE MICROS"
4	8 Rampas para discapacitados 2 en cada esquina

Fuente: Propia

- ✘ El pintado de la señalización “NO BLOQUEAR EL CRUCE” en esta intersección es imprescindible, debido a que al encontrarse comercios en cercanías de la zona y realizarse ferias en el acceso 3. Es habitual que se bloquee el cruce.

**Figura 3.48. Demarcación tipo “bloqueo de cruces”**



Fuente: Propia

- ✘ Además, la ubicación de la parada de micros en la intersección sin las condiciones necesarias (ancho de acceso no es suficiente) reduce la capacidad vial del acceso 1, perjudicando las maniobras en la misma, y también considerando que existe un semáforo en la intersección, perjudicando el ciclo regular de la misma cuando los micros realizan su parada. Por lo tanto, se recomienda removerla del lugar trasladándola una cuadra anterior a la intersección
- ✘ Rampla para discapacitados, si bien la entidad bancaria existente en dicha intersección cuenta con rampla para discapacitados es necesaria aplicarla en los demás accesos.
- ✘ Mantenimiento y pintado constante del paso peatonal.

**Punto de estudio No 13****Av. Circunvalación y Calle Félix Soto****Tabla 3.85 Soluciones propuestas – punto de estudio 13**

Nº	Descripción
1	Limpieza y mantenimiento de señales verticales
2	Repintado de las 4 esquinas de la intersección

Fuente: Propia

Para esta intersección; si bien no presenta probabilidades de sufrir un accidente se encuentra afectada directamente por la intersección de la Av. Gamoneda.

Además de ya contar con un reductor de velocidad en el acceso 1 en buen estado

Se recomienda realizar un tratamiento y limpieza de la señalización existente.

**Punto de estudio No 14****Av. Circunvalación y Calle José Electo Díaz****Tabla 3.86 Soluciones propuestas – punto de estudio 14**

Nº	Descripción
1	Repintado de las 4 esquinas de la intersección

Fuente: Propia

Al tener un nivel de probabilidad de sufrir un accidente bajo sólo se sugiere realizar un mantenimiento de los elementos de la intersección.

**Punto de estudio No 15****Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font****Tabla 3.87 Soluciones propuestas – punto de estudio 15**

Nº	Descripción
1	Limpieza y mantenimiento de señales verticales
2	Repintado de esquinas de la intersección

Fuente: Propia

De igual manera se debe realizar un mantenimiento preventivo de las señales existentes y proceder al pintado de los cruces peatonales.

**Punto de estudio No 16****Av. Circunvalación y Av. Roberto Romero****Tabla 3.88 Soluciones propuestas – punto de estudio 16**

Nº	Descripción
1	Pintado de cruces peatonales con PASOS DE CEBRA

Fuente: Propia

Al ser una intersección con rotonda y no semaforizada se debe realizar el pintado de la señalización horizontal con los respectivos pasos de cebra para los peatones.

**Punto de estudio No 17****Av. Circunvalación y Calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)****Tabla 3.89 Soluciones propuestas – punto de estudio 17**

Nº	Descripción
1	Repintado de señalización horizontal

Fuente: Propia

Repintado de señalización horizontal si bien es una via de poco transitabilidad de peatones, existe bastante flujo vehicular debido a la estación de servicio.

**Punto de estudio No 18****Av. Circunvalación y Av. Héroes del Chaco****Tabla 3.90 Soluciones propuestas – punto de estudio 17**

Nº	Descripción
1	Repintado de señalización horizontal

Fuente: Propia

Siendo esta una zona escolar se necesita el continuo mantenimiento de la señalización

**3.10.2 SEMÁFORO PARA INVIDENTES**

Siendo más que una alternativa se convierte en una necesidad tomar en cuenta a nuestra población de invidentes.

Las autoridades en curso venían trabajando en una serie de acciones políticas estratégicas en favor de las personas con discapacidad para protegerlas y garantizar su inclusión en ese

sentido se creó la ley municipal 215 de la persona con discapacidad que engloba una serie de aspectos desde educación, salud, accesibilidad, entre otros.

Cruzar por un paso de peatones lo hacemos casi a diario y suele resultar una tarea fácil pero si la capacidad visual de una persona es reducida o nula, puede convertirse en una tarea difícil o peligrosa. En Tarija solo existe un cruce con semáforos acústicos ubicado en la Av. Panamericana zona del mercado Campesino y en consecuencia, las personas con discapacidad visual sufren mayor riesgo al no poder cruzar la calle de forma segura.

### **Tipos de semáforos para invidentes**

- **Semáforo con aditamento sonoro**

Este sistema permite que el invidente solicite el poder pasar, ya sea con un transmisor de sonido o a través de un pulsador. Después, el semáforo más próximo confirma la recepción y finalmente, en el cambio al verde peatonal se activa una señal de sonido. El objetivo es diseñar una etapa de control con el fin de que el semáforo para invidentes opere con las condiciones que se han planteado para auxiliar a las personas con este problema visual.

En el módulo que es la armadura que contiene las luces del semáforo, debajo de la luz verde cuenta con un alta voz. Este avisa a la persona con discapacidad visual por medio de un sonido especial, que se puede cruzar la calle.

En el poste que es la estructura utilizada para sujetar el modulo del semáforo, se localiza una cajilla con un botón luminoso en su parte superior y una flecha en relieve y vibratoria en su parte inferior, cuando esta cajilla se activa, al tocarla, el alta voz produce un sonido el cual indica que el semáforo esta en rojo y la persona con discapacidad visual puede cruzar la calle tranquilo.

Para el paso en la via se requiere de dos semáforos con señales sonoras uno en frente del otro a cada lado del cruce peatonal.

- El sonido de la señal sonora debe ser emitido dos segundos después del inicio del verde peatonal en forma simultánea.
- El peatón debe identificar en su dirección de paso, la ubicación de su rampa antes de accionar la cajilla, ya que el poste que la contiene puede estar a un par de metros.

- La cajilla que activa el sistema se encuentra ubicado en el poste a una altura de 1.15 m del suelo, justo a la altura donde la persona con discapacidad visual pueda activar la cajilla.

**Figura 3.49. Caja para activar el semáforo sonoro**



Fuente: Laboratorio de innovación ciudadana colombia

- **Sistemas acústicos semáforos Passblue**

Los nuevos semáforos que se incorporaron en la ciudad de Sevilla (España) llevan un sistema denominado Passblue, activado mediante Bluetooth cuando la persona cuando la persona con discapacidad visual se aproxima. Ésta recibe a su vez una señal avisándole de la cercanía y de si el semáforo se encuentra en fase verde o rojo. Un sistema que mejora la autonomía de las personas ciegas gracias a una app en el teléfono móvil o un mando a distancia de bolsillo que deberá aportar el interesado.

La información acústica que emite éste nuevo sistema de semáforos es de tres tipos y se diferencian entre sí por la frecuencia y duración de los sonidos. Por un lado, dispone de:

- **Tono de orientación** que sirve para que el usuario se aproxime y se sitúe en la zona de inicio del cruce o paso de peatones y después, están los sonidos o tonos para cada fase, es decir:
- **Tono de fase verde** para comenzar el cruce.
- **Tono de fin de paso**, que permite al usuario conocer cuándo va a finalizar la luz verde del semáforo para peatones.

Dichos tonos permiten que el usuario reciba de forma clara e inequívoca la información del estado del cruce semafórico y evitan que le llegue de forma confusa o mezclada con el ruido del tráfico. No cabe duda de que se trata de una solución que se integra dentro de los distintos tipos de semáforos para mejorar la accesibilidad y la seguridad de las personas con discapacidad visual.

Este tipo de semáforos son útiles y necesarios aplicados en ciudades en vías en desarrollo, debemos tomar en cuenta que tanto los conductores, peatones, motociclistas, ciclistas forman una parte muy importante cuando hablamos de seguridad vial, ahora bien; nuestra población con capacidades diferentes es un sector no tomado en cuenta en muchos aspectos no solo en la seguridad vial.

La opción de colocado de semáforos sonoros son sugeridos principalmente a todas las intersecciones que cuentan con un semáforo que son:

- Av. Circunvalación y Av. Integración
- Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina
- Av. Circunvalación y Av. Mejillones
- Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo
- Av. Circunvalación y Av. Colón
- Av. Circunvalación y Av. San Bernardo
- Av. Circunvalación y Av. La Paz
- Av. Circunvalación y Av. Gamoneda
- Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font
- Av. Circunvalación y Av. Héroe de Chaco

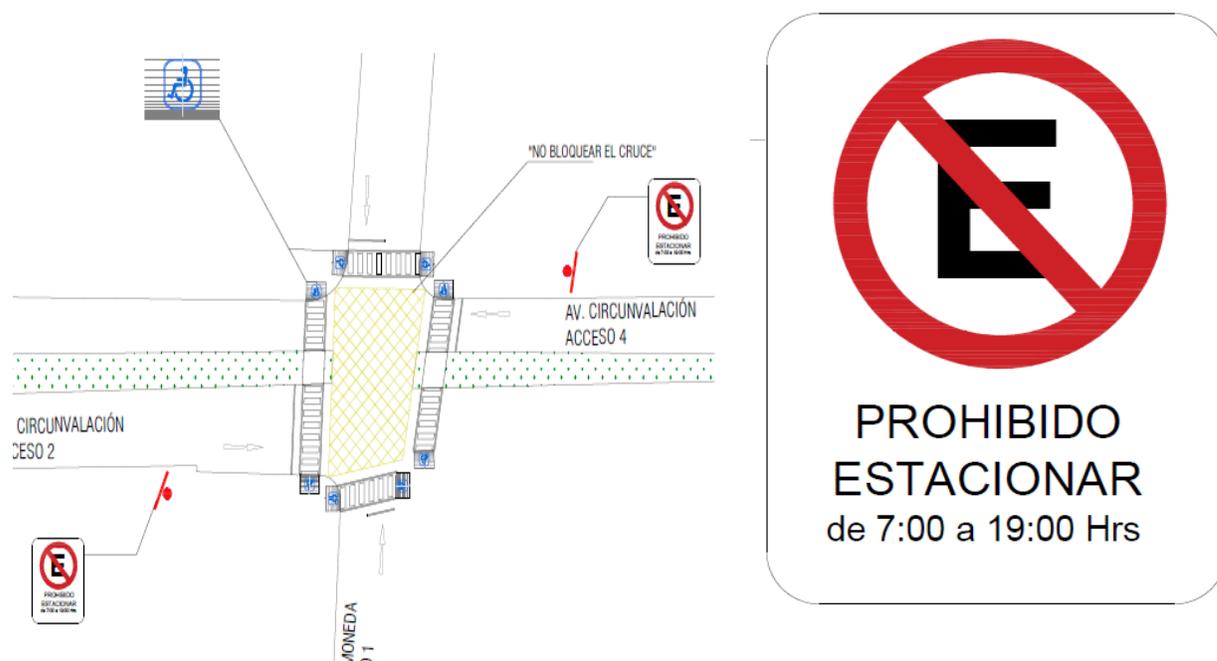
### **3.10.2 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA EL TRANSPORTE PESADO Y PEATONAL**

Al pasar de los años con el crecimiento de nuestra ciudad la Av. Circunvalación se fue ubicando prácticamente al centro de nuestra ciudad, además de ser esta la única alternativa para los vehículos pesados que conecte rutas de Norte a Sur y viceversa, al ser una vía de uso de todo tipo de vehículo se convierte en una zona con mayores dificultades tanto para conductores y peatones.

Al hacer una inspección en toda la vía, queda evidente que el estacionamiento a lo largo de la Av. Circunvalación es un causante principal de colas en horas pico, se debe restringir el estacionamiento en zonas conflictivas en horas pico, colocando letreros informativos en el cual se indique las horas prohibidas de estacionamiento.

Por último la mejor alternativa y la cual se encuentra en construcción es la esperada 2da Circunvalación, solución para el transporte pesado, conectando puntos importantes de la ciudad, descongestionando así gran parte de la 1ra Circunvalación, evitando el congestionamiento del tráfico y accidentes.

**Figura 3.50. Señalización informativa de la prohibición de estacionamiento**



Fuente: Propia

### **3.11 CONTRASTACIÓN ENTRE LA DESUTILIDAD DE UN ACCIDENTE Y LA PROBABILIDAD DE SUFRIR UN ACCIDENTE Y ACCIDENTABILIDAD.**

A continuación, se muestra la tabla de cada punto de estudio realizando la contrastación correspondiente de la desutilidad de accidentes y probabilidad de sufrir un accidente calculado con el número de accidentes ocurridos en ese punto.

### 3.11.1 Contrastación entre la desutilidad de accidente-probabilidad de sufrir un accidente y accidentabilidad total

**Tabla 3.91. Tabla de contrastación-Desutilidad de un accidente-Probabilidad de sufrir un accidente y accidentabilidad total**

<b>Intersección de estudio</b>	<b>Total accidentes</b>	<b>Desutilidad de un accidente</b>	<b>Probabilidad de sufrir un accidente %</b>
Av. Circunvalación y Av. Integración	12	13.21	7.92
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	12	13.21	7.92
Av. Circunvalación y Av. Colón	11	12.13	6.09
Av. Circunvalación y Av. La Paz	6	7.33	5.21
Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av. Roberto Romero	6	7.33	5.21
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	5	6.35	5.21
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	5	6.35	5.21
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	3	4.39	5.20
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	3	4.39	5.20
Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	3	4.39	5.20
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	3	4.39	5.20
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	2	3.41	5.20
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	2	3.41	5.20
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	2	3.41	5.20
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	2	3.41	5.20
Av. Circunvalación y calle Chamas	2	3.41	5.20
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	1.45	5.20
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	1.45	5.20

Fuente: Propia

En la tabla 3.90. Se observa la contrastación entre la desutilidad de un accidente, la probabilidad de sufrir un accidente y la accidentabilidad que corresponde a datos reales.

Esta contrastación verifica la veracidad del método aplicado a nuestra zona de estudio, bajo las características propias de cada intersección, tanto geométrica como física.

Las principales causas de los tipos de accidentes presentados en los puntos de estudio, se deben a la falta de señalización vertical y horizontal, velocidades excesivas, falta de cruces peatonales, vehículos estacionados en cercanías de las intersecciones.

A continuación tenemos el registro de accidentes los cuales tuvieron como consecuencia heridos ya sea por atropello o colisión.

**Tabla 3.92. Registro de heridos en cada intersección**

Intersección de estudio	Descripción de heridos gestión 2019					
	Atropello	Colisión	Choque a objeto fijo	Vuelco	Choque a vehículo por alcance	Choque a vehículo detenido y estacionado
Av. Circunvalación y Av. Integración	2	1	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	1	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	0	1	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. Colón	1	1	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	0	1	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle Chamas	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. La Paz	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	0	1	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	3	2	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle José Electo Díaz	0	0	0	0	0	0
v. Circunvalación y Av. Monseñor Font	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación, Av. Baldviezo y Av. Roberto Romero	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	0	0	0	0	0	0
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	1	0	0	0	0	0

Fuente: Propia

El análisis de los peatones que cruzan la intersección, puede determinar alguna disposición especial para ellos.

La repetición de accidentes en una intersección puede justificar su acondicionamiento. Es interesante conocer la forma en que se producen los accidentes y los motivos que los determinan.

### 3.11.2 Contrastación entre la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente y el nivel de servicio

**Tabla 3.93. Contrastación entre la desutilidad de un accidente y la probabilidad de sufrir un accidente y el nivel de servicio**

Intersección de estudio	Desutilidad de un accidente	Probabilidad de sufrir un accidente	Nivel de servicio
Av. Circunvalación y Av. Gamoneda	13.21	7.92	F
Av. Circunvalación y Av. Colón	12.23	6.09	F
Av. Circunvalación y Av. La Paz	7.33	5.21	F
Av. Circunvalación, Julio Delio Echazú y Gran Chaco	6.35	5.21	F
Av. Circunvalación, Av. Baldiviezo y Av Roberto Romero	7.33	5.21	F
Av. Circunvalación y Av. Monseñor Font	4.39	5.20	F
Av. Circunvalación y Av. San Bernardo	3.41	5.20	F
Av. Circunvalación y calle Chamas	3.41	5.20	F
Av. Circunvalación y Av. Integración	13.21	7.92	E
Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina	4.39	5.20	E
Av. Circunvalación y calle Ayoroa	3.41	5.20	E
Av. Circunvalación y Av. Mejillones	6.35	5.21	E
Av. Circunvalación y calle Félix Soto	1.45	5.20	E
Av. Circunvalación y calle Jose Electo Díaz	1.45	5.20	E
Av. Circunvalación y Av. 4 de octubre	3.41	5.20	E
Av. Circunvalación y calle Gral. Trigo	4.39	5.20	D
Av. Circunvalación y Av. Héroes de Chaco	3.41	5.20	D
Av. Circunvalación y calle S/N (estación de servicio SOINTA SRL)	3.41	5.20	D

Fuente: Propia

Los niveles de servicio que se presentan en las intersecciones, son críticos, no se encuentran brindando flujo libre vehicular, la relación volumen/capacidad nos indica que; la capacidad real de la vía no es lo suficiente para el volumen de circulación actual, lo que hace que sea riesgosa como lo demuestra el nivel de riesgo de los puntos de estudio, estos niveles de servicio fueron calculados en base a aforos, es decir volúmenes vehiculares reales en horas pico, maniobras que los vehículos realizan al ingresar a la intersección y datos geométricos de los puntos de estudio.

Los niveles de servicio de las intersecciones representan una circulación de densidad elevada. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- ✖ El área de estudio presenta deficiencias en cuanto a seguridad vial, siendo los principales factores: la escasa señalización tanto vertical como horizontal a lo largo de la vía, deficiencia en los cruces peatonales, mal mantenimiento o inexistencia de los mismos, mal estado de la superficie de rodadura, altas velocidades de circulación, mala gestión de tránsito, vehículos estacionados en la intersección y comercios perjudicando el paso peatonal.
- ✖ El peatón a lo largo de toda la zona de estudio, es el más afectado y vulnerable a atropellos, debido a la inexistencia de infraestructura peatonal que le brinde la seguridad para realizar los cruces en las intersecciones. Este tipo de usuario de la vía, no tiene culpa alguna, porque no tiene los medios para él poder realizar las acciones que desea.
- ✖ El método aplicado Log Multinomial del cual obtuvimos la desutilidad y la probabilidad de sufrir un accidente y después de un análisis evaluativo respecto a la capacidad, nivel de servicio, datos de accidentes de tránsito registrados, verifica una vez más la veracidad del método aplicado a los puntos de estudio, los valores corresponden en su totalidad a los datos reales; es decir que en aquellas intersecciones de mayor probabilidad de sufrir un accidente se presentaron mayor cantidad de accidentes de tránsito en el período de un año, capacidades reales bajas y niveles de servicio de flujo inestable o forzado. Del mismo modo en las intersecciones de desutilidad baja existió un número menor de accidentes registrados, capacidades y niveles de servicio de flujo estable.
- ✖ Los puntos de estudio número 1 y 12 (Av. Integración y Gamoneda respectivamente) presenta una desutilidad de 13.21 y una probabilidad de sufrir un accidente de 7.92%, esto debido a la afectación de la capacidad vial por zonas de parqueo y la inexistencia de pasos peatonales que brinden seguridad, cuenta con el mayor número de accidentes registrados en el período de un año (12 accidentes de tránsito). Principalmente la Av. Gamoneda se ve afectada por el

estacionamiento continuo de vehículos en toda la intersección, reduciendo la capacidad de la vía, además de influir en gran medida el comercio de la zona y la inexistencia de cruces peatonales. Esto a pesar de existir semaforización en los accesos. Sin embargo el colocado de separadores viales no tuvo buen funcionamiento debido al ancho de la vía y la parada de micros existente en la zona.

- ✘ Las intersecciones de la Av. Circunvalación y Av. Colón, Av. Mejillones, Av. La Paz, Av. Gran Chaco y Av. Roberto Romero son las intersecciones que presentan una probabilidad media de sufrir un accidente con respecto al total de las intersecciones estudiadas, estos puntos se encuentran influenciados por la zona comercial en inmediaciones de la misma, el parqueo de los vehículos pesados que realizan la prestación de sus servicios, velocidades excesivas y la inexistencia de cruces peatonales generan una desutilidad de 7.33 y una probabilidad de sufrir un accidente de 5.21%.
- ✘ La intersección de la Av. Circunvalación y Av. Froilán Tejerina, Av. San Bernardo, Calle Chamas y Av. Héroes del Chaco, la desutilidad en la intersección es influenciado por la zona comercial existente y la inexistencia de los cruces peatonales poniendo en riesgo a los usuarios, por lo que se plantea el pintado de los mismos para asegurar la circulación peatonal por el lugar si bien presenta una probabilidad de 5.20% sigue significando riesgo. Éstas intersecciones presenta n una desutilidad de accidentes bajo con un valor de 4.39, de atención tolerable, aplicando un tratamiento de repintado de la señalización horizontal.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda emplear las siguientes medidas de solución:

### **Medidas físicas**

- ✘ El estado de la superficie de rodadura impide el flujo vehicular normal, presentando manejo problemático de velocidades en planta. sobre todo, en la intersección con la Av. Froilán Tejerina, Av. La Paz, Julio Delio Echazú y Gran Chaco, y la Av. Gamoneda. Es así que se recomienda el mantenimiento inmediato del pavimento.

- ✘ Se debe realizar la colocación de señalización vertical como ser: CEDA EL PASO, VELOCIDAD MÁXIMA, NO ESTACIONAR, en las intersecciones de Av. Froilán Tejerina, Av. Mejillones, Calle Ayoroa, Calle Chamas, Av. La Paz, Av. Gran Chaco y Av. Gamoneda con el propósito de regular el flujo vehicular y evitar el encuentro de puntos de flujo que origina posibilidad de accidentabilidad.
- ✘ Ejecutar las señales horizontales de CRUCE DE PEATONES, LINEAS DE PARADA, Y NO ESTACIONAR en las intersecciones que no se dispone de ellas y en todos los puntos estudiados se recomienda realizar acciones preventivas para mantener su condición visible tanto diurna como nocturna con la reflectividad necesaria.
- ✘ Establecer señales verticales de presencia de paradas de micros o ómnibus del transporte público, en forma recomendable no cerca de la intersección sino más bien a 20 o 25 m. de las intersecciones para no perjudicar la visibilidad.
- ✘ Realizar un control estricto del estacionamiento próximo a las intersecciones, ya que, en aquellas más conflictivas de la Avenida Circunvalación, es el principal factor que afecta a la capacidad real de la vía y la probabilidad de sufrir un accidente

### **Medidas de circulación**

- ✘ En la toma de datos de aforo realizado en los puntos de estudio establecidos, se pudo evidenciar que en el flujo vehicular el mayor porcentaje de vehículos que circulan por calles y avenidas de la ciudad de Tarija, pertenece al transporte público, es decir micros, taxis, taxi-trufis, quienes además realizan maniobras peligrosas que aumentan el riesgo de accidentabilidad como las detenciones bruscas, el ascenso y descenso de pasajeros en la vía, salidas y entradas en las paradas de manera sorpresiva, etc. Por lo que se debería plantear rutas exclusivamente para este tipo de vehículos para así disminuir el riesgo de accidentes y al mismo tiempo brindar comodidad al resto de los usuarios de la vía como ser transporte privado como también los usuarios peatones.
- ✘ Las maniobras más peligrosas como son los giros izquierda representan un gran problema en la circulación de los vehículos se debe restringir estos giros en las intersecciones que presentan mayor concurrencia de vehículos por tanto el riesgo

de sufrir un accidente es mayor, optando por utilizar intersecciones de menor afluencia vehicular.

- ✘ La 2da Circunvalación será la vía de descongestionamiento de la Av. Circunvalación, siendo esta última la única vía actualmente que comunica al transporte pesado los puntos de salida de la ciudad hacia diferentes partes del país, con la habilitación pronta de la 2da Circunvalación y el debido mantenimiento en ambas vías se verá gran beneficiado a los transportistas.

### **Medidas de educación vial**

- ✘ En cuanto al comportamiento de los usuarios con respecto a la seguridad vial es deficiente, en primer lugar, debido al desconocimiento de las normas de tránsito y otro al incumpliendo de las normas de tránsito que nos rigen, por ello se debe hacer campañas educativas tanto para usuarios peatones, como para usuarios conductores de manera que se logre concientizar a dicha población de la responsabilidad que tienen en cuanto a la seguridad vial.
- ✘ Se debe tomar en cuenta también a la población no vidente, es indispensable contar con semáforos sonoros y rampas para discapacitados.
- ✘ En el análisis de los informes de accidentes se refleja la falta de conocimiento a normas de tránsito y el continuo mal comportamiento frente a reglas y normas de educación vial.
- ✘ Tanto el Comando Departamental de Policía Tarija, la Dirección Departamental de Tránsito de Tarija y Seguridad Vial como la unidad encargada siendo la Secretaria de infraestructura y servicio público deben proyectar con fines educativos e informativos, spots por los diversos medios de comunicación donde se visualice la falta de educación vial y las consecuencias que ello lleva.  
Diseñar e implementar un sistema de levantamiento de datos de accidentabilidad efectivo y sobre todo organizado por parte de la Dirección Departamental de Tránsito, proporcionar estos datos para el respectivo estudio y en busca de soluciones eficaces por todas las partes encargadas y circular de manera segura.