

ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN Y SEMAFORIZACIÓN PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE TRÁFICO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA DE LA CIUDAD DE TARIJA

1.1 INTRODUCCIÓN

La semaforización es una parte de la ingeniería de tráfico, cuyo objetivo es dotar de un dispositivo que permita regular el tráfico, por medio de señales luminosas y a través de dispositivos especialmente creados con este fin.

Los semáforos son 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.

La señalización vial es un parámetro de la ingeniería de tráfico, con el objetivo de estudiar, analizar y disponer de señales que coadyuven con el ordenamiento vehicular en calles y carreteras.

Con el tema de diseño de señalización y semaforización pretendemos fijar una solución adecuada para regular de manera óptima el flujo de vehículos que transitan por la zona de estudio. Para prevenir posibles accidentes de tránsito esto basado en la ingeniería de tráfico.

Actualmente el tráfico en la zona de estudio es caótico sobre todo en las hora pico de tránsito, los vehículos circulan de manera desordenada debido a la falta de señalización y de semaforización, siendo un peligro constante para peatones y posibles colisiones entre los vehículos.

La solución más adecuada a esta situación de tráfico, es la implementación de un sistema de semáforos, para poder ordenar y controlar el tráfico de manera eficiente, evitando posibles accidentes.

Una vez instalado el sistema de semaforización se pretende que el flujo de vehículos sea de manera ordenada y eficiente, dando siempre prioridad a la integridad y seguridad de los peatones.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con el pasar del tiempo, el parque automotor de la ciudad de Tarija se ha incrementado de manera cuantiosa, es uno de los motivos que ocasionan problemas de congestión vehicular, embotellamientos y desorden, ocasionando caos, sobre todo en las horas pico.

En este sentido, es necesario realizar un diseño de señalización para peatones y vehículos así también la implementación de semáforos para poder ordenar de manera eficiente y correcta el flujo de vehículo, para mayor seguridad, tanto para peatones como para motorizados.

Las avenidas a ser analizadas eran alternativas para la desconcentración de flujo vehicular, pero a medida que la ciudad crecía y se abrieron nuevas vías, por lo que dichas avenidas quedaron céntricas y con mucho flujo de vehículos y es una constante zona de riesgo para peatones y para vehículos, más aún en horas pico, donde se vuelve un caos y un desorden total.

Los semáforos que funcionan en la zona de estudios fueron diseñados con características de tráfico diferente a las actuales, ya que con el tiempo fue aumentando el volumen de tráfico en esta zona y es necesario hacer una evaluación de dichos semáforos, para saber si están trabajando de manera correcta; caso contrario se rediseñaran los tiempos de ciclo para un mejor funcionamiento.

Si hacemos una comparación entre los elementos que convergen en el problema de tráfico en vías urbanas, vehículo - usuario (conductor - peatón), se puede notar que el problema radica en que la cantidad de vehículos actual, circulen por las vías urbanas cuyas características físicas y geométricas ya no están acordes a la demanda de los usuarios, ya que el aumento de vehículos en la ciudad ha tenido un índice importante de crecimiento, creando mayores necesidades; por lo que se deben encontrar

soluciones que traten de equilibrar estos elementos de tal manera que, un vehículo pueda transitar las vías urbanas actuales en condiciones aceptables y cuyos usuarios estén satisfechos en sus necesidades.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Hoy por hoy, en la zona de estudio que comprenden los barrios, Aniceto Arce del distrito 9 y Juan XXXIII del distrito 10 , hay algunos semáforos en funcionamiento con sus respectivos tiempos de ciclo, pero necesitamos evaluarlos para poder determinar si están funcionando correctamente, ya que fueron diseñados para un determinado volumen de tráfico, con el pasar del tiempo este volumen ya no es el mismo porque el parque automotor fue creciendo mucho en nuestra ciudad, así también notamos la falta de semáforos en un punto que consideramos crítico (intersección de las avenidas Delio Echazú y Gamoneda), por lo cual necesitamos realizar el diseño de señalización y semaforización para poder ordenar el tráfico vehicular, que en horas pico se vuelve caótico y puede ser muy peligroso para las personas que transitan por este lugar .

1.3.2 PROBLEMA

¿Cómo podemos viabilizar la circulación vehicular en la intersección de las Avenidas Delio Echazu y Gamoneda de la ciudad de Tarija?

1.4 HIPOTESIS

Si implementamos la semaforización y señalización en el área de estudio, de acuerdo a las normas de tráfico vigentes, entonces la circulación será fluida y evitara la congestión vehicular en el área de estudio

1.5 OBJETIVOS DE PROYECTO DE APLICACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar la implementación de señalización y semaforización en el área establecida de estudio, de acuerdo a normas de tráfico, con el fin de regularla circulación y evitar la congestión vehicular.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los aspectos relevantes de la Ingeniería de Tráfico, particularmente la semaforización y señalización, en base a los aforos de volúmenes y velocidades.
- Realizar aforos en diferentes puntos de la zona de estudio mediante aforos manuales basados en normativas de tráfico vigentes.
- Evaluar el funcionamiento de los semáforos que existen en la zona a través análisis de filas y de capacidad.
- Realizar el rediseño de los semáforos existentes en la zona de estudio a partir de un análisis de funcionamiento.
- Realizar el rediseño de la señalización vertical y horizontal en la zona de estudio con la ayuda del manual de dispositivos de control de tránsito de la Administradora Boliviana de Carreteras.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado en base al documento final.

1.6 VARIABLES

✓ VARIABLE INDEPENDIENTE

- SEMAFORIZACIÓN
- SEÑALIZACIÓN

✓ VARIABLE DEPENDIENTE

- FLUJO DE TRAFICO

1.6.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE VARIABLES

FLUJO DE TRÁFICO

Es el flujo de vehículos particulares y/ o de transporte público que transitan por esta zona, con sus respectivas características de tráfico (volumen, velocidad, y capacidad de tráfico).

SEMAFORIZACIÓN

Es un sistema de señalización que pretende solucionar los conflictos de circulación, en la intersección de estudio, de tal forma que logre un equilibrio entre la movilidad, la accesibilidad y la seguridad, consta de tiempos de ciclo y tiempos de fase.

SEÑALIZACIÓN.

Es el conjunto de señales que están impresas en la vía de circulación que regulan las mismas, nos proporcionan información informativa o restrictiva sobre la circulación vehicular y peatonal.

1.6.2 OPERACIONALIDAD DE VARIABLES

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR
Flujo de tráfico	Características de tráfico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Volumen ✓ Velocidad ✓ Capacidad 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vehículo/hora ✓ Kilometro /hora ✓ Vehículo/hora
Semaforización	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de ciclo • Tiempo de fase 	Tiempo	Segundos
Señalización	<ul style="list-style-type: none"> • Señales informativas • Señales restrictivas 	Señales	

Tabla 1: Operacionalidad de variables (Fuente: Elaboración Propia)

1.7 METODOLOGÍA

Dentro de la ingeniería de tráfico para la realización de diferentes estudios ya sean de carácter puntual o general, se debe tener una metodología previamente establecida; la mejor metodología implantada por experiencias ya vividas en algunos estudios en diversos países se recomienda la siguiente:

- 1.- Recopilación de datos
- 2.- Procesamiento y análisis de datos existentes
- 3.- Seguimiento y control de resultados
- 4.- Planteamiento de soluciones

1.7.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

Para iniciar un estudio de tráfico requerimos información de campo que puede ser técnica o también complementaria, dependiendo del tipo de estudio y su magnitud, la recolección de datos abarcará aforos de velocidades, aforos de volúmenes de tráfico, clasificación de los vehículos que circulan por el área, medición del comportamiento de semáforos existentes, inventario de señalización, etc.

Definir cuanto tiempo se va realizar los aforos para estudiar su comportamiento; es importante y necesario. En la actualidad existen países que por el avance tecnológico tienen monitoreo permanente de los volúmenes de tráfico lo que quiere decir registro de todos las horas de todos los días del año. Cuando esto no sucede requerimos a la información tenemos dos alternativas:

- Según ABC se establece como tiempo de aforo mínimo para un proyecto vial 7 días de la semana y las 24 horas del día.
- Según la Norma AASTHO-1147 (Para tráfico vehicular), establece un proyecto vial cuyo registro de volúmenes son requeridos, primero se toma un día completo de aforo cuyo resultado establece la tres horas pico del día; en función a ello se realiza el aforo en función a esas horas pico por tres días a la semana, dos días hábiles y un día no hábil durante un periodo del mes.

En este estudio recolectaremos los datos mediante la norma aastho.

1.7.1.1 DISEÑO METODOLÓGICO.

1.7.1.1.1 POBLACIÓN

La población es la capacidad, señalización y semaforización.

1.7.1.1.2 MUESTRA

La muestra son las intersecciones desde la av. Delio Echazú y Gamoneda y el semáforo de la avenida Jaime paz Zamora a la altura del restaurant las brasas.

1.7.1.1.3 MUESTREO

Son los accesos de las intersecciones donde se medirá volumen, velocidades, tiempos de ciclo y tiempo de fase.

1.7.2 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS EXISTENTES

Toda información que se obtenga de la recolección de datos serán procesados, para lo cual programas estadísticos pueden ser de utilidad es también útil la representación de la información procesados en esquemas gráficos que ayuden visualmente al análisis del problema. Se hará un análisis de toda la información procesada tratando siempre en lo posible de establecer relaciones entre todos los factores y de ser lo más técnico posible.

1.7.2.1 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

1.7.2.1.1 EMPLEO DE LA ESTADÍSTICA

Esta investigación tiene un carácter probabilístico, ya que se realizara un mes de aforo, el cual nos proporcionara una serie de datos que tendrán que ser analizados posteriormente, por lo tanto realizaremos un análisis descriptivo ya que tendremos un conjunto de datos que serán analizados.

Contaremos con un conjunto de datos N (datos que representan a la población, que en este caso la capacidad, nivel de servicio y semaforización.), y otro conjunto de datos n (datos que representan la muestra, que serán evaluados para tener mejor resultado.

Se realizaran medidas de depuración, las cuales nos indicaran los datos que se dispararon o por algún motivo salieron fuera del rango, a partir de las cuales encontraremos la media y la desviación estándar.

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

Desviación típica

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

Utilizaremos las medidas de posición como la media aritmética y así también como la desviación media para hacer la depuración correspondiente.

1.7.2.1.2 APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS Y EQUIPOS.

- Se realizara el aforo manual para la obtención de los datos.
- Se contara con una planilla para el aforo.
- cronometro para sacar el tiempo con la formula $v=d/t$.
- Cinta métrica para medir el ancho del carril.

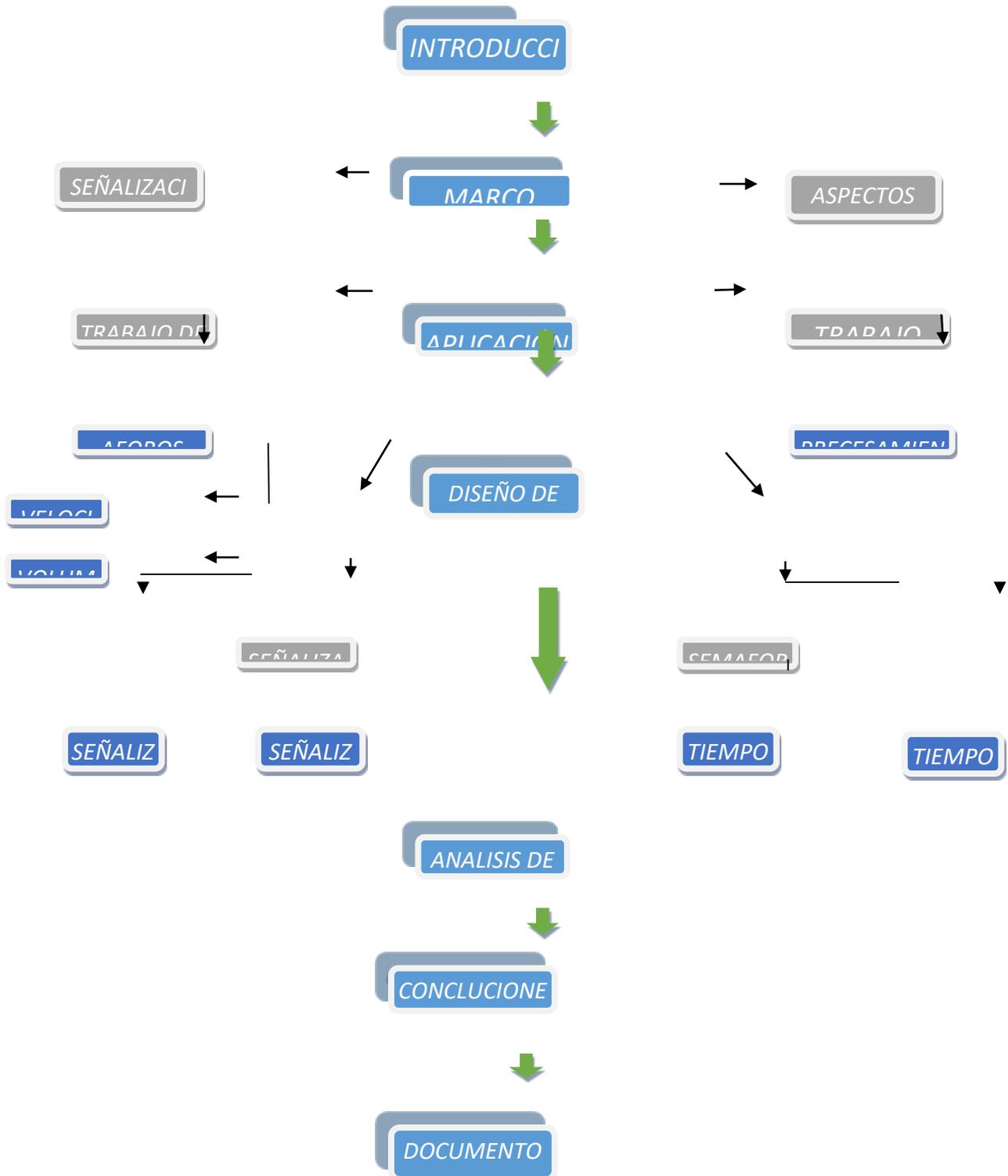
1.7.3 SEGUIMIENTO Y CONTROL

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

1.7.4 PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

Como el resultado del análisis se planteará soluciones con un orden de priorización, todas las soluciones tendrán que ser técnicas y que apunten a ser de bajo costo, dando prioridad siempre al bien estar del peatón y de los conductores.

1.8 ESQUEMA LÓGICO ESTRUCTURAL



1.9 ALCANCE

El diseño de señalización y semaforización se lo llevara a cabo con el fin de establecer los parámetro de tráfico y tiempos de ciclo que influyen en el diseño de semáforos, basado en indicadores tráfico vehicular que permitan el **DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN Y SEMAFORIZACIÓN EN LA INTERSECCION DE LA AV. DELIO ECHAZÚ Y AV, GAMONEDA DE LA CIUDAD DE TARIJA**, este diseño beneficiara a los peatones y conductores de vehículos que transiten adecuadamente por la zona de estudio.

Inicialmente el **Capítulo I** contiene una breve introducción de generalidades sobre **“ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN Y SEMAFORIZACIÓN PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE TRÁFICO VEHICULAR EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA DE LA CIUDAD DE TARIJA ”**, en donde se define la problemática sobre la que se basa el presente trabajo, el problema al que se quiere dar solución, la justificación del porqué se realizó el presente trabajo de diseño, los objetivos que se desea alcanzar con la investigación realizada, la hipótesis de la investigación y las variables dependiente e independiente.

En el **Capítulo II** se desarrollará el marco teórico, reflejando la teoría referida a los **ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO, SEÑALIZACIÓN Y SEMAFORICACIÓN**, en el cual recopilamos toda la información que podamos necesitar para poder alcanzar nuestros objetivos.

En el **Capítulo III**, está el desarrollo experimental del trabajo, ubicación y las características del área de estudio, también realizaremos el proceso de gabinete con los datos de aforos recabados, precedemos al diseño de señalización y semaforización que vamos a implementar en la zona de estudio así como rediseñar los semáforos ya implementados, posteriormente analizaremos los resultados obtenidos.

Finalmente en el **Capítulo IV**, se expondrán las conclusiones que hemos llegado y que están función de los resultados obtenidos y se mencionara recomendaciones referentes al tema y al desarrollo del mismo.

En los **Anexos**, se colocarán todos los datos de aforo realizados, planillas y tablas a ser utilizadas como también las fotografías obtenidas del lugar.

En la bibliografía informaremos de los libros de apoyo y guías de internet utilizadas para obtener información teórica.

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DE TRÁFICO, SEÑALIZACIÓN Y SEMAFORIZACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

2.2 OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA ING. DE TRÁFICO

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

La Ingeniería de Tránsito analiza lo siguiente:

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

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

2.2.2 REGLAMENTACIÓN DEL TRÁNSITO

Se debe establecer los reglamentos del tránsito, como ser: la responsabilidad y licencias de los conductores, peso y dimensiones de los vehículos, control de accesorios obligatorios y equipo de iluminación y de señalamiento.

También se debe tomar en cuenta la prioridad de paso, tránsito en un sentido, tiempo de estacionamiento, el control policiaco en intersecciones, sanciones relacionadas con accidentes, etc.

2.2.3 PLANIFICACIÓN VIAL

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

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

2.3 SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE TRÁNSITO

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

- Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad

Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración

- Superposición del tránsito motorizado en facilidades viales

Pocos cambios en trazo urbano, carreteras que no han evolucionado.

- Falta de planificación en el tránsito

Construcción de vías con especificaciones antiguas

- El automóvil no considerado como una necesidad pública

Falta de apreciación de las autoridades y público en general a la importancia del vehículo automotor.

- Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario

Legislación y reglamentos no acordes a la evolución del transporte, falta de educación vial

Descritos los factores que intervienen en el problema del tránsito, se plantean a continuación los tres tipos de solución que se pueden dar al problema del tránsito:

2.3.1 SOLUCIÓN INTEGRAL

Dadas las características del vehículo moderno se plantea construir nuevos tipos de vialidades que sirvan a este vehículo, es decir, que se busca el equilibrio de la oferta y la demanda, este tipo de solución es casi imposible de aplicar en las ciudades actuales

porque equivaldría a destruir todo lo existente y construir las vialidades con especificaciones modernas.

2.3.2 SOLUCIÓN PARCIAL DE ALTO COSTO

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

2.3.3 SOLUCIÓN PARCIAL DE BAJO COSTO

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

2.4 ELEMENTOS DEL TRÁNSITO

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

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

2.4.1 EL 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.

2.4.1.1 EL PEATÓN

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

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento y respeto a las señales de tránsito 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.

2.4.1.2 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.

FACTORES QUE AFECTAN LAS FACULTADES DEL INDIVIDUO EN EL TIEMPO DE REACCIÓN.

- La fatiga.
- Las enfermedades o deficiencias físicas.
- El alcohol y las drogas.
- Su estado emocional.
- El clima.
- La época del año.

- Las condiciones del tiempo.
- La altura sobre el nivel del mar.

2.4.2 EL VEHÍCULO

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

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

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

Por lo tanto, el segundo elemento componente del tránsito, el vehículo, irremediablemente va en aumento.

2.4.2.1 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 guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que estas puedan acomodar vehículos de este tipo.

Los vehículos se clasifican en 3:

- Vehículos ligeros o livianos.
- vehículos medianos
- Vehículos pesados

AUTOMÓVILES

<i>Dimensión</i>	<i>Máxima (mts)</i>	<i>Mínima (mts)</i>
<i>Ancho</i>	2.06	1.14
<i>Largo</i>	6.0	4.56
<i>Alto</i>	1.75	1.25

CAMIONES

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Ancho</i>	1.88	2.44
<i>Largo</i>	5.75	11.0
<i>Alto</i>	1.75	3.81

AUTOBUSES

<i>Dimensiones</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>Ancho</i>	2.44	2.44
<i>Largo</i>	7.15	12.25
<i>Alto</i>	2.44	2.90

2.5 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO

El ingeniero vial debe conocer las características del tránsito, ya que esto le será útil durante el desarrollo de proyectos viales y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de diseño, en la

selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte.

2.5.1 VELOCIDAD (v)

Desde la invención de los medios de transporte, la velocidad se ha convertido en el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto.

Haciendo un análisis de la evolución de los vehículos actuales en lo que respecta a velocidades alcanzadas por los mismos, se hace necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad.

Se define la velocidad como el espacio recorrido en un determinado tiempo. Cuando la velocidad es constante, queda definida como una función lineal de la distancia y el tiempo, siendo su fórmula:

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ec. N° 1}$$

Donde:

v = velocidad constante (km/h)

d = distancia recorrida (km)

t = tiempo de recorrido (h)

2.5.1.1 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 25, 50,75 y 100 mts.

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

La determinación de velocidades de punto dentro del estudio de ingeniería de tráfico nos permite definir las velocidades medias de circulación en zonas urbanas y las velocidades de circulación en carreteras. Mayor uso en zonas urbanas cuyo estudio puede realizarse en áreas definidas en flujos direccionales o en todo el trazo urbano.

MÉTODO DE MEDICIÓN

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- 1).- Método del cronómetro
- 2).- Método del enoscopio
- 3).- Método del radar métrico

El método del cronómetro

Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, uno a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida. Este método es el más utilizado por la facilidad de su realización y por la necesidad solamente de un cronómetro. Es factible utilizando las distancias mínimas que este método pueda ser ejecutado por un solo operador y que tenga visualidad suficiente a la línea de entrada y salida.

El método del enoscopio

Se utiliza además del cronómetro un aparato simple denominado enoscopio que es una caja de lados iguales en uno de sus vértices tiene un espejo ubicado a 45° de tal forma que la visual de entrada se refleja en forma ortogonal a 90° la forma de medición utilizando el enoscopio en el momento en que el vehículo cruza la línea de entrada para accionar el cronómetro y medir el tiempo hasta que el vehículo cruza la línea de salida. Este método es muy útil para la realización de mediciones nocturnas.

El método del radar métrico

Es el método menos utilizado pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar u pueden ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida, se obtiene la distancia y el tiempo de recorrido determinándose así las velocidades de punto. Estas velocidades de punto en un estudio de tráfico deben ser llevadas a cabo en 3 horarios diferentes de cada día, recomendable en horas pico, 3 diferentes días de la semana, si se lo va a hacer anualmente 3 diferentes meses del año. En la hora de estudio se determinara una metodología homogénea para la obtención de velocidades de vehículos en circulación, por ejemplo hacer la medición respectiva a cada 5 vehículos que ingresan a la zona de estudio. Se utiliza 6 horas diferentes del día.

2.5.1.2 VELOCIDAD MEDIA TEMPORAL

La velocidad media temporal o velocidad media-tiempo, es la media aritmética de la velocidad de todos los vehículos que pasan por un punto durante un intervalo de tiempo seleccionado.

Para datos de velocidades de punto no agrupados, la velocidad media temporal se define como:

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Ec. N° 2

Donde:

V_t = velocidad media temporal

V_i = velocidad del vehículo i

n = número total de vehículos observados o tamaño de la muestra

Para datos de velocidades de punto agrupados, la velocidad media temporal se define como:

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^m (f_i V_i)}{n}$$

$$n = \sum_{i=1}^m f_i \quad ($$

Donde:

m= número de grupos de velocidad

Fi = número de vehículos en el grupo de velocidad i

vi = velocidad de punto del grupo “i”

2.5.1.3 VELOCIDAD DE MARCHA

Se denomina velocidad de marcha o crucero 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, la relación que nos permite determinar la velocidad de crucero es la siguiente:

$$\boxed{VC = DR / TC} \quad \text{Ec. N° 3}$$

Donde:

DR = Distancia de recorrido

TC = Tiempo de circulación

VC = velocidad de marcha

2.5.1.4 VELOCIDAD 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. Estos factores influyen en la velocidad de circulación por ese hecho la recomendación es de que se adopte velocidades directrices o del proyecto en función de la velocidad de circulación media obtenida a través de las velocidades de punto.

2.5.2 VOLÚMENES

Se define como volumen de tráfico a la cantidad de vehículos que circulan en una carretera o calle en un periodo de tiempo determinado que normalmente se toma 1 hora, 1 día dando origen a un nuevo concepto de tránsito diario y tránsito horario respectivamente.

2.5.2.1 VOLÚMENES DE TRÁNSITO ABSOLUTOS O TOTALES

Son volúmenes de tránsito que están clasificados de acuerdo al lapso de tiempo determinado para su cálculo, este lapso puede ser un año, un mes, una semana, un día o una hora.

TRÁNSITO ANUAL (TA).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 365 días consecutivos. (T = 1 año).

- **TRÁNSITO MENSUAL (TM).**- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 30 días consecutivos. (T = 1 mes).

TRÁNSITO SEMANAL (TS).- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 7 días consecutivos. (T = 1 semana).

- **TRÁNSITO DIARIO (TD).**- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 24 horas consecutivas. (T = 1 día).

- **TRÁNSITO HORARIO (TH).**- Es el número de vehículos que pasan en el lapso de 60 minutos consecutivos. (T = 1 hora).

2.5.2.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIOS (TPD)

El TPD es una medida de tránsito fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días. En función del número de días del periodo establecido, los volúmenes de tránsito promedio diarios se clasifican en:

- TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

- TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO MENSUAL (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

- TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

2.5.2.3 VOLÚMENES DE TRÁNSITO HORARIOS (VH)

La cantidad de vehículos que circulan por una carretera o calle en un espacio o tiempo determinado de una hora es el TPH, ese valor es mucho más sensible que el TPD, es decir el TPH nos puede dar valores de variación horaria donde se puede identificar las variaciones de volumen que se producen en cada hora a lo largo del día pudiendo también obtenerse cuáles son las horas de mayor volumen u horas pico, cuales las de menor volumen u horas de baja intensidad, etc. El TPH tendrá un valor máximo que teóricamente tendría que ser utilizado para fines de diseño geométrico, sin embargo dado la posibilidad de que ese valor sea máximo solo se presente en pocas horas durante el día hacen que no sea un valor recomendable para el diseño.

2.5.2.4 USO DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Desde un punto de vista general, se utilizan los datos de volúmenes de tránsito en los siguientes campos:

Planeación

- Clasificación sistemática de redes de carreteras
- Estimación de los cambios anuales en los volúmenes de tránsito
- Modelos de asignación y distribución de tránsito
- Desarrollo de programas de mantenimiento, mejoras y prioridades
- Análisis económicos
- Estimaciones de la calidad del aire
- Estimaciones del consumo de combustibles

Proyecto

- Aplicación a normas de proyecto geométrico
- Requerimientos de nuevas carreteras
- Análisis estructural de superficies de rodamiento

Ingeniería de tránsito

- Análisis de capacidad y niveles de servicio en todo tipo de vialidades
- Caracterización de flujos vehiculares
- Zonificación de velocidades
- Necesidad de dispositivos para el control de tránsito
- Estudio de estacionamientos

Seguridad

- Cálculo de índices de accidentes y mortalidad
- Evaluación de mejoras por seguridad

Investigación

- Nuevas metodologías sobre capacidad
- Análisis e investigación en el campo de los accidentes y la seguridad
- Estudio sobre ayudas, programas o dispositivos para el cumplimiento de las normas de tránsito
- Estudios de antes y después
- Estudios sobre el medio ambiente y la energía.

2.6 AFOROS

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

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

2.6.1 MÉTODOS DE AFOROS

2.6.1.1 MÉTODO MANUAL

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

- Composición vehicular
- Flujo direccional y por carriles
- Volúmenes totales

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

2.6.1.2 MÉTODO MECÁNICO

Se realiza mediante dispositivos mecánicos instalados en la vía, estos dispositivos son:

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

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

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

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

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

2.7 SEMÁFOROS

2.7.1 DEFINICIONES

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.

2.7.2 TIPOS DE SEMÁFOROS

Existen dos tipos de semáforos q son:

- a) SEMAFOROS VEHICULARES
- b) SEMAFOROS PEATONALES

2.7.2.1 TIPOS DE SEMÁFOROS PARA TRANSITO VEHICULAR

Existen 3 tipos de semáforos:

- Semáforos de Tiempo Fijo.
- Semáforos Accionados por el Tráfico.
- Semáforos con Control Normalizado.

2.7.2.1.1 SEMÁFOROS DE TIEMPO FIJO

Se utilizan en intersecciones donde el flujo de tránsito es relativamente estable, que no ocasionen demoras o congestionamientos excesivos. Por su sencillez este tipo de semáforos ha sido hasta ahora el más utilizado en las zonas urbanas, especialmente cuando se emplean varios semáforos próximos entre sí.

Los semáforos de tiempo fijo, tienen una coordinación más precisa con los semáforos adyacentes que en el caso de semáforos accionados por el tránsito, por otro lado, no presentan detectores que informan sobre el número de vehículos que llegan por los accesos.

Finalmente el costo del equipo de tiempo fijo es menor que la del equipo accionado por el tránsito y su conservación es más sencilla.

2.7.2.1.2 SEMÁFOROS ACCIONADOS POR EL TRÁFICO

Estos semáforos reciben información del número de vehículos que llegan por los accesos a través de detectores que se instalan en dichos accesos. Teniendo en cuenta las intensidades de tráfico el regulador del semáforo decide si debe o no cambiar la fase. Existen limitaciones de duración máxima y mínima de cada fase para evitar largas esperas, estas duraciones se adaptan automáticamente a las variaciones del tráfico a través del regulador.

Los semáforos accionados por el tráfico son ideales para intersecciones en carreteras.

2.7.2.1.3 SEMÁFOROS CON CONTROL CENTRALIZADO

Este tipo de semáforos reciben órdenes de un ordenador central, que es el encargado de controlar todos los semáforos de una zona. Este ordenador recibe información del tráfico por medio de detectores colocados en lugares estratégicos y decide lo que conviene realizar en cada momento. Estos semáforos son utilizados en grandes zonas urbanas.

2.7.2.1.4 UBICACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

Los semáforos de acuerdo al tipo de intersección deben ser ubicados en cada uno de los accesos de la intersección, totalmente visible a los conductores. De acuerdo a las características físicas de la intersección y el número de carriles que puede presentarse, en cada acceso pueden existir varias formas de ubicación de semáforos.

- a).- Semáforos independientes sobre postes
- b).- Semáforos con ménsula corta
- c).- Semáforo con ménsula larga
- d).- Semáforo colgantes

2.7.2.1.4 .1 SEMÁFOROS INDEPENDIENTES

Estos semáforos van ubicados en la entrada de cada acceso a 60 cm como mínimo del cordón de la acera cuya altura puede variar de 2.40 - 4.50 mts dependiendo de la visibilidad existente. Si bien desde el punto de vista operacional estos pueden resultar los más eficientes, resultan los más antieconómicos, debido a que cada poste soporta una cabeza de semáforo de una sola cara.

2.7.2.1.4 .2 SEMÁFORO CON MENSULA CORTA

Cuando la visibilidad en la intersección no permite una buena ubicación del semáforo, se recurre a estructuras metálicas tipo de ménsula, que soportan la cabeza del semáforo un poco más el interior de la calzada y por lo tanto más visible.

2.7.2.1.4 .3 SEMÁFORO CON MENSULA LARGA

Cuando los semáforos van a tener más de una cara y se quiere que estas sean igualmente visibles a cada acceso correspondiente, se recurre a la utilización de estructuras metálicas tipo de ménsula, pero que abarquen hasta de 1/3 a 2/3 de la intersección de tal forma que sea visible a todos los accesos.

2.7.2.1.4 .4 SEMÁFOROS COLGANTES

Este tipo de semáforos se recomienda en intersección en las cuales se va a tener 4 accesos que puedan dar origen a 4 caras de la cabeza del semáforo, que tienen que ser igualmente visible, para ello se busca un punto que será geométricamente concéntrico en la intersección y se coloca el semáforo soportado por cables que están anclados en las paredes de la intersección.

2.7.2.2 SEMÁFOROS PEATONALES

Los semáforos peatonales son señales luminosas instaladas con el propósito de ordenar el tráfico de peatones en las intersecciones. Su instalación es complementaria a la semaforización vehicular.

Para que se pueda instalar una red de semáforos peatonales se debe cumplir ciertas condiciones:

a).- La cantidad de peatones por hora en la intersección debe ser mayor a 150 en áreas no escolares y mayor a 250 en áreas escolares.

Otras de las condiciones es que debe preverse una fase exclusiva para el movimiento peatonal en una o más direcciones donde el tráfico vehicular deben detenerse.

Si los movimientos de giros son complicados que exigen a una fase semi exclusiva para ordenar el tráfico vehicular.

Cuando los anchos de las vías que interceptan son tan amplios que los semáforos vehiculares no sirven adecuadamente a los peatones.

Cuando una semaforización vehicular confunde al movimiento vehicular.

2.7.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SEMÁFOROS VEHICULARES

Los semáforos vehiculares están constituidos por los siguientes elementos:

- a).- Cabeza
- b).- Caras
- c).- Focos
- d).- Postes

2.7.3.1 CABEZA

Se denomina cabeza de un semáforo al elemento que contiene las señales luminosas esta cabeza contiene un número determinado de caras en las diversas direcciones que a su vez contiene a las señales luminosas o focos.

La cabeza normalmente es un armazón metálico hueco que contiene a los reflectores de cada uno de las caras y a los cables que están conectados en algunos casos llevan además unas vísceras sobre cada una de las señales luminosas para evitar el reflejo del sol y mantener una buena visibilidad de la señal.

2.7.3.2 CARAS

Cada cara de un semáforo contiene una o más elementos ópticos o lentes que están formados verticalmente

2.7.3.3 FOCOS

Son lentes ópticos formados cada uno de ello una lámpara un reflector cóncavo para concentrar el haz luminoso en una sola dirección un vidrio difusor circular de calor y vísceras arriba y a los costados eventualmente.

Los focos de cada cara ubicadas en un eje vertical van en la sgte. Posición el rojo en la parte alta inmediatamente debajo se ubica el amarillo o ámbar por último el verde.

Si hay señales adicionales como giros a la izquierda y giros a la derecha estas pueden ir debajo de la señal verde o a un costado

2.7.4 CONDICIONES DE UN SEMÁFORO DE TIEMPO PREDETERMINADO

Un semáforo de tiempo predeterminado en el cual se va a establecer como base inauguración del ciclo predeterminado que varía entre 35 seg. y 120 seg., entendiéndose por ciclo el paso de la fase roja a la amarilla, de la fase amarilla a la fase verde de la verde a la amarilla y de la fase amarilla a la fase roja, ese ciclo tiene una duración predeterminado cuyo valor deberá ser proyectado en función a las características físicas de la intersección las características del trazo urbano, es decir separación entre intersecciones y re accionamiento cuadrícula además de las condiciones volumétricas del tráfico en los accesos, en lo posible la duración de un ciclo debe permitir la mejor fluidez del tráfico en la intersección y evitar la pérdida de tiempo por demoras. Por supuesto que eso es difícil de determinar cuando los flujos son variables en cada intersección el trazo urbano no es regular y las dimensiones físicas de la intersección son variables. Para este tipo de semáforos de tiempo predeterminado se consideran como ventajas los siguientes.

- a).- Facilitan la programación de un sistema coordinado de semáforo
- b).- el funcionamiento de los semáforos no se ve afectado por anomalías en la detención como puede ser un vehículo detenido sobre la intersección.
- c).- Proporcionan una gran eficiencia en áreas de gran movimiento peatonal
- d).- Su instalación y mantenimiento son más económicos que los activadas por el tránsito.
- e).- Se adopten en aquellas intersecciones en la que el tráfico es relativamente estable donde las variaciones que se registran son mínimos.

2.7.5 FUNCIONAMIENTO

Los parámetros más importantes que se toman en cuenta para la instalación de un semáforo de tiempo predeterminado son:

- a).- El número de vehículos que entran en la intersección por hora desde cada vía de acceso debiendo obtenerse este valor de los estadísticos de volúmenes de las 16 horas de mayor tránsito en el día.

b).- Volúmenes de vehículos por cada movimiento de tráfico clasificado de acuerdo al tipo de vehículo, pesados, livianos, de transporte público y automóviles particulares.

c).- Relevamiento plani altimétrico de las características físicas de la intersección

2.7.6 CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Para ser instalados semáforos independientes o redes de semáforos de tiempo predeterminado se deben cumplir ciertas condiciones normalizadas por el manual de capacidad de la AASTHO y asumidos por la mayoría de los países de América latina estas condiciones son.

1era condición volumen mínimo

Es deseable la instalación de semáforos cuando se excede durante un periodo de 8 horas los volúmenes de un día promedio dado por la sgte. Tabla:

VOLÚMENES MÍNIMOS

Tabla N° 1 Volumen mínimo de vehículos

No Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle Principal	Calle Secundaria	Calle Principal	Calle Secundaria
1	1	500	150
2 o mas	1	600	150
2 o mas	2 o mas	600	200
1	2 o mas	500	200

Ref., Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas

Cuando el número de habitantes de la ciudad es menor a 10000 la condición de volumen mínimo, para los volúmenes de la calles principal son elevado, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

2da condición de demoras en el tráfico

Si el tráfico de la arteria secundaria no alcanza los valores de la tabla de volúmenes mínimos para los volúmenes de la calle principal son elevados, es lógico esperar que el tráfico de la vía secundaria sufra retardos excesivos.

Esta condición recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores durante 8 horas consecutivas de un día promedio de la sgte. Tabla.

VOLÚMENES MÍNIMOS POR DEMORAS EN CALLE SECUNDARIA

Tabla N ° 2 Volúmenes Mínimos por Demoras en Calle Secundaria

No Carriles en cada acceso		Volumen Horario	
Calle Principal	Calle Secundaria	Calle Principal	Calle Secundaria
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Ref., Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas

3era Condición Volumen mínimo de peatones

Se recomienda la instalación de semáforos de tiempo predeterminado cuando los volúmenes de peatones sean los siguientes valores de la tabla

VOLUMEN MÍNIMO DE VEHÍCULOS Y PEATONES

Tabla N°3 Volumen Mínimo de Vehículos y Peatones

Tipo de Intersecciones	Veh/hora		Total peatones/hr	Periodo de Mantenimiento
	Calzada no dividida	Calzada con Cantero Central		
Fuera del área escolar	600	1000	150	8
En área Escolar	800		2500	2

Ref., Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas

En ciudades donde la población es menor a 10000 se recomienda tomar el 70% de los valores de la tabla.

4ta Condición del sistema coordinado de semáforos

La condición de movimiento coordinado exige que:

- En un sistema lineal de calle de sentido único deben semaforizarse intersecciones adicionales cuando entre dos intersecciones semaforizadas consecutivas haya una distancia excesiva que no ofrezca la eficiencia requerida en el control vehicular y peatonal.
- Si en una calle de doble sentido los semáforos instalados de acuerdo a las condiciones anteriores no proporcionan el grado deseado deben adicionarse semáforos intermedios a fin de lograr un funcionamiento eficiente del sistema.

5ta Condición de prevención de accidentes

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

- a).- Que se presenten en el término de un año no menos de 5 accidentes de regular importancia que puedan ser evitados
- b).- Que no existan ninguna medida preventiva adecuada

c).- Que los valores de demanda de las 3 primeras condiciones sean superiores a un 80% a los expresados en las tablas correspondientes.

6ta Condición Combinación de condiciones

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

Es conveniente que una instalación semaforizadas cumpla por lo menos dos de las condiciones para asegurar que el proyecto de semaforización tendrá resultados

2.7.7. DETERMINACIÓN DE FASES

2.7.7.1 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS

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

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

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

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

2.7.7.2 ASIGNACIÓN DE TIEMPOS DE FASE ROJA Y VERDE

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

Estos tiempos deben estar muy en relación con la demanda y esa demanda está dada por los volúmenes en cada uno de los accesos de la intersección, si los volúmenes los consideramos como valores totales la relación de equilibrio será:

$$\frac{V_A}{t_{VA}} + \frac{V_B}{t_{VB}}$$

V_A = Volumen acceso A

V_B = Volumen acceso B

t_{VA} = Tiempo de verde en acceso A

t_{VB} = Tiempo de verde en acceso B

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

$$C = \text{ciclo} - t_a - t_{a'}$$

$$\text{ciclo} = t_{va} + t_{vb} + t_a + t_{a'}$$

C = Tiempo sobrante para asignar fase verde y fase roja

t_a = Tiempo de fase amarilla

$t_{a'}$ = Tiempo de fase amarilla del otro acceso

Si en la ecuación de equilibrio coloco todo en función de una sola variable tendré que la relación es la sgte:

$$\frac{V_A * t_a}{C - t_{VA}} = \frac{V_B * t_{a'}}{t_{VB}} \quad t_{VB} = \text{Incógnita}$$

Esta ecuación de equilibrio que nos permite asegurar los tiempos de fase roja y fase verde varía si los tiempos de fase amarilla son diferentes teniendo la sgte. Relación.

$$\frac{V_A * t_a}{t_{VA}} = \frac{V_B * t_a}{t_{VB}} \quad t_{VB} = ?$$

2.7.7.3 COORDINACIÓN DE SEMÁFOROS

Se entiende por coordinación de semáforos a la forma metodológica de hacer que funcione un conjunto de semáforos aislados para lograr una mayor fluidez en la circulación, cuanto mejor estén asignados los tiempos de las diferentes fases y mejor este la coordinación mayores posibilidades se tendrán de conseguir que la evaluación sea fluida y con menores tiempos de demora.

Existen diferentes tipos de coordinación de semáforos entre ellos los más importantes son los sgtes:

- a).- Coordinación continua o simultánea
- b).- Coordinación Alterna
- c).- Coordinación Flexible

2.7.7.3 .1 COORDINACIÓN CONTINUA SIMULTÁNEA

Este tipo de coordinación es aquel que aproximadamente nos den la misma indicación al mismo tiempo en todos los semáforos es decir que todos los semáforos de una red indique al mismo tiempo fase verde, amarilla, rojo.

La ventaja o desventaja de este tipo de coordinación está en función de los volúmenes de demanda que se tiene en cada una de las intersecciones generalmente este tipo de coordinación se utiliza en base de 1 o 2 intersecciones más importantes teniendo al resto a acomodarse a las condiciones que marque el ciclo y la fase.

Una distancia entre semáforo que sea acorde a este tipo de coordinación está dada por la relación.

$$d = 3.6 * C * V$$

d = Distancia entre semáforos

C = Tiempo de ciclo (seg.)

V = Velocidad Media de circulación

En la mayoría de las ciudades las primeras redes de semáforos son de este tipo de coordinación que funciona bien para algunas intersecciones y con muchas demoras para otras.

2.7.7.3 .2 COORDINACIÓN ALTERNA

Este tipo de coordinación se refiere a tener semáforos ubicados sobre una misma línea con mediciones de tipo alterno es decir que las indicaciones de fase verde pueden ir en forma alternada cada una dos o tres intersecciones y lo mismo ocurriría con las fases rojas de tal manera que permite un conjunto de vehículos pueda funcionar con fluidez un determinado espacio para este tipo se recomienda que la separación de semáforos responda a la relación:

$$d = 1.8 * C * V$$

d = Separación de semáforos

C = Tiempo del ciclo (seg.)

V = Velocidad media de circulación (km. /h)

Esta modalidad de coordinación alterna es útil y recomendable para trazos urbanos donde se tenga definido flujos direccionales principales y flujos direccionales secundarios.

2.7.7.3 .3 COORDINACIÓN FLEXIBLE

La coordinación flexible se entiende como a la determinación de diferentes tiempos de fase verde en semáforos pertenecientes a una red aunque tenga tiempos fijos responden

más a las necesidades de la demandan real en cada intersección, es decir este tipo de coordinación optimiza los tiempos de fase verde en función de las demandas de acceso siendo esto solo posibles en una central digitalizada que tenga subcentrales inducidas unitarias para cada semáforo. Esta se da con la nueva tecnología en centrales semafóricas que han servido para optimizar pero que tienen un mayor costo.

Cualquiera sea el tipo de coordinación que se adopte este tendrá que pasar por una prueba en funcionamiento mínimo de tres meses el cual está sujeto a un control para ver cuáles son las ventajas y desventajas y lograr una reasignación de tiempos y una coordinación adecuada a las condiciones de circulación.

2.8 SEÑALIZACIÓN

2.8.1 DEFINICIÓN

Definimos a la señalización como un componente metodológico dentro de la ingeniería de tráfico cuyo objetivo es que a través de las señales se mejore la circulación vehicular y peatonal en un trazo urbano o en carreteras.

Dentro de la señalización se tienen 2 grupos importantes que son:

- a).- Señalización horizontal
- b).- Señalización vertical

2.8.1.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Se entiende por señalización horizontal al conjunto de marcas sobre el pavimento que tienen el objetivo de mejorar la circulación de vehicular y peatonal pudiendo ser de tipo restrictivo, preventivo e indicativo.

Se entiende por señales horizontales preventivas aquellas que tienen objeto de prevención tanto para el conductor como para el peatón de acuerdo a la marca podrá

utilizar líneas amarillas o blancas. Las marcas de tipo restrictivos van a tener el objetivo de que sean pintadas sobre el pavimento no puedan ser utilizadas por la circulación vehicular restringiéndose tanto su circulación y las maniobras.

Las marcas de tipo **indicativos** tienen el objetivo de guiar la circulación generalmente tienen el color blanco.

Existen diversas marcas sobre el pavimento que son colocadas con objetivos específicos esos objetivos están planteados de tal manera que se trate de señales universales, es decir que todos los países traten de normalizar su señalización horizontal de la misma manera. Actualmente se ha conseguido que todos los países panamericanos a través de un congreso hayan definido leyes normativas generales tanto para la señalización horizontal y vertical.

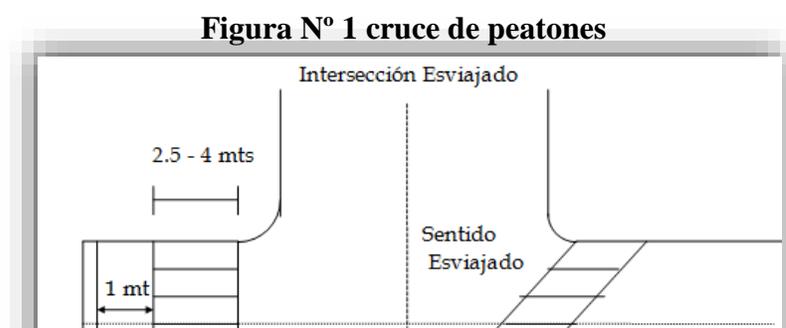
2.8.1.1.TIPOS DE SEÑALES HORIZONTALES

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

- a).- Cruce de peatones
- b).- Líneas de parada
- c).- Líneas de Separación de carriles
- d).- Líneas de demarcación de calzada
- e).- Flechas direccionales
- f).- Flechas deflectoras
- g).- Líneas de prevención de frenado
- h).- líneas de seguridad en cordones

2.8.1.1.1CRUCE DE PEATONES

a).- CRUCE DE PEATONES



Ref., Texto de Ingeniería de Transito

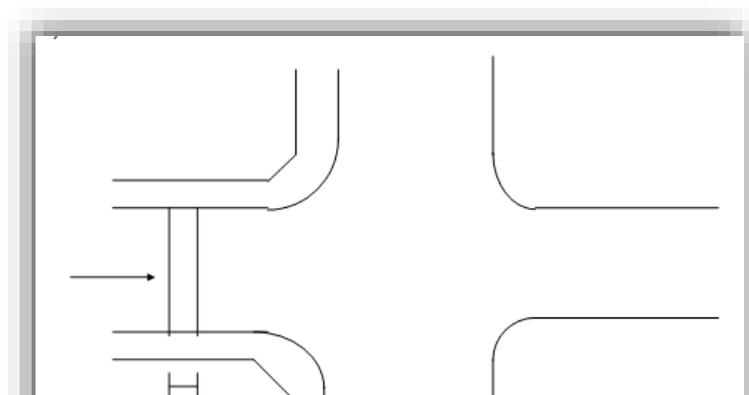
Estas marcas tienen como objetivo la demarcación de un espacio definido para el cruce de peatones generalmente en las intersecciones de un trazo urbano. En carreteras y autopistas estas señales deben ir en espacios o distancias determinadas para permitir el cruce peatonal de un extremo a otro.

El cruce de peatones de acuerdo a las normas debe colocarse a la llegada del flujo a una intersección a 1 mts. De la línea de parada cuyo ancho puede variar de 2.5 a 5 mts. Y podrá tener dos formas. Una con segmentos longitudinales paralelas al eje intercaladas entre pintados y no pintados cuyo ancho de franja será de 0.40 o 0.50 mts. La otra forma está definida por dos líneas paralelas transversales al eje de un grosor de 0.10 a 0.15 mts. Y una separación de 2.5 – 5 mts. Ambos tipos serán pintados con pintura blanca.

En el caso de intersecciones esviadas esta demarcación también tendrá que tener el sentido esviado para mantener una correlación geométrica.

2.8.1.1.2 LÍNEAS DE PARADA

Figura N° 2 Líneas de parada



Ref., Texto de Ingeniería de Transito

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

La línea de parada de color blanco de un ancho de 0.40 a 0.50 metros y una longitud que abarque el ancho de la calzada.

2.8.1.1.1 .2 RAYAS CENTRALES

Las rayas centrales son aquellas que están pintadas en el centro geométrico del pavimento, tanto en rectas como en curvas, excepto en los casos donde existe un número impar de carriles donde se pintaran en la línea divisoria de ambas direcciones. Sirven para separar las dos direcciones del tránsito en vías de doble sentido de circulación y pueden ser continuas y discontinuas. Estas rayas se pintaran en todos los pavimentos de doble sentido de circulación, excepto en aquellos que su ancho sea menor a 5 metros.

2.8.1.1.1 .2 .1 LÍNEAS DISCONTINUAS

Las líneas discontinuas se utilizaran en caminos con doble sentido de circulación, permitiendo el adelantamiento de los vehículos.

Sus dimensiones se muestran en la tabla N° 3

Tabla N° 3 LÍNEAS CENTRALES DISCONTINUAS

Dimensiones en metros

Tipo de Camino	Longitud del segmento	Longitud del espacio	Ancho del segmento
Importantes <ul style="list-style-type: none"> • En llano • En montaña 	4.50 3.00	7.50 5.00	0.10-0.15
Menos importantes <ul style="list-style-type: none"> • En llano • En montaña 	5.00 3.50	10.00 7.50	0.75-0.10

Ref., SEÑALIZACION VIAL Manual Técnico, Servicio Nacional de Caminos, Bolivia 1977

2.8.1.1.1 .2 .2 LINEAS CONTINUAS

Las líneas continuas se utilizarán en dos o más carriles con doble sentido de circulación u serán de color amarillo, prohibiendo el adelantamiento de los vehículos. Pueden ser dobles para caminos importantes y sencillas para menos importantes. Sus dimensiones se muestran en la Tabla N° 4

Tabla N° 4 LÍNEAS CENTRALES CONTINUAS

Dimensiones en metros

Tipo del camino	Ancho de la línea	Separación entre líneas
IMPORTANTES	0.10-0.15	0.10*

MENOS IMPORTANTES	0.75-0.10	
<ul style="list-style-type: none"> * esta separación también se aplicara entre rayas separadas continuas y discontinuas 		

Ref., SEÑALIZACION VIAL Manual Técnico, Servicio Nacional de Caminos, Bolivia 1977

2.8.1.1.1 .2 .3 DEMARCACION DE NO ADELANTAMIENTO.

Las zonas donde se debe prohibir el adelantamiento por medio de rayas continuas amarillas dobles o sencillas, son las siguientes

- i) En curvas horizontales y verticales que carecen de visibilidad de paso
- ii) En caminos con intenso y constante tráfico en ambas direcciones, donde el adelantamiento representa un gran peligro.
- iii) En las proximidades de una intersección, paso de peatones y canalización de tráfico
- iv) En vías de doble circulación con dos o más carriles en cada sentido

2.8.1.1.1 .3 LÍNEAS DE DEMARCACIÓN DE CALZADA

Las líneas de demarcación de calzada, tienen como objetivo definir efectivamente el área correspondiente a la calzada comprendida al interior de estas líneas, quedando las bermas a la parte exterior a estas líneas. Las líneas de demarcación de calzada es una línea continua de color blanco paralela al eje a ambos lados de la calzada, cuyo espesor es de 0.10 - 0.15 mts. A una distancia de 0.30 a .50 m de la calzada.

2.8.1.1.1 .4 FLECHAS DIRECCIONALES

Las flechas direccionales tienen el objetivo de guiar la circulación vehicular tanto de tramos urbanos como en carreteras y autopistas, estas flechas direccionales son marcas que van pintadas sobre el pavimento y que guían la circulación pudiendo ser de 4 tipos.

- a).- La flecha direccional de frente
- b).- La flecha direccional de frente y vuelta a la izquierda
- c).- La flecha direccional de frente y giro a la izquierda
- d).- La flecha direccional de giro izquierda o giro derecha simplemente

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

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

En el caso de una área urbana las flechas direccionales deberán ubicarse en los accesos de ingreso a cada intersección separadas de la línea de parada una distancia que puede variar de 1 metro hasta 4 metros si las velocidades están entre 20 y 50 km. /h .Para velocidades mayores el proyecto puede determinarse que estas flechas se separen de la línea de parada en distancias aún mayores de 5,10 hasta 1.5 mts. Transversalmente las flechas direccionales deben de estar sobre el eje del carril correspondiente y paralelo al eje. Cuando en una intersección se pueden realizar los tres movimientos es decir de frente giro a la derecha y giro a la izquierda se deberá separar por lo menos en dos señales a los tres movimientos.

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

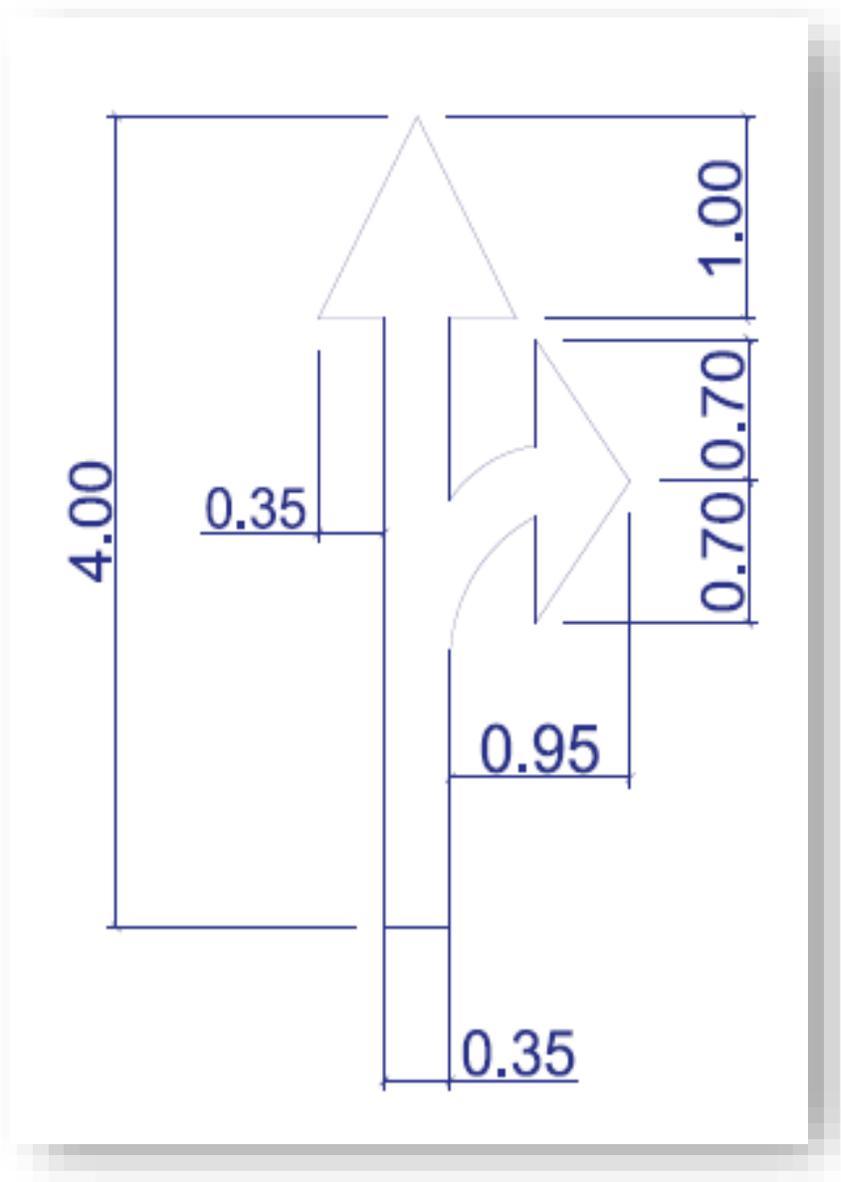
En el caso de carreteras o autopistas estas flechas direccionales tendrán el mismo objetivo sin embargo su uso puede ser menos necesario dependiendo de cada proyecto, en autopistas cuyos accesos de entrada y salida son frecuentes es conveniente una señalización horizontal de flechas horizontales para lo cual se recomienda que estas

estén separadas entre sí cada 60,120 o 200 metros dependiendo de la velocidad directriz.

En el caso de carreteras sin acceso frecuentes se hace innecesarios este tipo de señalización y solamente se puede limitar o un par de señales antes de llegar a una intersección donde haya un acceso o salida, las dimensiones de las señales serán las mismas ya indicadas y su ubicación también será paralela al eje y transversalmente sobre los ejes del carril.

**FLECHA DIRECCIONAL DE GIRO A LA DERECHA Y DE FRENTE
ACOTADA**

Figura N° 3

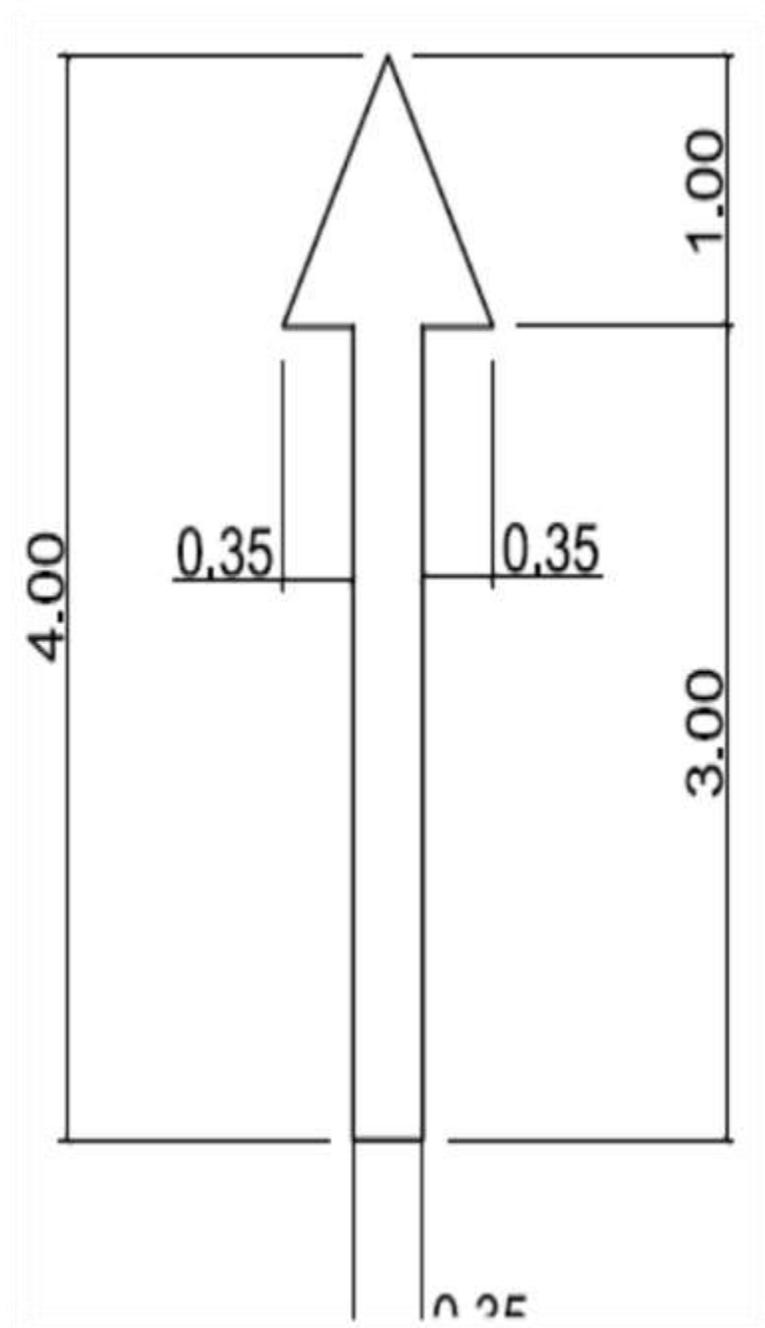


Fuente: Elaboración propia

FLECHA DIRECCIONAL DE FRENTE

ACOTADA

Figura N° 4

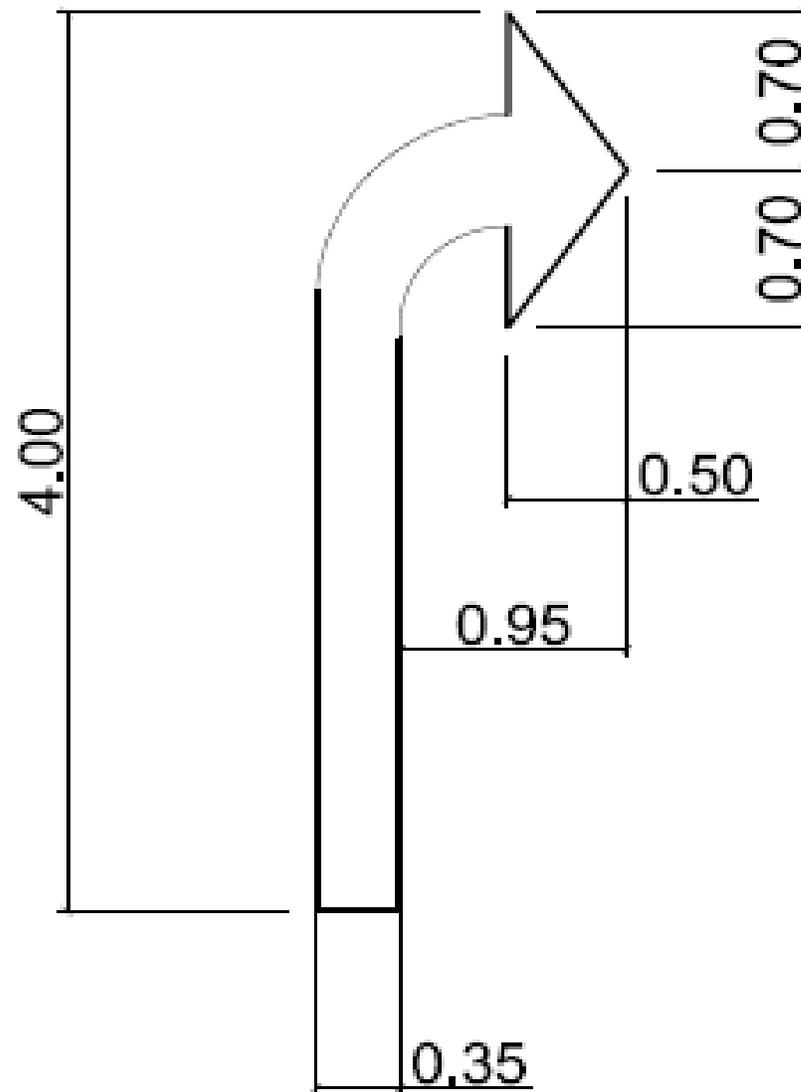


Fuente: Elaboración propia

FLECHA DIRECCIONAL DE GIRO A LA DERECHA

ACOTADA

Figura N°5



Fuente: Elaboración propia

2.8.1.1.1.5 ISLETAS DEFLECTORAS

Figura N° 6



Fuente: Elaboración propia

Las isletas deflectoras son señales horizontales cuyo objetivo es el de definir espacios para cada flujo de circulación principalmente en intersecciones cuyos accesos tienen varios carriles y ambos sentidos y cuyas salidas de la intersección también ambos sentidos de circulación, estas características obligan a mejorar y definir cuáles van a ser los espacios de circulación de cada sentido, el definir se produce unos espacios muertos que no utilizara la circulación vehicular estos espacios para una mejor visualización se convierten en isletas deflectoras que pueden estar físicamente acordonadas o si esto no es posible se marcara dicho espacio con una marca horizontal con pintura amarilla con segmentos que dependiendo de las dimensiones de la isleta pueden tener un espesor de 0.10 , 0.15 ,0.40 o 0.50 metros el sentido de estas marcas deberán ser del sentido del flujo de tal manera que en cada caso se baja formando por sí sola la isleta deflectora cuyo espacio está prohibido para la circulación vehicular.

2.8.1.1.1 .6 LÍNEAS DE PREVENCIÓN DE FRENADO

Las líneas de prevención de frenado tienen como objetivo prevenir el conductor con suficiente espacio anticipado para realizar una acción de frenado que detenga el vehículo en el caso del área urbana esta acción es frecuente antes de llegar a cada

intersección, en el caso de carreteras esta acción solamente se presenta cuando se tiene un obstáculo que obligue a detenerse al vehículo en tal caso también deberá llevar esta línea de prevención paralela a la línea de eje hacia adentro en el carril que corresponda a la detención y en una distancia al calculado por la relación :

$$d = \frac{d \times t}{3.6} + \frac{v^2}{254 \times (f \pm i)}$$

Donde:

v = Velocidad de proyecto o directriz en el caso de carreteras y en el caso de calles urbanas es la velocidad media de circulación

t = Tiempo de reacción y percepción que tiene valores variables para zonas urbanas y carreteras

f = Factor de fricción neumático calzada que varía entre 0.20 - 0.40 usándose el valor medio de 0.40

i = La pendiente longitudinal de la carretera o calle en el sentido de circulación para el que se colocara la línea de prevención de frenado.

La línea de prevención de frenado es de color amarillo sin ubicación es inmediatamente anterior a la línea de parada en caso de calles de un solo sentido esta estaría sobre el eje de la calzada en un espesor de 0.10 - 0.15 y una longitud igual a d en el caso de calles de dos carriles y ambos sentidos la línea de parada deberá ir ubicada en el eje de la calzada del sentido de prevención con las mismas características del espesor y longitud, en el caso de carreteras las líneas con las mismas características van ubicadas a 10 cm del segmento pintado del eje .

2.8.1.1.1 .7 LETRAS ALFABÉTICAS SOBRE EL PAVIMENTO

Las letras sobre el pavimento no son de uso común debido a que dependiendo de la velocidad de circulación puede haber suficiente tiempo y visibilidad para el conductor haga la lectura de las palabras o letras sobre el pavimento. Sin embargo en algunos

casos como ser acceso al aeropuerto acceso a rutas principales, rotondas de distribución son obras donde es posible usar letras sobre el pavimento formando palabras como alto, pare, siga, parqueo estacionamiento zona prohibida, etc. Las dimensiones de las letras sobre el pavimento también están normalizadas el alto de 2.40 y ancho de 0.50 en el caso de la norma boliviana dado en el manual del servicio de caminos se tienen normalizados todas las dimensiones para cada uno de las letras del alfabeto, la separación entre letra y letra normalmente es de 0.40 - 0.50 metros y las letras son pintadas de color blanco.

2.8.1.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

2.8.1.2.1 DEFINICIÓN

Se define a la señalización vertical como el conjunto de señales que van distribuidas a lo largo de una carretera o dentro de un trazo urbano con el propósito de mejorar la circulación vehicular y peatonal estableciendo en función de las normas una forma de utilización de los espacios vehiculares y peatonales.

Debido a la gran variedad de las señales que podrán presentarse se ha hecho una clasificación en función de los objetivos de cada grupo de señales estableciéndose tres grupos de señales.

- a).- Señales Preventivas
- b).- Señales Restrictivas
- c).- Señales Informativas

2.8.1.2.2 TIPOS DE SEÑALES VERTICALES

2.8.1.2.2.1 SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas son aquellas cuyo objetivo es la de prevenir dentro de la circulación a obstáculos o peligros que puedan presentarse. Por ello se ha establecido un conjunto de señales que previenen algunas situaciones comunes dentro de la circulación de carreteras y calles como ser el estrechamiento de un camino la existencia de un puente angosto, la existencia de un badén la existencia de una zona esporádica la

existencia de un camino sinuoso, etc. De acuerdo a las normas del SNC se tiene alrededor de 40 señales preventivas codificadas con las siglas P.

2.8.1.2.2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE ESTAS SEÑALES

Las señales preventivas de acuerdo a normas tienen dimensiones de 0.60 a 0.60 mts. Tienen un fondo amarillo con pintura reflectiva la señal de color negro y tienen un contorno de color de línea negra alrededor del recuadro y la posición definitiva es con las aristas arriba y abajo.

2.8.1.2.2.2 SEÑALES RESTRINGIDAS

Las señales restringidas son aquellas que están destinadas a permitir la aplicación y control de reglamentos y normas dentro de la circulación. Este grupo de señales tiene la particularidad de que el no cumplimiento se considera como un delito de tránsito por lo tanto los conductores están obligados a conocer y aplicar las indicaciones de estas señales restringidas. En algunos casos estas señales van acompañadas con la señalización horizontal, siendo sin embargo la más común que estas señales estén aisladas y distribuidas en carreteras y trazos urbanos en forma independiente y de acuerdo a las necesidades de cada una de ellas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES RESTRINGIDAS

De acuerdo a las normas vigentes en nuestro país como a nivel panamericano se tienen normalizadas dimensiones y colores para este tipo de señales. Las dimensiones establecidas son de 0.60 x 0.90 mts, el fondo de estas señales debe ser de color blanco con pintura reflectiva, llevan un ribete alrededor de la señal de 1/2" de grosor de color negro. La señal está en la parte superior y tiene color negro, en algunas de ellas lleva una orla de color rojo de 1" de espesor y cuando se quiere restringir la acción de la señal esa orla lleva una línea diagonal del mismo color de izquierda a derecha. En la parte inferior de la señal pueden ir colocadas además algunas indicaciones alfabéticas cuyas dimensiones también están establecidas siendo letras de altura de 10 cm cuyos grosores son de 1/2" existen dos excepciones en este tipo de señales restringidas que son las señales de pare y ceda el paso. La señal de pare es un octógono simétrico cuyas

(paredes) o lados paralelos están a 75cm, tiene un fondo de color rojo con pintura reflectiva y tiene la palabra pare en la línea simétrico central además de un ribete alrededor de la señal de color blanco. La ubicación de estas señales es a la derecha de las líneas de parada ubicadas en el pavimento y en todos aquellos lugares donde se quiere prevenir a través de la detención del vehículo un cruce de una intersección.

La señal de ceda el paso es una señal cuyas dimensiones son la de un triángulo equilátero de 80cm de lado que tiene un fondo blanco con pintura reflectiva en la parte superior este escrito la frase de ceda el paso y lleva un ribete alrededor de color negro. Esta señal va ubicada en todas aquellas intersecciones donde esta priorizado por características geométricas y de volumen de tráfico el flujo principal y el flujo secundario, estando ubicada la señal de ceda el paso en el acceso de flujo secundario.

2.8.1.2.2.3 SEÑALES INFORMATIVAS

Las señales informativas como su nombre la indica tienen el objetivo de dar alguna información ya sea de carácter de servicio o de circulación al conductor que transita por una carretera o por un tramo urbano. Estas señales mejoran los servicios que puedan presentarse a lo largo de una carretera como ser restaurante, hoteles, estaciones de servicio, gasolineras, teléfono, cuyas características están también codificadas en el manual del S.N.C

2.8.1.2.2.3 .1 CARACTERÍSTICAS DE SEÑALES INFORMATIVAS

Las características de las señales informativas si bien están normalizadas en colores y dimensiones de algunos de ellos existen otras cuyas dimensiones se determinan de acuerdo al tipo de proyecto. En cuanto a las señales informativas para servicio la norma es de que estas tengan la dimensión de 0.60 x 0.90 con un fondo azul un recuadro en la parte superior de 0.40 x 0.40 con fondo blanco de pintura reflectiva en cuyo interior estará la señal especificado de acuerdo al manual existente esa señal es de color negro.

Las señales de orden de circulación no tiene establecidos una dimensión dejándose a criterio del proyectista determinar las dimensiones más adecuados tratando de que estas en lo posible sean rectangulares con la base horizontal mayor y la base menor vertical,

lo que sí está establecido de que estas deben tener un fondo verde con pintura reflectiva y la nomenclatura que se tenga sobre ella tenga el color blanco que pueden ser alfabéticos, numéricos o flechas direccionales.

2.8.1.2.2.3 .2 UBICACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES

La ubicación de las señales verticales se establece de acuerdo de que si este va a estar en un trazo urbano o va a estar en un tramo rural o carretera.

Si está ubicado en un tramo urbano las señales verticales se colocaran a una distancia mínima de 0.60 mts. del borde de la calzada y una altura mínima de 2 metros apoyado sobre un poste que puede ser metálico de 3 o 4 pulgadas de diámetro que tendrá que ser pintado de color gris, puede ser de madera de dimensión rectangular de 0.15 x 0.15 o de hormigón de 0.15 a 0.20 de lado.

En el caso de las carreteras las señales verticales deber ser colocadas a una distancia de 1.20 a 4 mts a partir del borde de la plataforma y a una altura de 2 metros con referencia o la rasante de la carretera, igualmente estará apoyada sobre postes que pueden ser metálicos, de madera u Hormigón en las dimensiones ya indicadas.

2.9 TEORÍA DE FILAS

2.9.1 DEMORAS Y FILAS ASOCIADAS

El congestionamiento se debe a que en los periodos de máxima demanda, la velocidad del flujo vehicular va reduciendo logrando que el sistema tienda a saturarse dando origen a las demoras y filas asociadas.

Las demoras y las filas son fenómenos de espera que es resultado del congestionamiento y está asociado a muchos problemas de tránsito, por lo general, las demoras se debe a la variabilidad del flujo de tránsito. Para el análisis de este fenómeno se hace uso de algoritmos y modelos matemáticos.

El servicio prestado en una o más estaciones para cada llegada toma cierto tiempo o demora lo cual da origen a las filas.

Se define la fila, como el número de vehículos que esperan ser servidos, sin incluir aquellos que están siendo atendidos.

2.9.2 CAUSAS POR LAS QUE SE GENERA UNA DEMORA

El flujo vehicular puede ser interrumpido por:

a) Dispositivos de control de tránsito. Como ser:

- Semáforos.
- Señales de ALTO.
- Señales de CEDA EL PASO.

b) La corriente vehicular en situaciones de flujo vehicular continuo. Como ser:

- Demoras periódicas que ocurren corriente arriba de “Cuellos de Botella”.
- Demoras no periódicas debido a los accidentes, vehículos descompuestos, cierres eventuales de un carril o calzada.

2.9.3 CAUSAS POR LAS QUE SE GENERA UNA FILA

Se genera una fila cuando los usuarios (vehículos) llegan a una estación de servicio cualquiera, ya sea:

- Un estacionamiento.
- Una intersección con semáforo o no.
- Un “Cuello de Botella”.
- Un enlace de entrada a una Autopista.
- Un carril especial de vuelta.

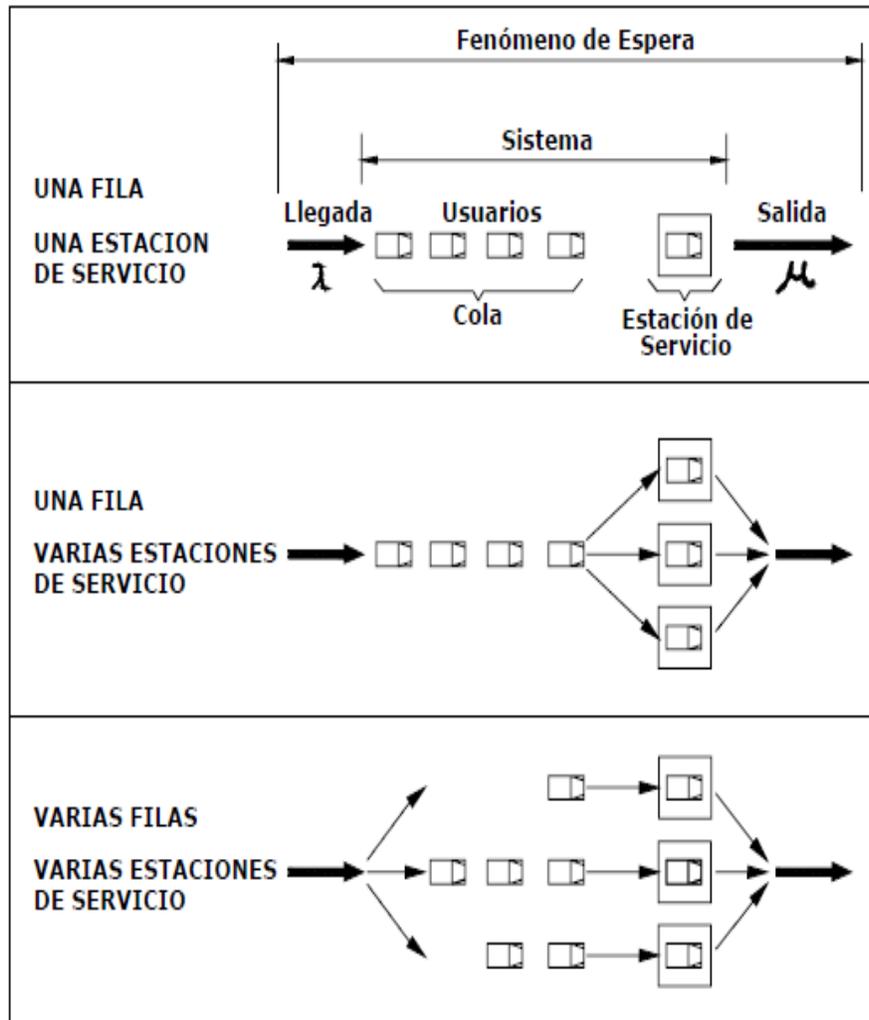
2.9.4 TIPOS DE FILA

Los tipos de fila pueden ser:

- Una fila y una estación de servicio.
- Una fila y varias estaciones de servicio.

- Varias filas y varias estaciones de servicio.

Figura N° 7 DIVERSOS SISTEMAS DE FILAS DE ESPERA



Ref. Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor R. & James Cárdenas G.

2.9.5 ELEMENTOS QUE CARACTERIZAN A LA FILA

Los vehículos llegan al sistema a una tasa de llegadas λ . Entran a la estación de servicio si está desocupada, donde son atendidos a una tasa media de servicio μ , equivalente a la tasa de salidas. Si la estación de servicio está ocupada se forman en la cola a esperar ser atendidos. Este proceso descrito está conformado por los siguientes elementos que presenta la fila:

2.9.6 ANÁLISIS DE LA CONGESTION POR MEDIO DE FILAS EN INTERSECCIONES CON SEMAFORO

Para poder analizar la congestión mediante la fila es necesario obtener información con aforos de cola para poder determinar el número de cola existente en el semáforo y así poder comparar el número de filas permitidas en un determinado intersección con semáforo.

2.9.7 NÚMERO PERMITIDOS DE FILAS EN UNA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO.

En todas las intersecciones reguladas por semáforos existen demoras y producción de filas con forme van llegando los vehículos a los diferentes accesos, por este motivo la creación de filas es inevitable es en ese sentido que se puede obtener un valor permitido se vale el termino de filas antes de que dichas filas causen congestionamientos y muchas demoras.

El número de filas permitidas viene dado de la siguiente manera:

$$N^{\circ}DEVEH. = \frac{Dist. de acceso}{Dist. promedio de veh} - 2 \quad \text{Ec. N 4}$$

Ref., Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas

Donde:

$N^{\circ}DEVEH.$ = Numero de vehículos permitidos en fila

$Dist. de acceso$ = Distancia del acceso en (mts)

$Dist. promedio de veh.$ = distancia promedio de vehículo (6 mts)

Para realizar la comparación con las filas obtenidas mediante aforos, se lo realiza con el 50% de número de filas permitidas es decir. Una vez obtenido el 50% del valor de filas permitidas se realiza a la comparación de las filas obtenidas para poder determinar en qué cantidad se sobrepasan los valores

Si más de los 50 % de los valores se sobrepasen se dice que esta intersección está trabajando con congestionamiento.

APLICACIÓN PRÁCTICA

1.1 3.1. ENFOQUE DE LA APLICACIÓN

El estudio de señalización y semaforización para solucionar los problemas de tráfico en la intersección de las av. Delio Echazú y Gamoneda pertenecientes al distrito 9 y 10 de la ciudad de Tarija. El tramo de estudio cuenta con 5 intersecciones 4 de estas tienen semáforos y una no cuenta con semáforos donde se realizó la evaluación del tráfico actual en cada una de

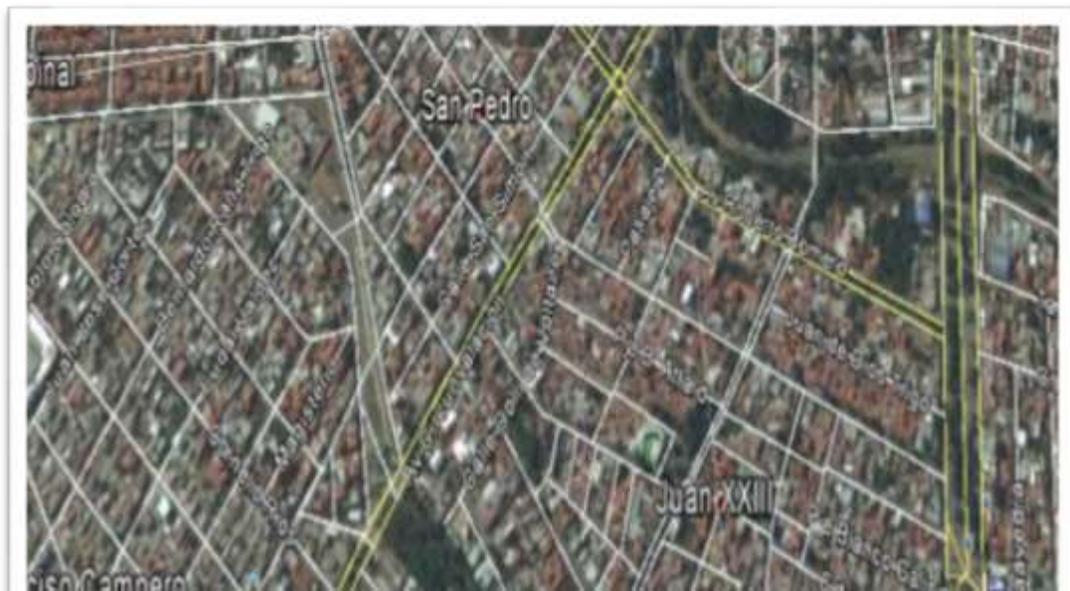
ellas, las intersecciones semaforizadas cuentan con ciclos de tiempos distintos. Para el diseño y rediseño de tiempos de los semáforos se evaluó en tráfico en las intersecciones semaforizadas mediante la teoría de filas. El método de evaluación se basa en el manual de capacidad de carreteras del capítulo de intersecciones reguladas por semáforos, mostrando los cálculos necesarios para realizar nuestro proyecto.

3.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de Tarija perteneciente a la Provincia Cercado del departamento de Tarija, en los barrios Juan XXIII del distrito 10 y el barrio Aniceto del distrito 9.

El barrio Juan XXIII y Aniceto Arce cuentan con 74 manzanos aproximadamente, el tráfico vehicular en esta zona es variado, ya que por estas avenidas circulan toda clase de vehículos como: automóviles, camionetas, camiones (volquetas), microbuses, vagonetas, mini buses y motos.

3.2.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Google Earth

El área a ser estudiada está delimitada por las avenidas DELIO ECHAZÚ, CIRCUNVALACIÓN, ROBERTO ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA pertenecientes al barrio JUAN XXIII Y ANICETO ARCE.

En el área de estudio se cuenta con 4 semáforos que están en funcionamiento y están ubicados en:

A) La intersección de la Av. Gamoneda y Av. Circunvalación (LAT. 21°32'1.25"S Y LONG. 64°42'59.21"O)

B) La intersección de la Av. Font y Av. Circunvalación (LAT. 21°32'17.09"S Y LONG. 64°42'43.23"O)

C) La intersección de la Av. Romero y Av. Jaime Paz Zamora (LAT. 21°32'35.43"S Y LONG. 64°42'49.29"O)

D) En la Av. Jaime Paz Zamora y Las Brasas (LAT. 21°32'33.94"S Y LONG. 64°42'56.19"O)

La intersección más crítica y con mayores problemas en el tráfico vehicular es la intersección de las Av. Gamoneda y Circunvalación junto con la Av. Delio Echazu Y Av. Gamoneda debido a que dicha intersección no cuenta con semáforos para poder ordenar el tráfico de manera eficiente

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

PUNTOS DE ANÁLISIS DE TRÁFICO VEHICULAR

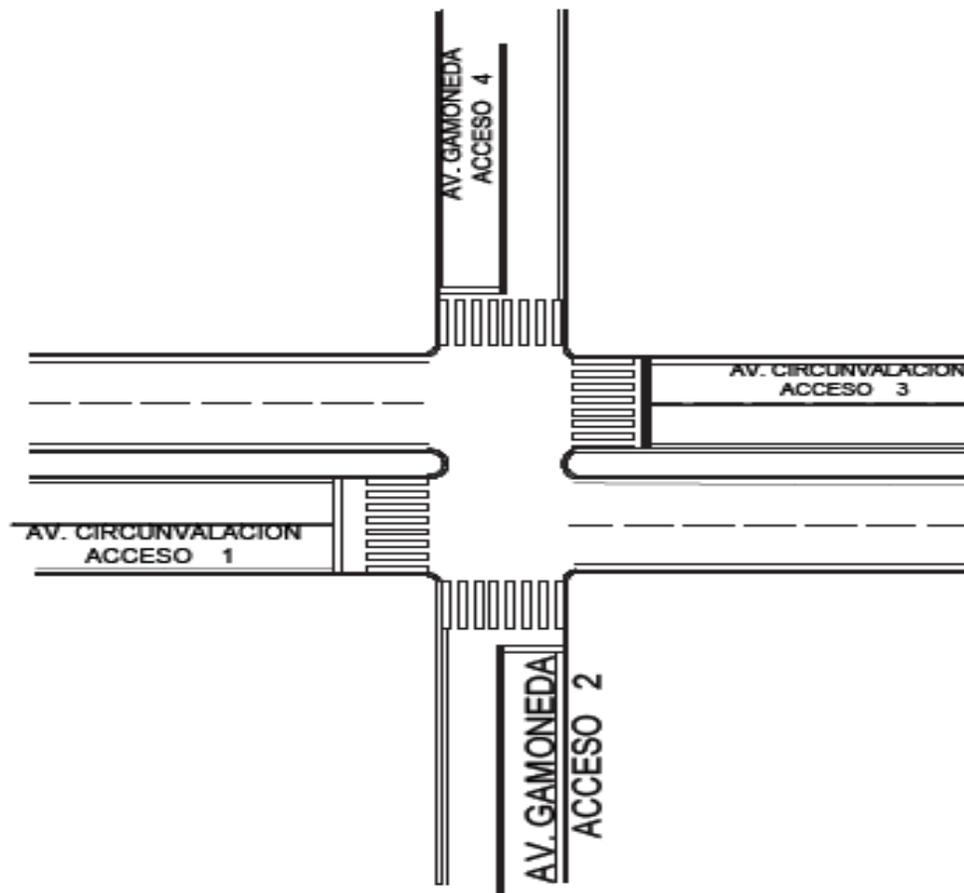


Fuente: Google Earth

3.2.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y FUNCIONALES

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y AV. CIRCUNVALACIÓN

- CROQUIS



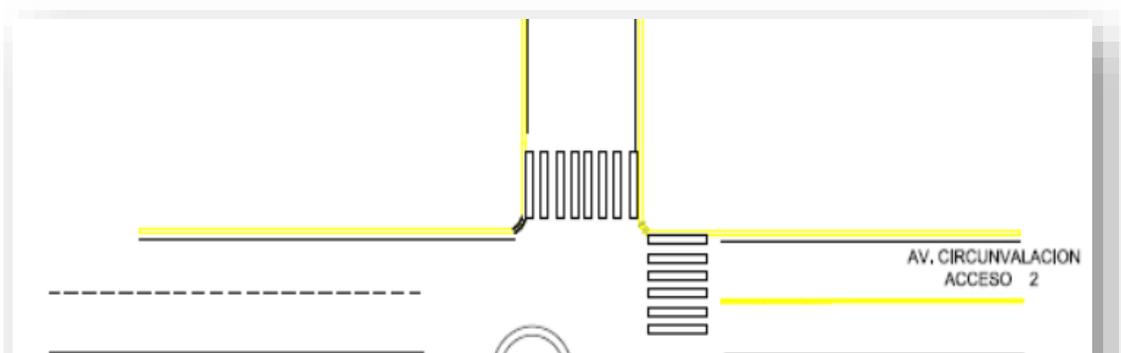
Fuente: Elaboración propia

Esta intersección está ubicada al este de la ciudad de Tarija (latitud $21^{\circ}32'1.25''S$ y longitud $64^{\circ}42'59.21''O$), cuenta con cuatro accesos cada uno con diferentes anchos de carril desde 3.5 hasta 5.30, los cuatro accesos tienen giros a la derecha, izquierda y recto no cuentan con estacionamiento y el flujo de peatones es muy limitado,

Esta intersección cuenta con semáforos en funcionamiento los cuales tienen un tiempo de ciclo de 36 seg. Los vehículos que transitan por la zona son los vehículos livianos, vehículos medianos y vehículos pesados.

B) INTERSECCIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN Y MONSEÑOR FONT

- **CROQUIS**



Fuente: Elaboración propia

Esta intersección está ubicada al este de la ciudad de Tarija (latitud $21^{\circ}32'17.09''S$ y longitud $64^{\circ}42'43.23''O$), cuenta con tres accesos cada uno con diferentes anchos de carril desde 5.5 hasta 7.5, los tres accesos tienen giros a la derecha, izquierda y recto no cuentan con estacionamiento y el flujo de peatones es muy limitado, esta intersección tiene la particularidad de tener una mini rotonda para que puedan girar hacia la izquierda con más seguridad, todos los accesos cuentan con semáforos y los accesos tienen señalización horizontal y vertical en mal estado.

C) INTERSECCIÓN AV. ROBERTO ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

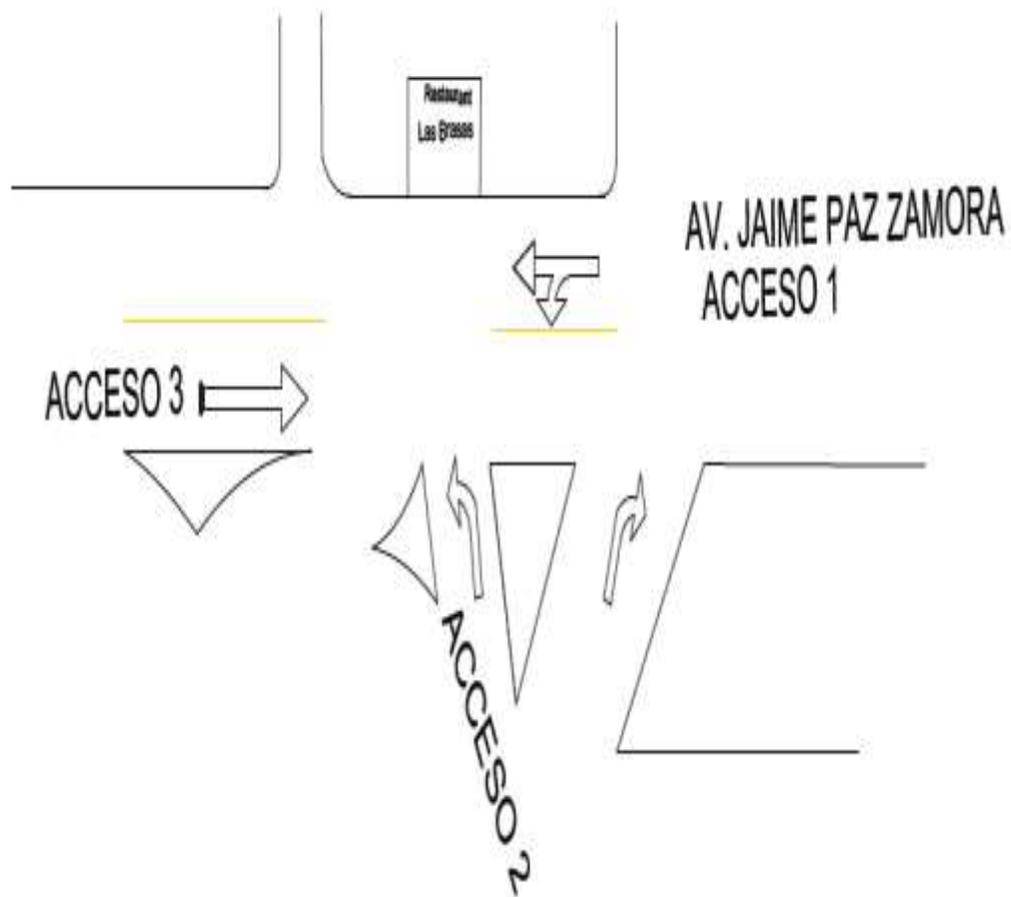
- **CROQUIS**



Fuente: Elaboración propia

Esta intersección está ubicada al este de la ciudad de Tarija (latitud $21^{\circ}32'35.43''S$ y longitud $64^{\circ}42'49.29''O$), cuenta con tres accesos cada uno con diferentes anchos de carril desde 3.5 hasta 5 metros , los tres acceso solo tienes 2 movimientos , el acceso 1 no tiene giro hacia la izquierda , el acceso 2 no cuenta con giro hacia la derecha y el acceso 3 no cuenta con el movimiento de frente, todos los accesos cuentan con semáforos y ninguno de los accesos tienen señalización horizontal y vertical adecuada

D) SEMAFORO AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRAZAS

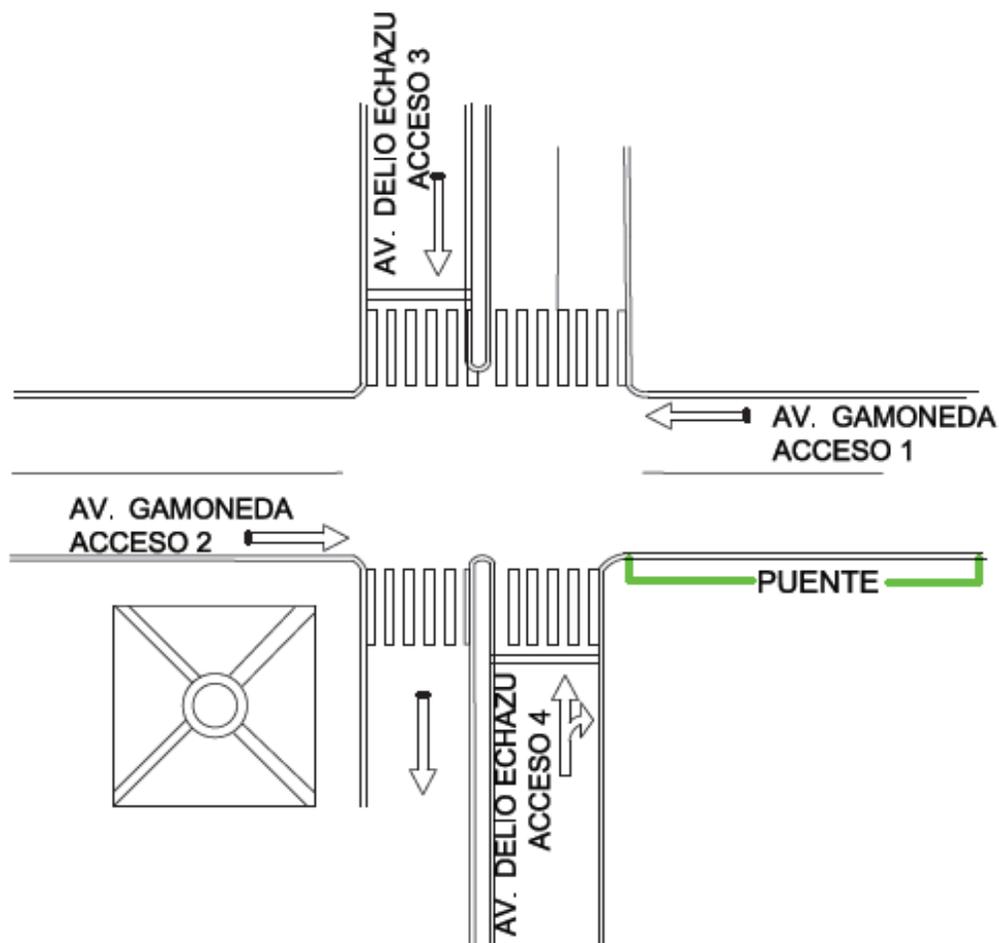


Fuente: Elaboración propia

Esta intersección está ubicada al este de la ciudad de Tarija (latitud $21^{\circ}32'33.86''S$ y longitud $64^{\circ}42'56.23''O$), cuenta con tres accesos cada uno con diferentes anchos de carril desde 3.5 m. Hasta 5 m, esta intersección está cerca de una rotonda, la rotonda San Gerónimo el acceso 1 no cuenta con giro hacia la derecha, el acceso 2 tiene la particularidad de ser muy pequeño debido a que se encuentra en medio de dos avenidas principales el acceso 3 no tiene ningún giro permitido solo tiene el movimiento de frente, todos los accesos cuentan con semáforos y todos de los accesos tienen señalización horizontal y vertical adecuada

2 E) INTERSECCIÓN AV. DELIO ECHAZÚ Y AV. GAMONEDA

- CROQUIS



Fuente: Elaboración propia

Esta intersección está ubicada al este de la ciudad de Tarija (latitud $21^{\circ}32'7.66''S$ y longitud $64^{\circ}43'7.70''O$), cuenta con cuatro accesos cada uno con diferentes anchos de carril desde 3.5 hasta 4 metros, los cuatro accesos tienen giros a la derecha, izquierda y recto no cuentan con estacionamiento y el flujo de peatones es muy limitado, esta intersección no cuenta con semáforos actualmente cuenta con señalización vertical y horizontal en mal estado.

3.3 AFOROS DE CAMPO PARA OBTENER INFORMACIÓN

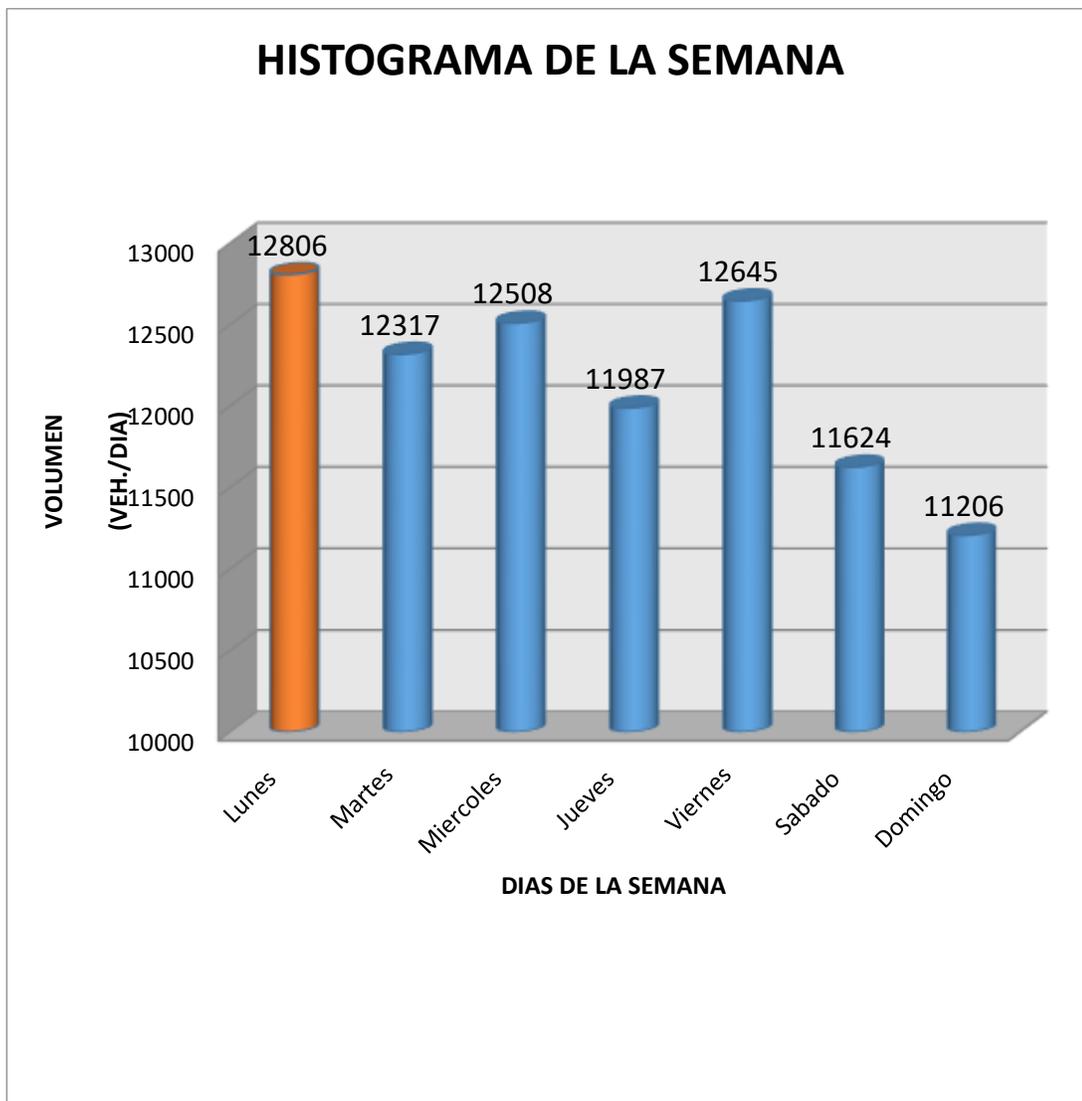
Con el propósito de conocer la demanda actual, se realizaron aforos de volúmenes de tráfico y velocidades en cada una de las intersecciones desde la intersecciones de la av. Delio Echazú hasta las intersección de la av. Jaime Paz Zamora a la altura de las brasas, tanto los volúmenes como las velocidades se realizaron en las horas picos, tres horas por días, dos días hábiles y un día no hábil durante cuatro semanas (un mes). Lo que nos permite conocer las características de flujo vehicular en cada intersección con sus accesos con el tipo de (vehículo pesado, mediano, liviano), y su movimiento (giro derecha, recto, giro izquierdo) según corresponde a cada punto de estudio.

2.1.1 3.4 DETERMINACIÓN DE LAS HORA PICO DE TRÁFICO VEHICULAR

Para determinar las horas pico de tráfico vehicular realizamos el aforo correspondiente durante una semana completa para determinar el día pico, una vez identificado el día pico se contabilizo los volúmenes desde las 6 am hasta las 21 horas, sobre la avenida Gamoneda y sobre la avenida Delio Echazú, contabilizamos los vehículos en las dos direcciones para poder determinar el histograma y encontrar nuestras horas pico para la zona de estudio.

Grafica N° 3.1

horas	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
6:00 - 21:00	12806	12317	12508	11987	12645	11624	11206



Fuente: Elaboración Propia

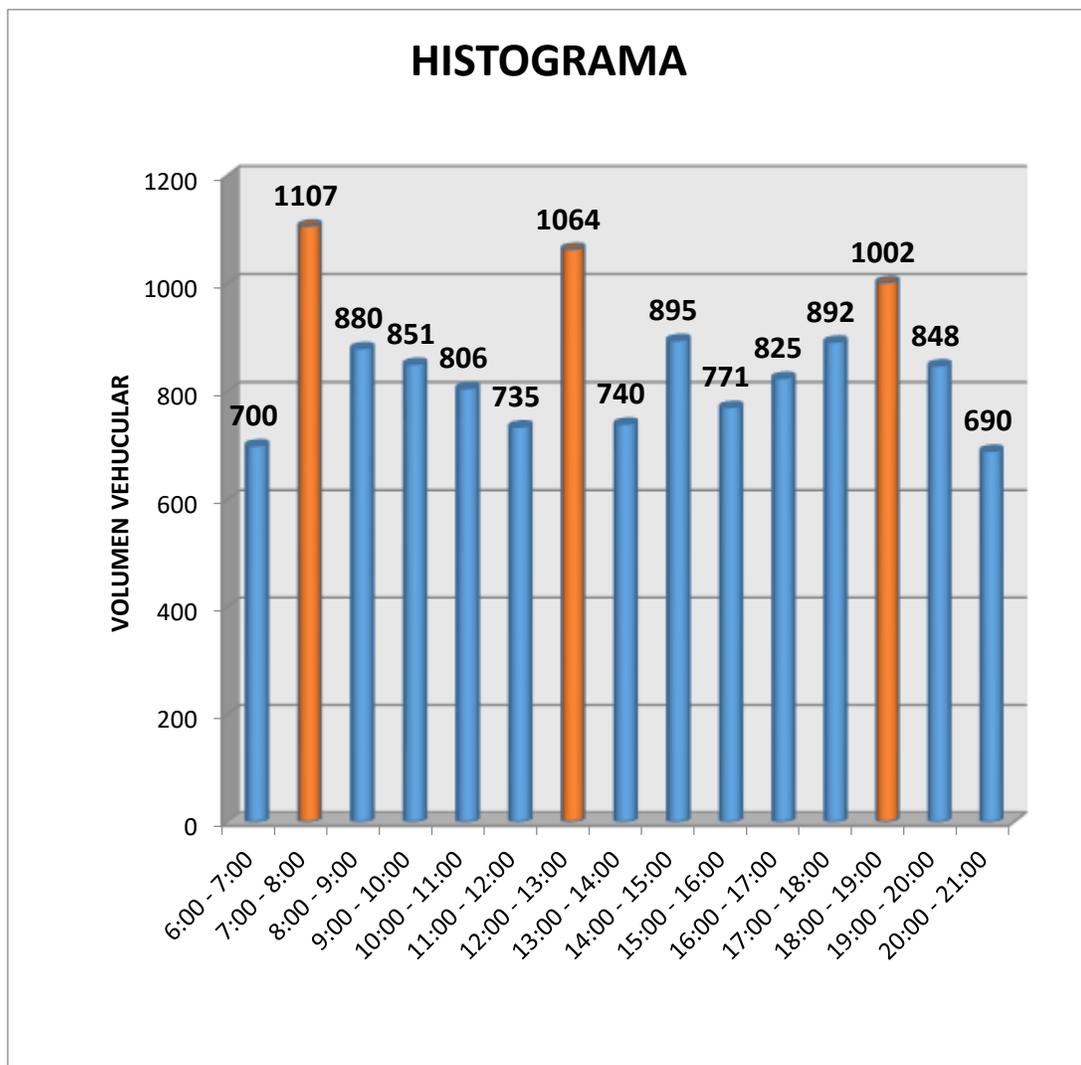
A través del aforo realizado durante una semana, se puede notar que el lunes es el día donde existe mayor volumen de tráfico vehicular por lo que se considera este el día pico de la semana,

TABLA 3.1 DE AFORO PARA DETERMINAR HORA PICO DE TRÁFICO

TIEMPO			TOTAL
6:00 - 7:00	380	320	700
7:00 - 8:00	480	627	1107
8:00 - 9:00	450	430	880
9:00 - 10:00	408	443	851
10:00 - 11:00	400	406	806
11:00 - 12:00	400	335	735
12:00 - 13:00	584	480	1064
13:00 - 14:00	351	389	740
14:00 - 15:00	429	466	895
15:00 - 16:00	386	385	771
16:00 - 17:00	401	424	825
17:00 - 18:00	482	410	892
18:00 - 19:00	520	482	1002
19:00 - 20:00	436	412	848
20:00 - 21:00	370	320	690

Fuente: Elaboración Propia

GRAFICA 3.1.1 HISTOGRAMA DE HORAS PICO



Fuente: Elaboración Propia

Las columnas de color rojo son el resultados de las horas pico que quedaran establecidas para todo el desarrollo del estudio de señalización y semaforización para solucionar los problemas de tráfico vehicular en la intersección de la avenida Delio Echazú y avenida Gamoneda de la ciudad de Tarija.

Las horas pico son de 6:00 a 7:00; 12:00 a 13:00; 18:00 a 19:00 debido a que la suma de los volúmenes de los dos sentidos que fueron aforados en la av. Gamoneda son los más elevados.

3.5 DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES VEHICULARES

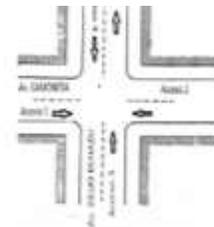
Con las horas pico ya definidas se procedió a realizar el aforo de volúmenes en las 3 horas correspondientes de cada día, dos días hábiles y un día no hábil durante un mes (7:00-8:00, 12:00-13:00, 18:00-19:00), ubicándose en cada acceso de la intersección anotando la clasificación correspondiente mediante la siguiente planilla que elaboramos para este estudio , la planilla está diseñada para poder clasificar los vehículos que transitan por la zona de estudio , clasificándose en livianos(privados y públicos) medianos y pesados , también podemos determinar los volúmenes de giros dependiendo de cada acceso, giro a la derecha , directo y giro a la izquierda .

PLANILLA DE AFOROS DE VOLÚMENES

PLANILLA DE VOLUMENES

FECHA.....

UBICACIÓN.....



HORA	ACCESO.....						
	CLASIFICACION DE VEHICULOS				GIROS		
	LIVIANOS		MEDIANOS	PESADOS	IZQ. ↶	RECTO ↑	DER. ↷
	PRIVADOS	PUBLICOS					
7:00-8:00							
12:00-13:00							
18:00-19:00							

Fuente: Elaboración Propia

3.6 DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES:

Para sacar la velocidad de punta se analizó todos los accesos de cada intersección: donde se midió una distancia de antes de llegar al acceso, aproximadamente se marcó unos 25 metros donde se empezó cronometrar los tiempo que tardan en pasar cada 5 vehículos el flujo vehicular en dicha distancia marcada, durante las mismas horas picos y días ya mencionados.

Tabla N. ° 3.2 RESULTADOS DE LOS AFOROS DE VELOCIDADES

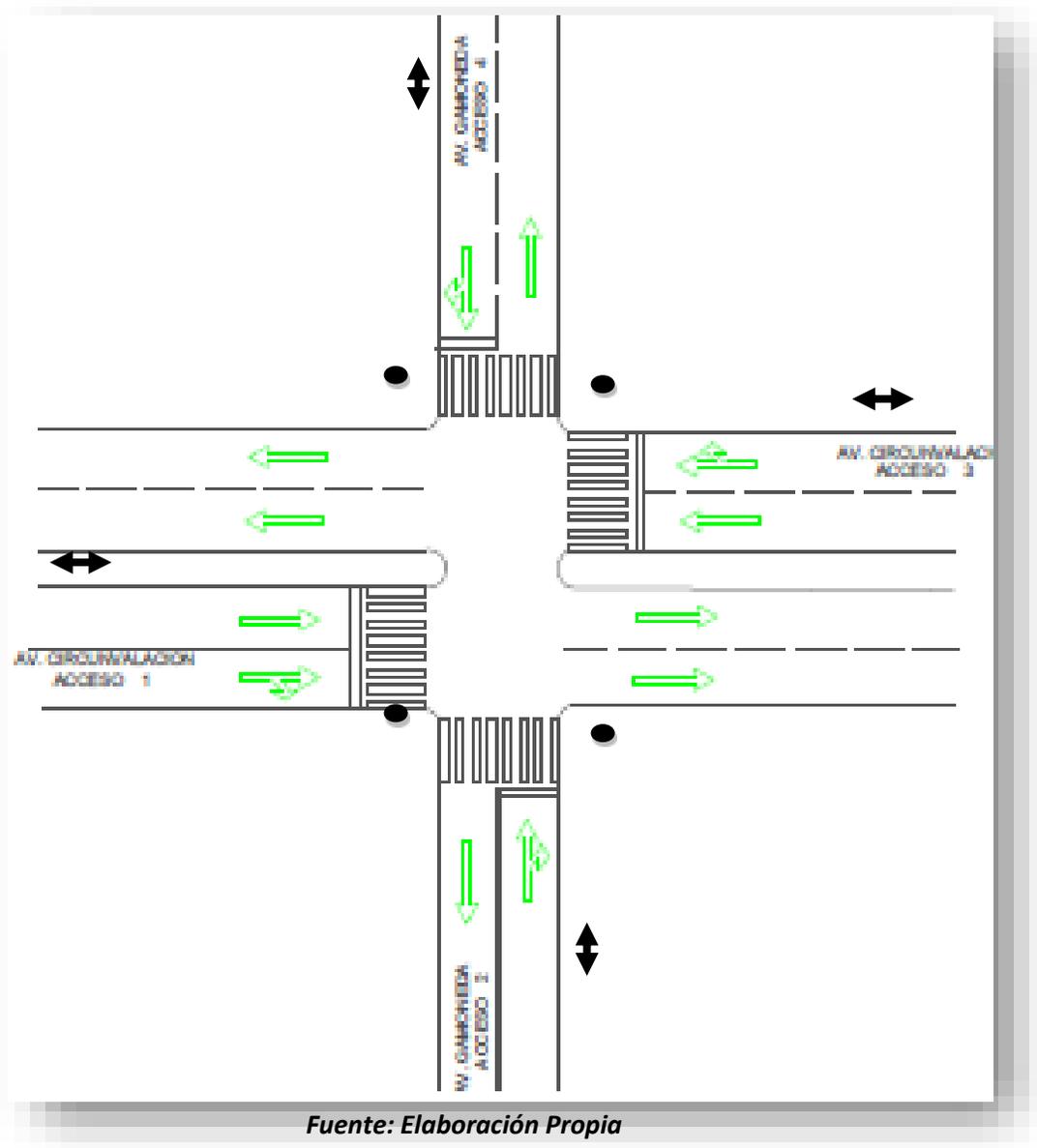
TABLA DE VELOCIDADES DE PUNTA DE LOS DIFERENTES ACCESOS					
		ACCESO 1	ACCESO 2	ACCESO 3	ACCESO 4
	INTERSECCION	VEL (Km/H)	VEL (Km/H)	VEL (Km/H)	VEL (Km/H)
2.2 A	CIRCUNVALACION	26,11		27,36	
	GAMONEDA		28,42		29,22
2.3 B	FONT			35,27	
	CIRCUNVALACION	28,87	33,05		
2.4 C	JAIME PAZ ZAMORA	30,60	29,79		
	ROMERO			33,45	
2.5 D	JAIME PAZ ZAMORA	29,16	32,46		
	LAS BRAZAS				
2.6 E	AV. DELIO ECHAZU			28,04	28,14
	AV. GAMONEDA	26,07	26,03		

Fuente: Elaboración Propia

PUNTOS DE AFORO Y RESULTADOS DE VOLUMEN VEHICULAR

A) INTERSECCIÓN DE LA AV. GAMONEDA y CIRCUNVALACIÓN

GRÁFICA Nº 3.3 DE PUNTOS DE AFOROS DE VOLÚMENES Y VELOCIDADES AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN



Los puntos negros de la gráfica nos muestran los puntos de aforos para determinar el volumen vehicular y las flechas indican los puntos de aforo de velocidades.

Tabla Nº 3.4 Resultado de los volúmenes Veh/hr

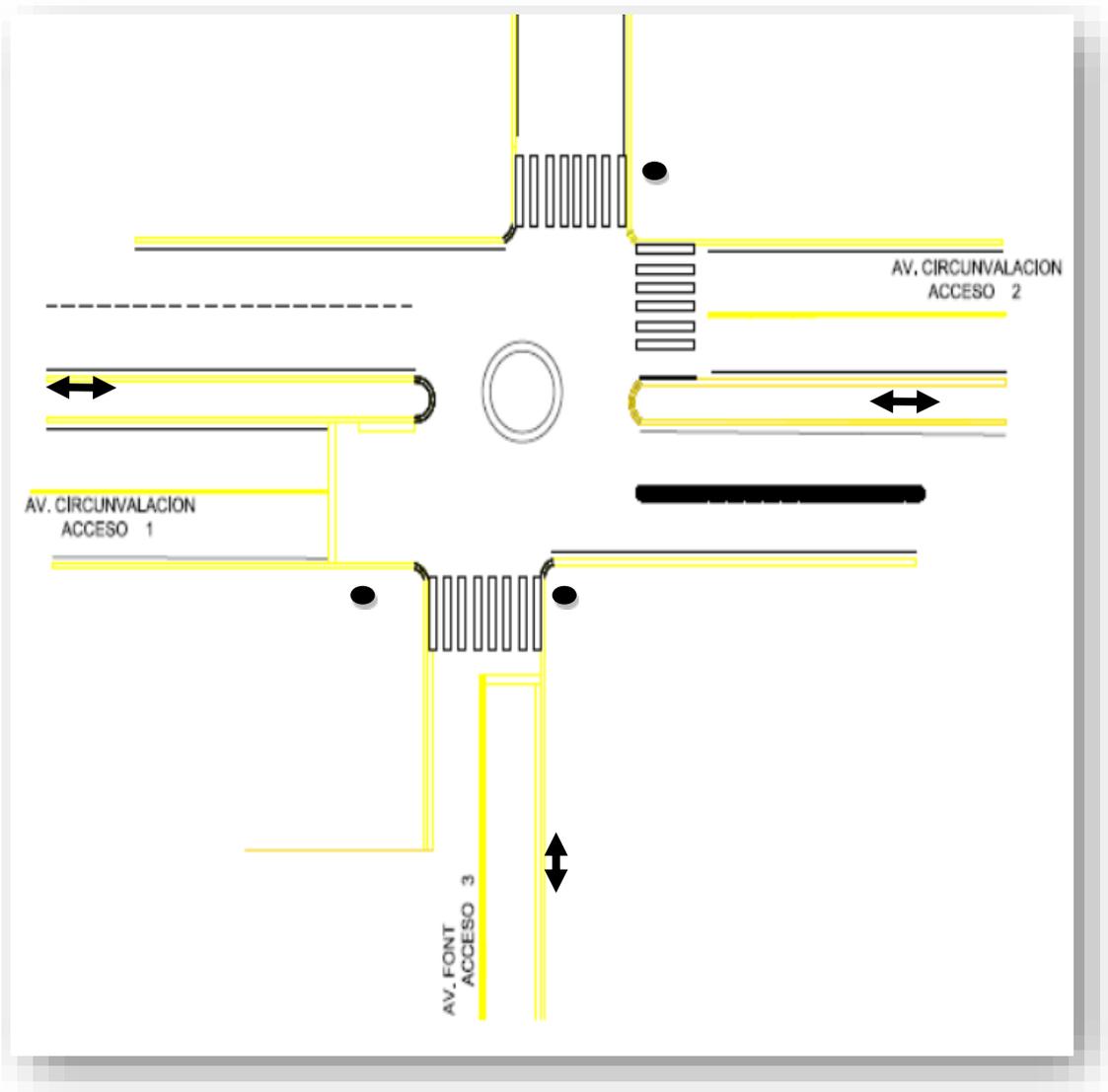
Intersección Av. Circunvalación y Gamoneda

ACCESO 1				
Av. Circunvalación	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	TOTAL (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	118	575	60	753
total en %	15,67	76,36	7,97	100
ACCESO 2				
Av. GAMONEDA	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	143	248	159	550
total en %	26,00	45,09	28,91	100
ACCESO 3				
Av. Circunvalación	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	132	580	66	778
total en %	16,97	74,55	8,48	100
ACCESO 4				
Av. GAMONEDA	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	49	180	171	400
total en %	12,25	45,00	42,75	100

Fuente: Elaboración Propia

B) INTERSECCIÓN AV. FONT Y CIRCUNVALACIÓN

GRÁFICA N° 3. 4 DE PUNTOS DE AFOROS DE VOLÚMENES Y VELOCIDADES AV. FONT Y CIRCUNVALACION



Fuente: Elaboración Propia

Las flechas mostradas en la figura son el lugar donde se aforo los tiempos para determinar las velocidades de punta con una distancia de 25 metros y los puntos negros son los lugares donde se realizaron los aforos de volúmenes vehiculares.

Tabla N° 3.5 Resultado de los volúmenes Veh/hr

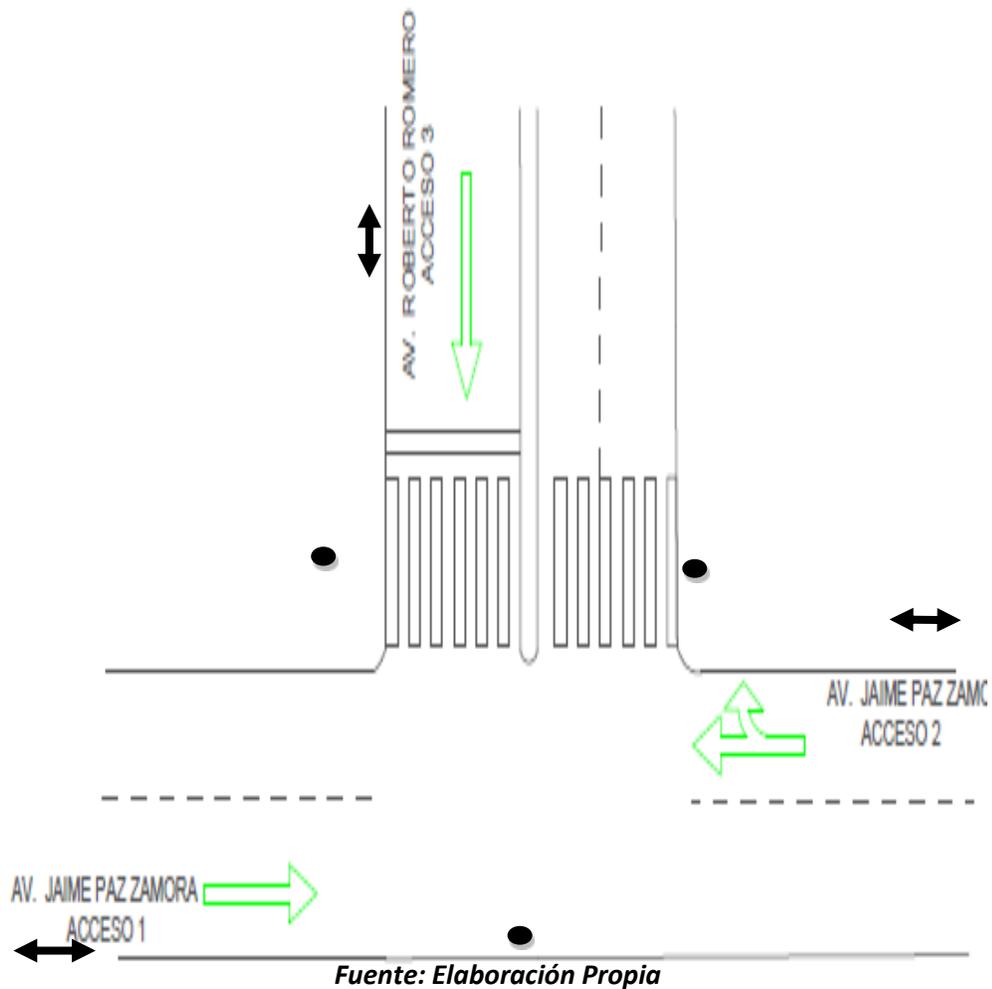
Intersección Av. Font y Circunvalación

ACCESO 1				
AV. Circunvalación	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	TOTAL (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	35	557	26	618
total en %	5,66	90,13	4,21	100
ACCESO 2				
AV. Circunvalación	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	55	637	14	706
total en %	7,79	90,23	1,98	100
ACCESO 3				
AV. Font	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	121	167	122	410
total en %	29,51	40,73	29,76	100

Fuente: Elaboración Propia

C) INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA

**GRÁFICA N° 3. 5 DE PUNTOS DE AFOROS DE VOLÚMENES Y VELOCIDADES AV. ROMERO Y
JAIME PAZ ZAMORA**



Las flechas mostradas en la figura son el lugar donde se aforo los tiempos para determinar las velocidades de punta con una distancia de 25 metros y los puntos negros son los lugares donde se realizaron los aforos de volúmenes vehiculares

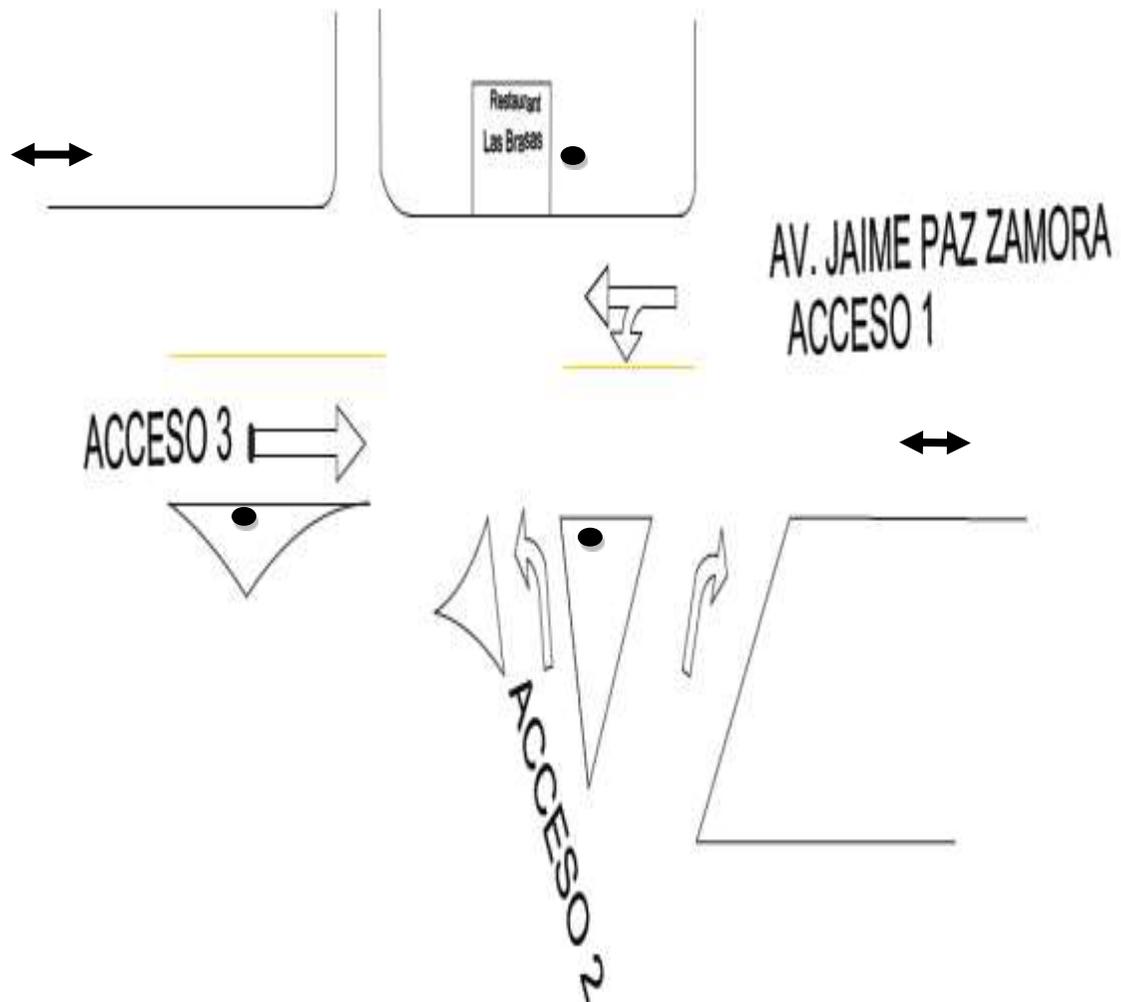
Tabla 3.6 RESULTADO DE LOS VOLÚMENES VEH/HR

INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

ACCESO 1				
AV. Jaime Paz Zamora	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	TOTAL (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	117	0	200	317
total en %	36,91	0,00	63,09	100
ACCESO 2				
AV. Jaime Paz Zamora	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	0	463	81	544
total en %	0,00	85,11	14,89	100
ACCESO 3				
Av. Romero	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	86	0	213	299
total en %	28,76	0,00	71,24	100

Fuente: Elaboración Propia

D) SEMAFORO JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS



Fuente: Elaboración Propia

NOTA: Los puntos negros de la gráfica nos muestran los puntos de aforos para determinar el volumen vehicular y las flechas indican los puntos de aforo de velocidades con una distancia de 25 metros

Tabla 3.7 RESULTADO DE LOS VOLÚMENES VEH/HR

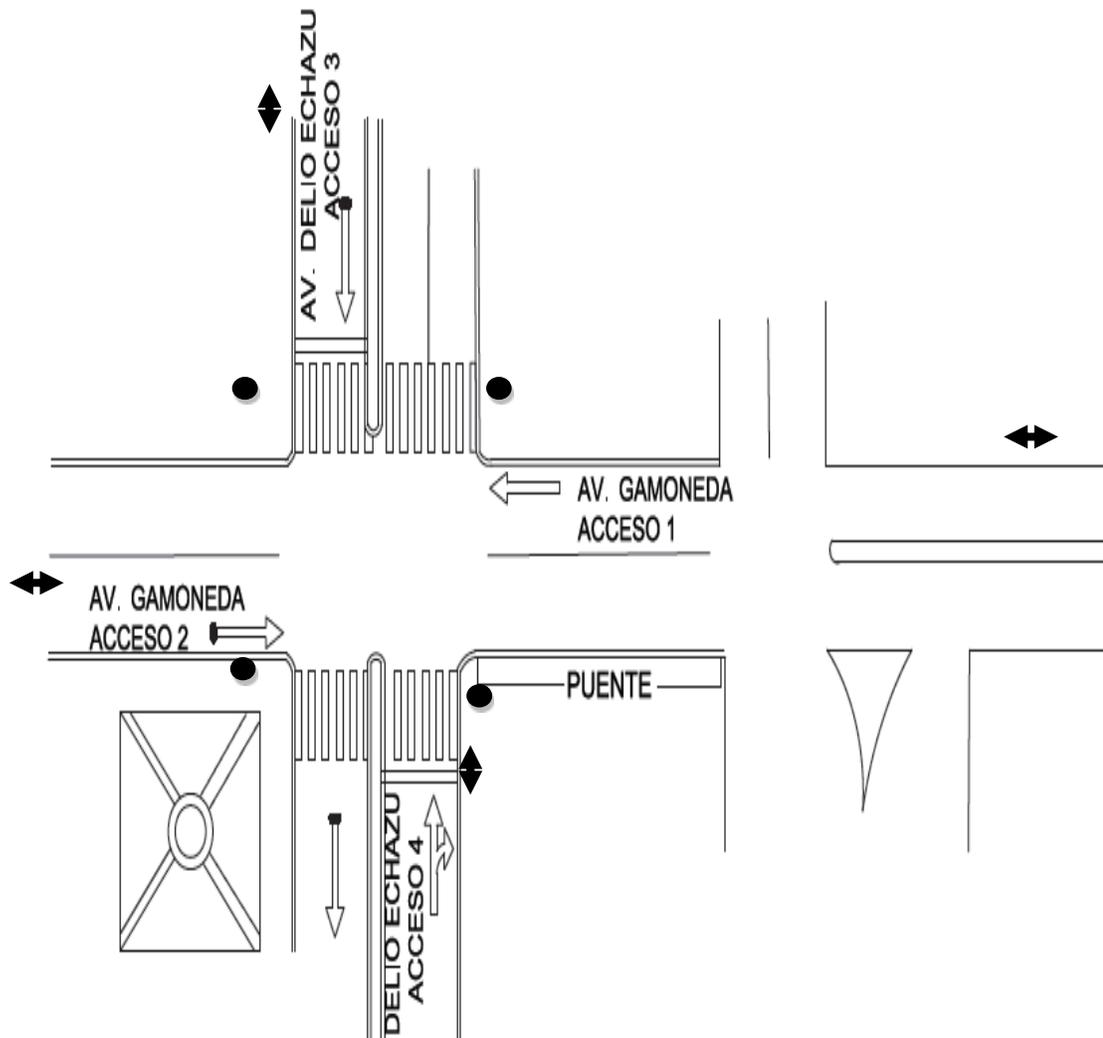
AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

ACCESO 1				
AV. Jaime Paz Zamora	G. Izq. (veh/hr)	frente (veh/hr)	G. Der (veh/hr)	TOTAL (veh/hr)
total *mov (veh/hr)	128	506	0	634
total en %	20,19	79,81	0,00	100
ACCESO 2				
Las Brazas	G. Izq. (veh/hr)	frente (veh/hr)	G. Der (veh/hr)	total (veh/hr)
total *mov (veh/hr)	156	0	0	156
total en %	100,00	0,00	0,00	100
ACCESO 3				
AV. Jaime Paz Zamora	G. Izq. (veh/hr)	frente (veh/hr)	G. Der (veh/hr)	total (veh/hr)
total *mov (veh/hr)	0	196	0	196
total en %	0,00	100,00	0,00	100

Fuente: Elaboración Propia

E) INTERSECCIÓN DE LA AV. DELIO ECHAZÚ Y AV. GAMONEDA

GRÁFICA N° 3.2 DE PUNTOS DE AFOROS DE VOLÚMENES Y VELOCIDADES AV. DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA



Fuente: Elaboración Propia

Los puntos negros de la gráfica nos muestran los puntos de aforos para determinar el volumen vehicular y las flechas indican los puntos de aforo de velocidades con una distancia de 25 metros

Tabla N° 3.8 Resultado de los volúmenes Veh/hr

Intersección Av. Delio Echazú y Gamoneda

ACCESO 1				
GAMONEDA	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	TOTAL (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	107	300	217	624
total en %	17,15	48,08	34,78	100
ACCESO 2				
GAMONEDA	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	93	279	7	379
total en %	24,54	73,61	1,85	100
ACCESO 3				
DELIO ECHAZU	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	143	145	144	432
total en %	33,10	33,56	33,33	100
ACCESO 4				
DELIO ECHAZU	G. Izq. (Veh/hr)	frente (Veh/hr)	G. Der (Veh/hr)	total (Veh/hr)
total *mov (Veh/hr)	10	120	95	225
total en %	4,44	53,33	42,22	100

Fuente: Elaboración Propia

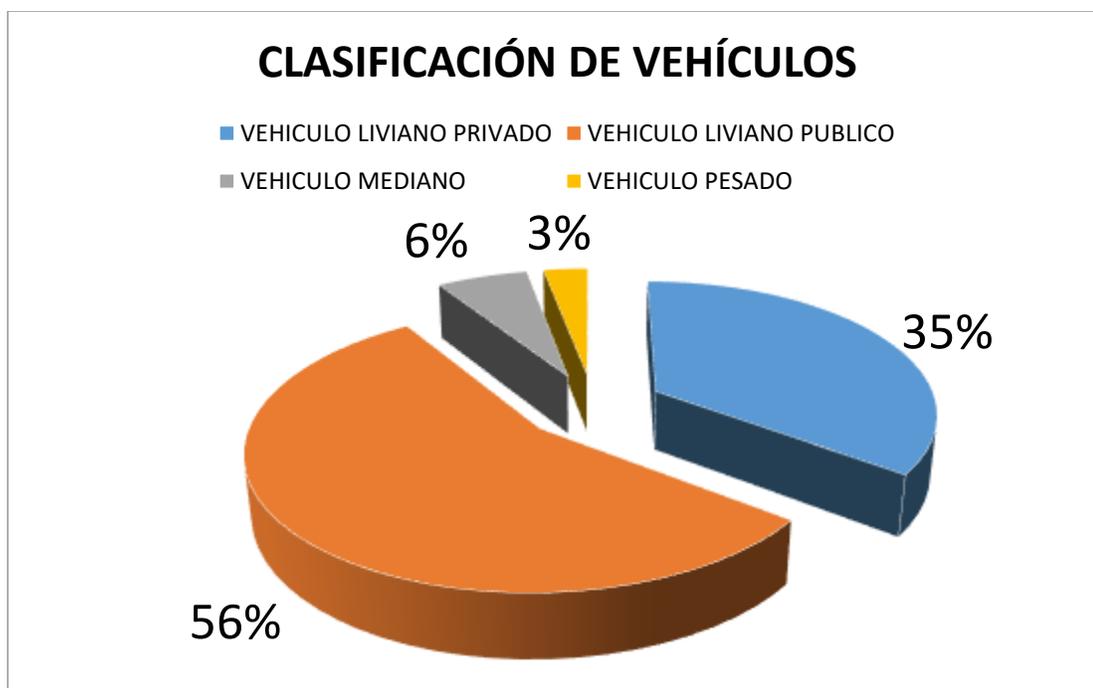
3.7 PROCESAMIENTO EN GABINETE DE INFORMACIÓN DE TRÁNSITO

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

Tabla: 3.7 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

TOTAL	2361	
VEHICULO LIVIANO PRIVADO	35,3	%
VEHICULO LIVIANO PUBLICO	55,6	%
VEHICULO MEDIANO	6,1	%
VEHICULO PESADO	3,0	%
TOTAL	100	%

GRÁFICA Nº 3. 6 CLASIFICACION DE VEHÍCULOS



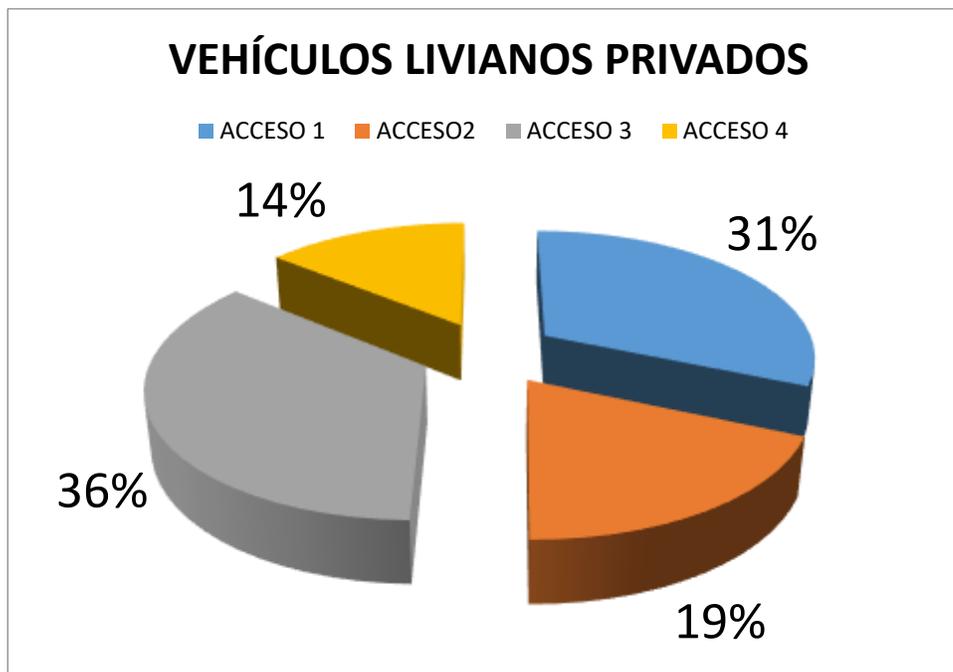
Clasificación de los vehículos que transitan toda la intersección, los vehículos livianos se dividió en dos (los livianos públicos y los livianos privados) para tener un dato más detallado de los vehículos que transitan en la zona.

3.7.1 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE CADA ACCESO DE LA INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

Tabla 3.8 VEHÍCULOS LIVIANOS PRIVADOS

TOTAL	832	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	31,47	%
ACCESO 2	18,76	%
ACCESO 3	35,64	%
ACCESO 4	14,13	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3.7 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PRIVADOS

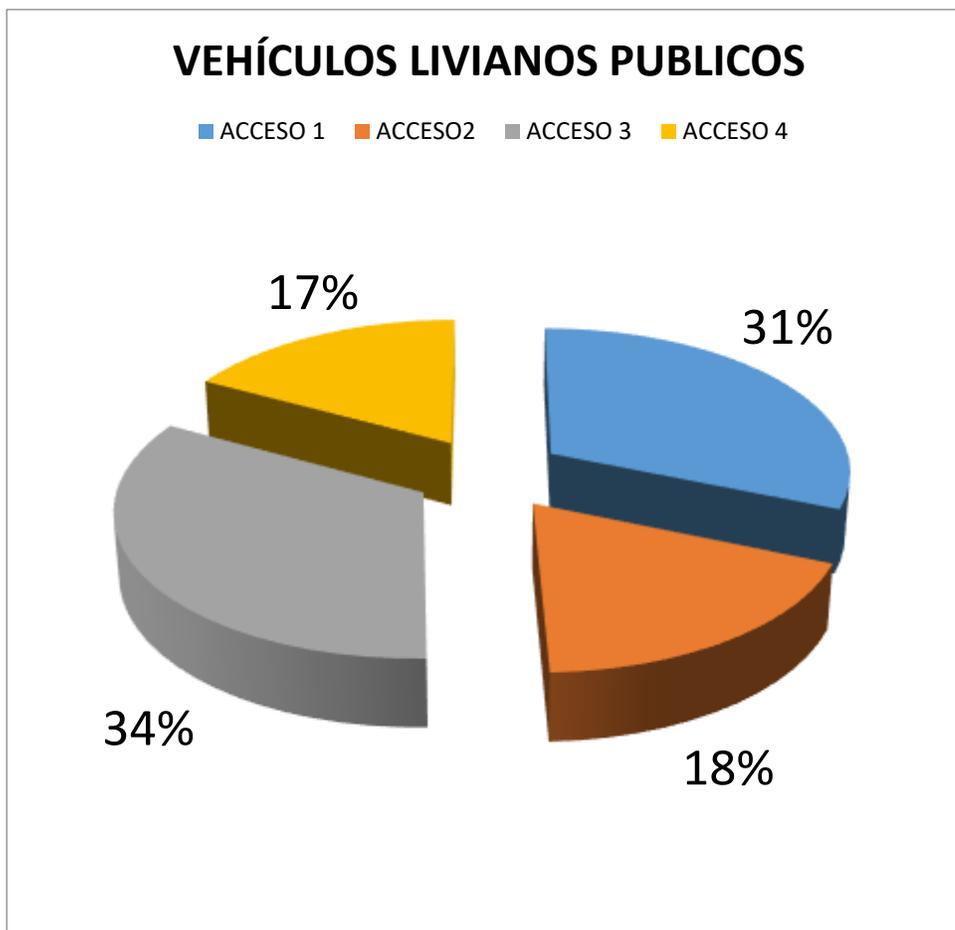


La grafica nos muestra la división de los vehículos livianos privados por acceso, en los accesos 1 y 3 son por los que más transitan los vehículos livianos privados.

Tabla 3.9 VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS

TOTAL	1314
PORCENTAJES	
ACCESO 1	31,26 %
ACCESO2	18,21 %
ACCESO 3	33,42 %
ACCESO 4	17,10 %
TOTAL	100,00 %

GRAFICA Nº 3.8 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS



La grafica nos muestra la división de los vehículos livianos públicos por accesos, en los accesos 1 y 3 son por los que más transitan los vehículos livianos públicos.

Tabla 3.10 VEHÍCULOS MEDIANOS

TOTAL	145
PORCENTAJES	
ACCESO 1	23,97 %
ACCESO2	26,32 %
ACCESO 3	31,71 %
ACCESO 4	17,99 %

TOTAL	100,00 %
--------------	----------

GRAFICA Nº 3.9 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS

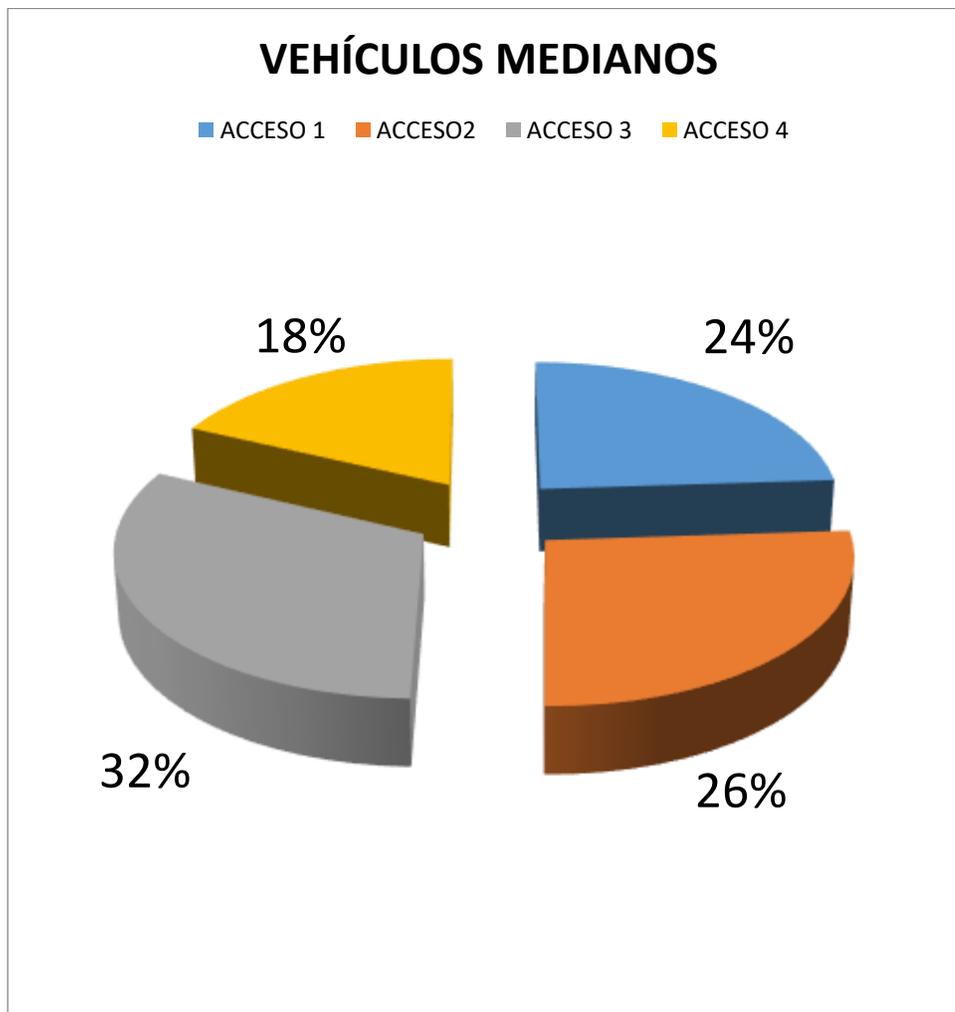


Tabla 3.11 VEHÍCULOS PESADOS

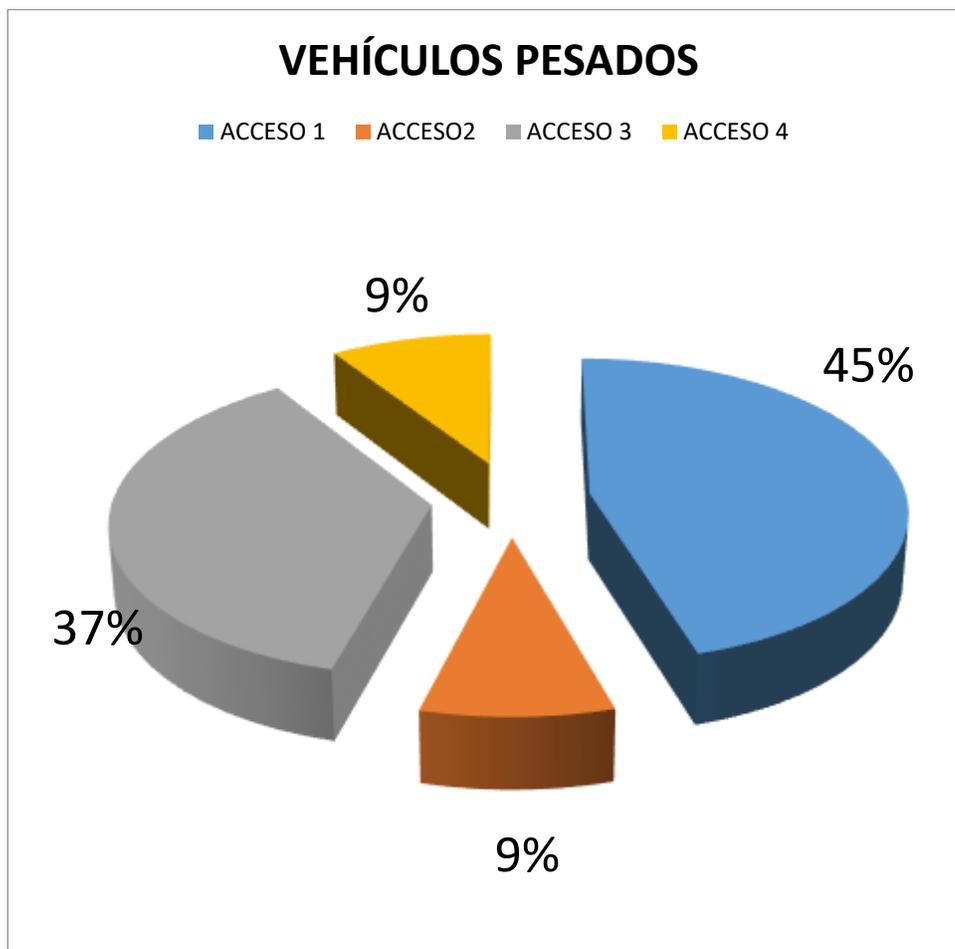
TOTAL	70
--------------	-----------

PORCENTAJES

ACCESO 1	45,46 %
-----------------	---------

ACCESO 2	8,62 %
ACCESO 3	36,71 %
ACCESO 4	9,21 %
TOTAL	100,00 %

GRAFICA Nº 3.10 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS



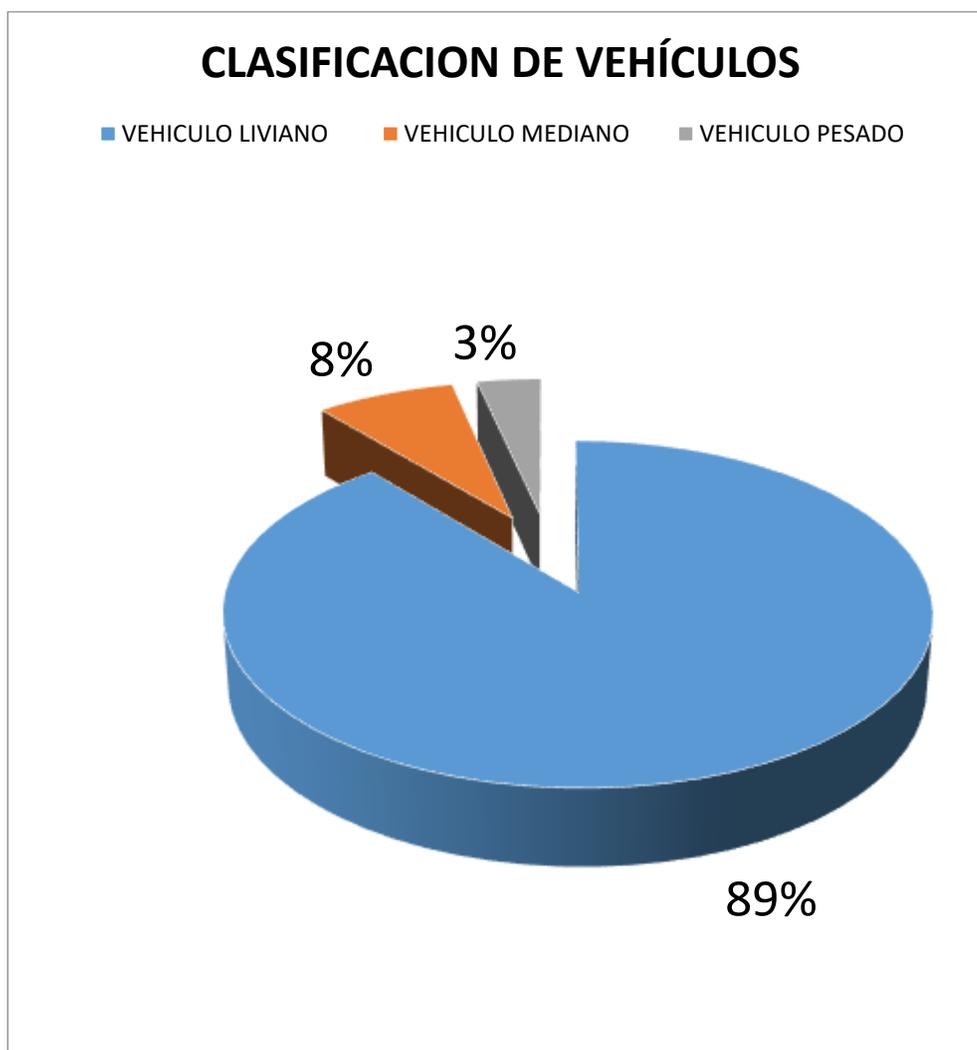
En los acceso 1 y 3 se muestran los valores más altos debido a que estos accesos pertenecen a la av. circunvalación.

B) INTERSECCIÓN AV. FONT Y AV. CIRCUNVALACIÓN

TABLA: 3.12 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

TOTAL	1516	
VEHICULO LIVIANO	89,1	%
VEHICULO MEDIANO	7,5	%
VEHICULO PESADO	3,4	%
		%
TOTAL	100,0	%

GRAFICA Nº 3. 11 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS



En esta intersección los vehículos livianos predominan en la circulación con un 89%

3.7.2 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE CADA ACCESO DE LA INTERSECCIÓN AV. FONT Y AV. CIRCUNVALACIÓN

Tabla 3.13 VEHÍCULOS LIVIANOS

TOTAL	1351	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	37	%
ACCESO2	42	%
ACCESO 3	21	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3.12 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

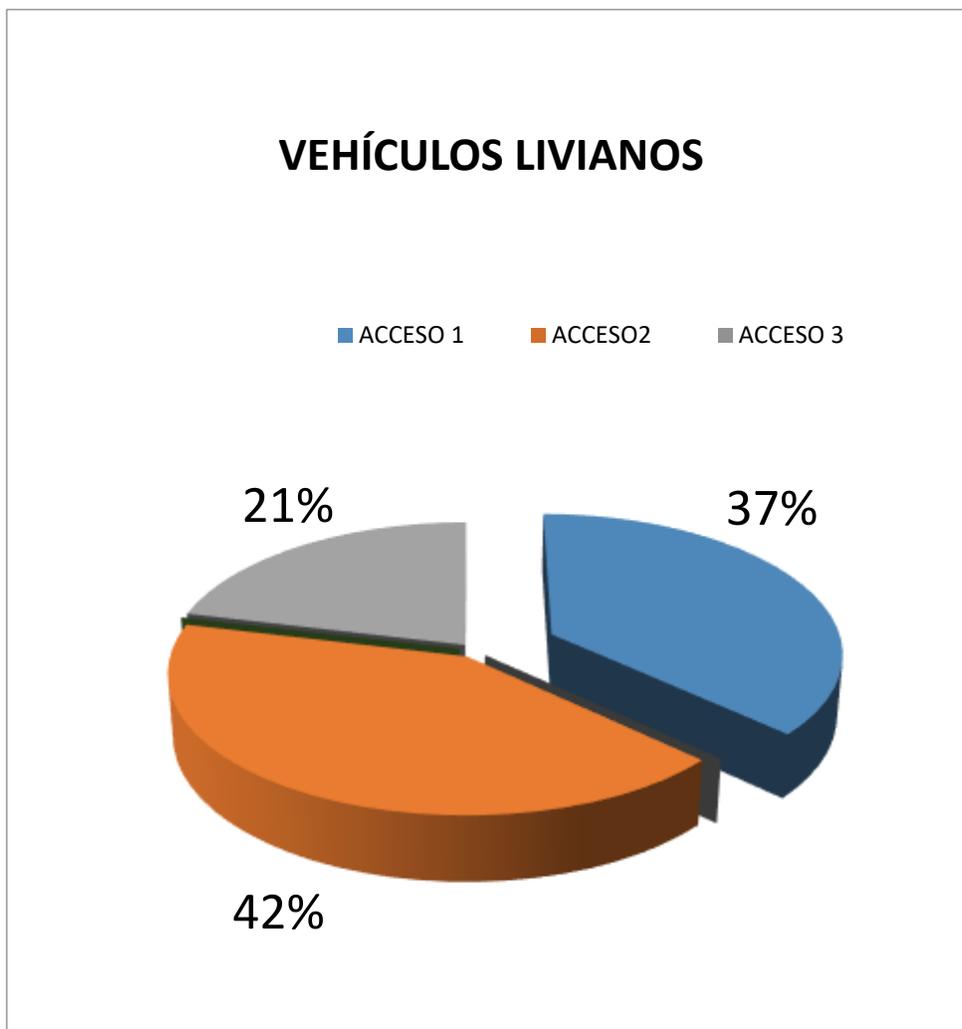


Tabla 3.14 VEHÍCULOS MEDIANOS

TOTAL	113	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	30	%
ACCESO2	34	%
ACCESO 3	37	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3.13 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

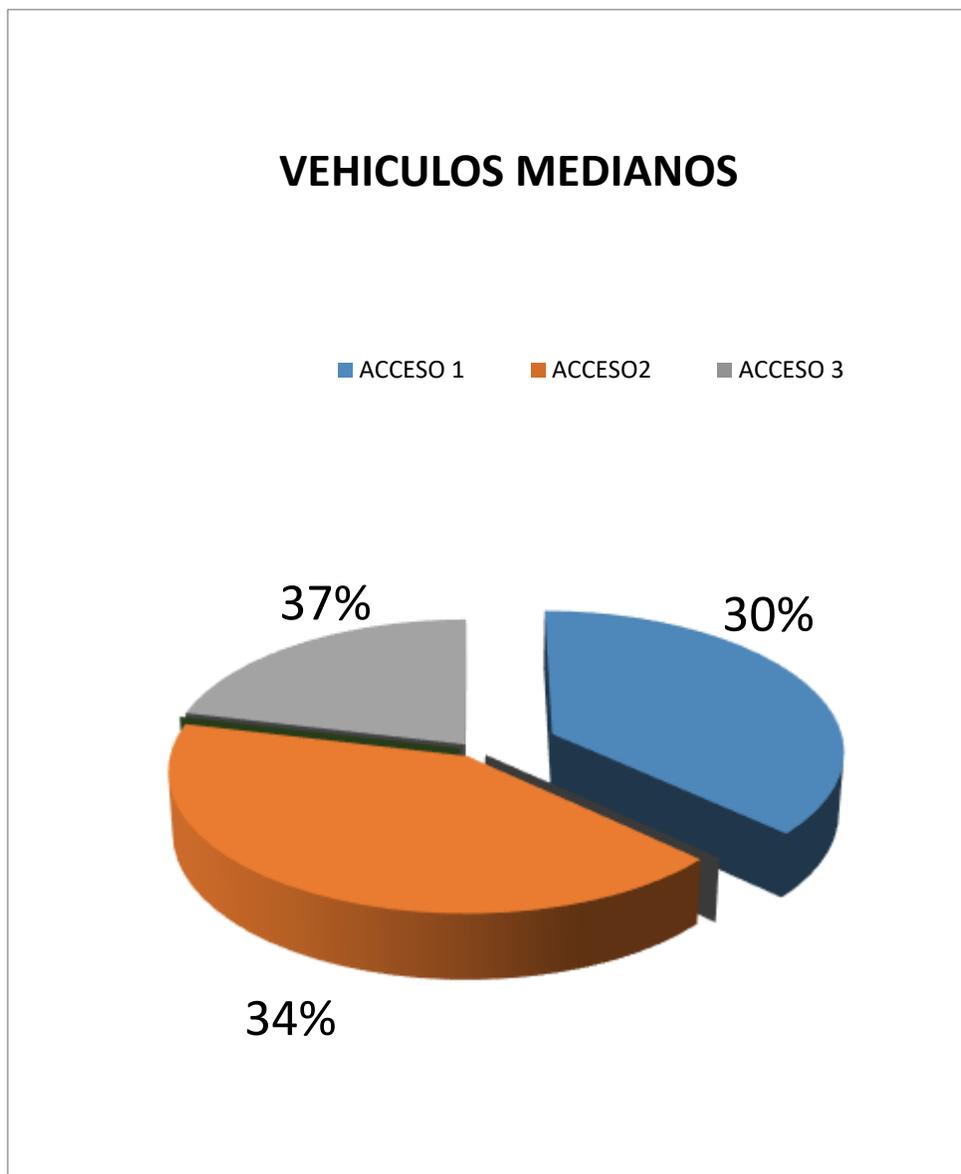
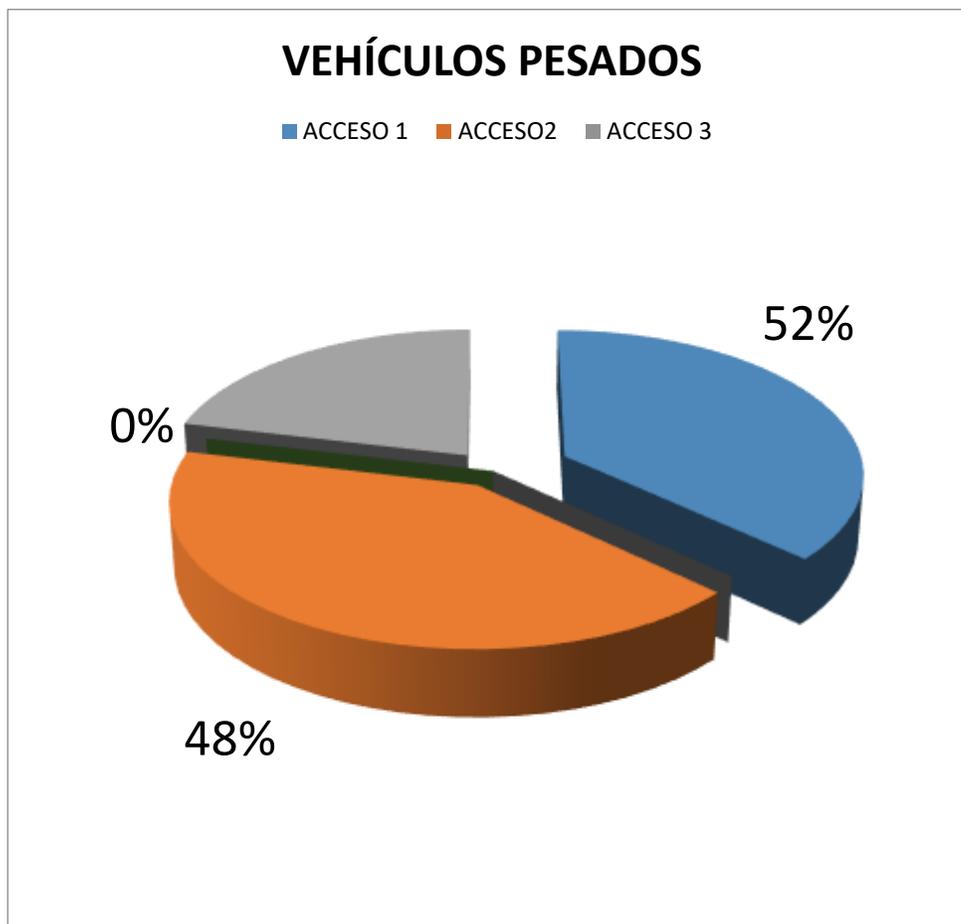


Tabla 3.15 VEHÍCULOS PESADOS

TOTAL	52	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	52	%

ACCESO2	48	%
ACCESO 3	0,00	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3. 14 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS



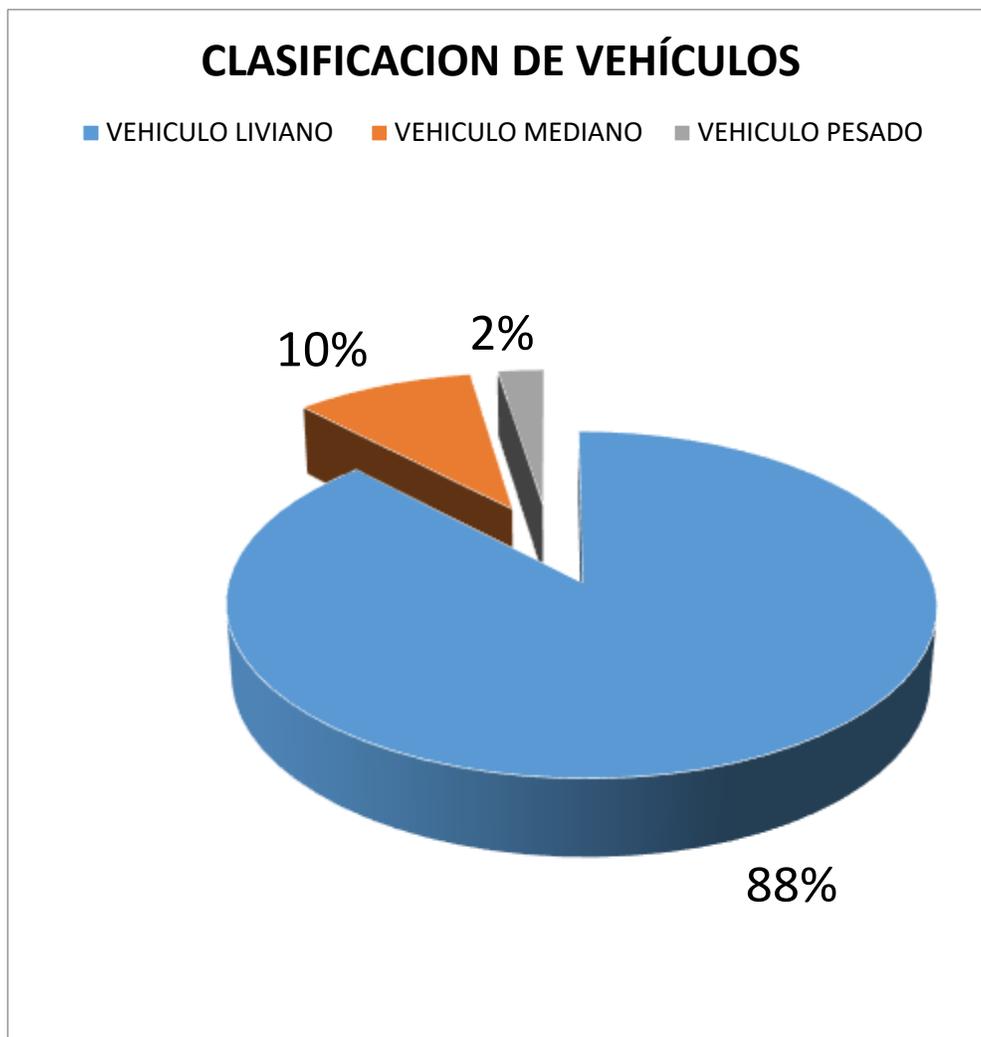
En el acceso 3 no existen vehículos pesados debido a que está prohibido la circulación de dichos vehículos en este acceso

C) INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

TABLA: 3.16 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

TOTAL	1101	
VEHICULO LIVIANO	88	%
VEHICULO MEDIANO	10	%
VEHICULO PESADO	2	%
		%
TOTAL	100	%

GRAFICA Nº 3. 15 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS



3.7.3 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE CADA ACCESO DE LA INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

TABLA:3.17 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

TOTAL	968
PORCENTAJES	
ACCESO 1	29,4 %
ACCESO2	41,2 %

ACCESO 3	29,4	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3. 16 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

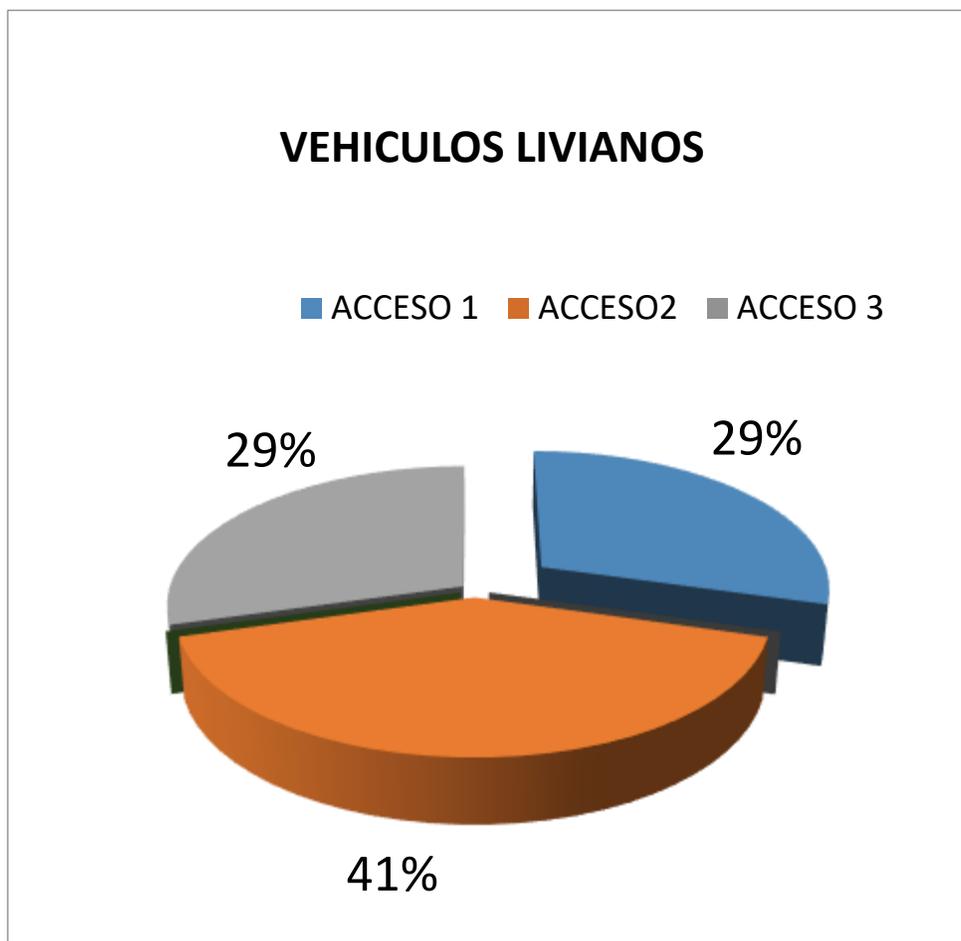


TABLA: 3.18 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

TOTAL	106
PORCENTAJES	
ACCESO 1	13 %

ACCESO2	79	%
ACCESO 3	7	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3.17 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

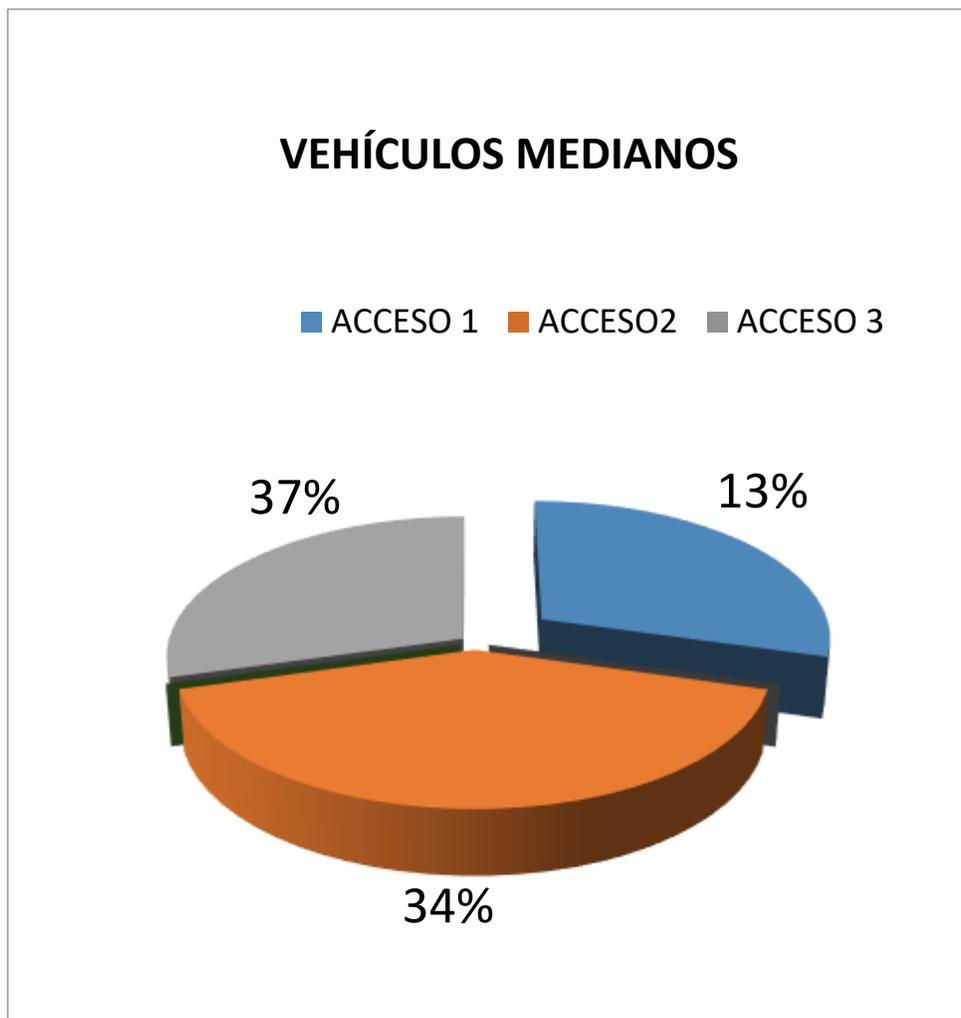
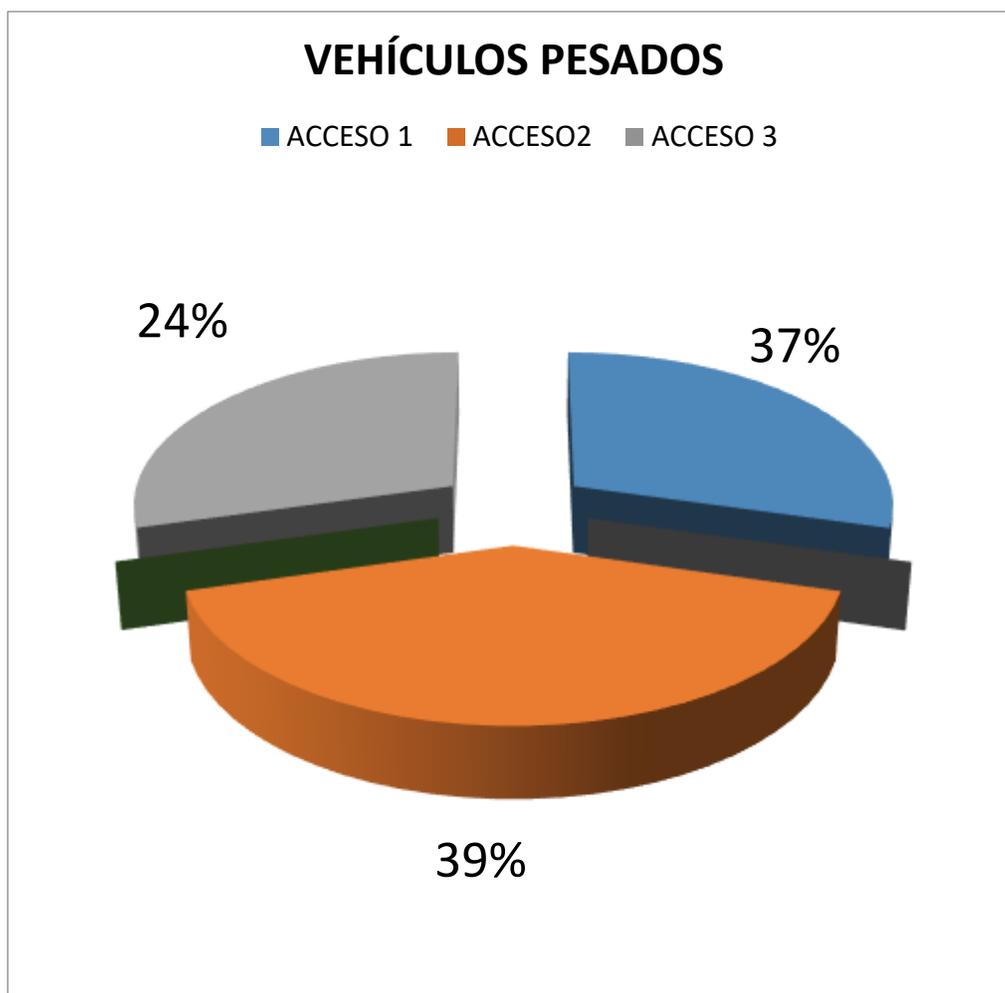


TABLA: 3.19 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS

TOTAL	27	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	37	%
ACCESO2	39	%
ACCESO 3	24	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3. 18 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS



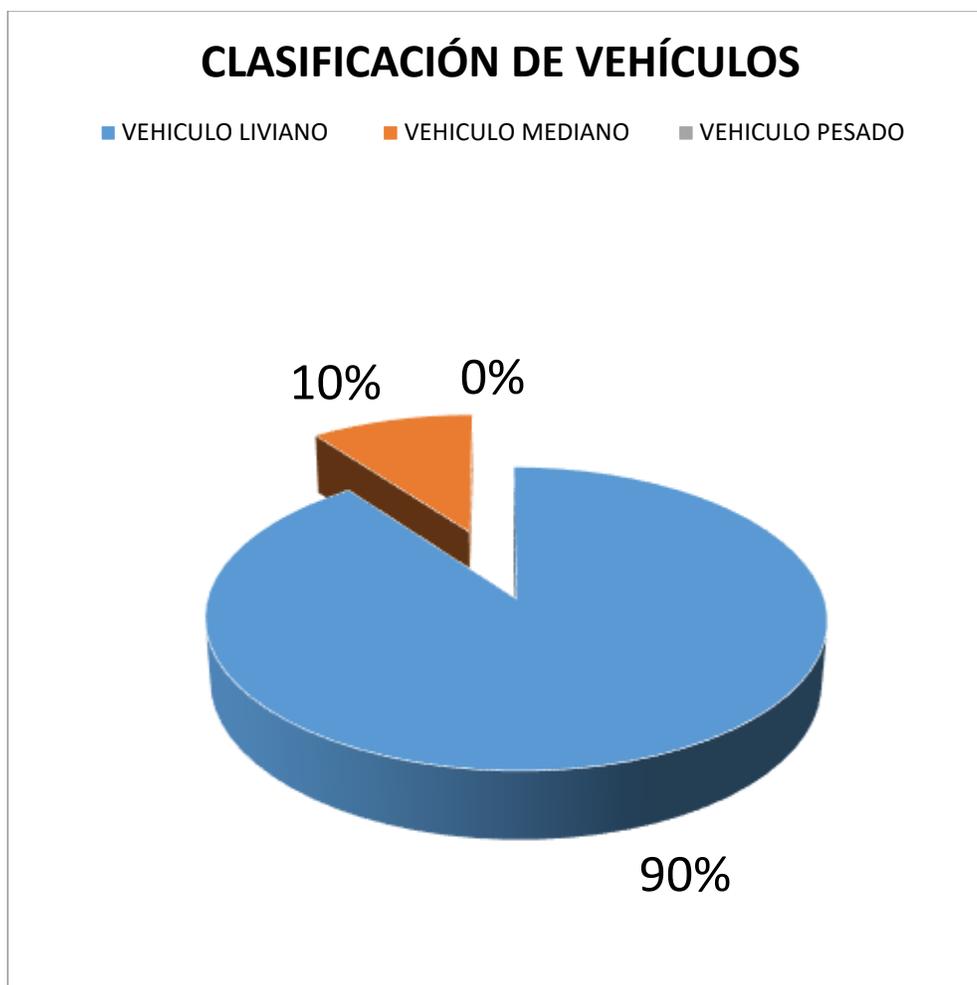
D) SEMÁFORO AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

TABLA: 3.20 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

TOTAL	986	
VEHICULO LIVIANO	89	%
VEHICULO MEDIANO	10	%
VEHICULO PESADO	0	%

TOTAL	99 %
--------------	------

GRAFICA Nº 3. 19 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS



Por la zona no transitan vehículos pesados debido a que es prohibida la circulación de dichos vehículos.

3.7.4 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE CADA ACCESO DEL SEMAFORO AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

TABLA: 3.21 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

TOTAL	866
PORCENTAJES	

ACCESO 1	40,0	%
ACCESO2	29,0	%
ACCESO 3	31,0	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3. 20 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

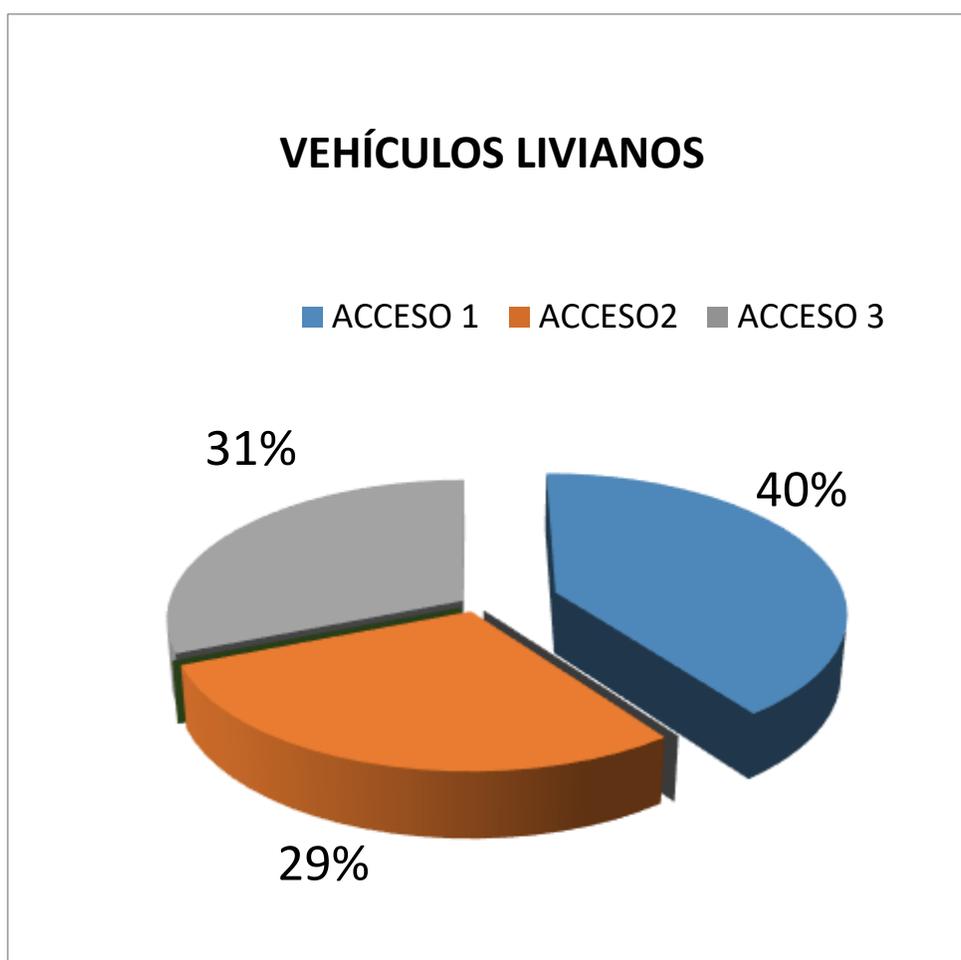


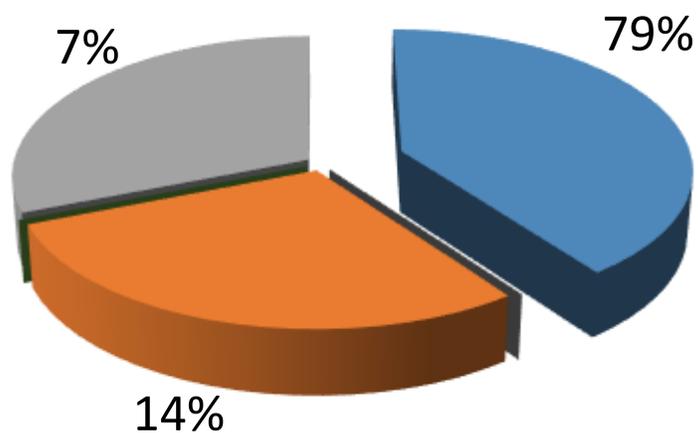
TABLA: 3. 22 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

TOTAL	120	
PORCENTAJES		
ACCESO 1	79	%
ACCESO2	14	%
ACCESO 3	7	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA N° 3. 21 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

VEHICULOS MEDIANOS

■ ACCESO 1 ■ ACCESO2 ■ ACCESO 3



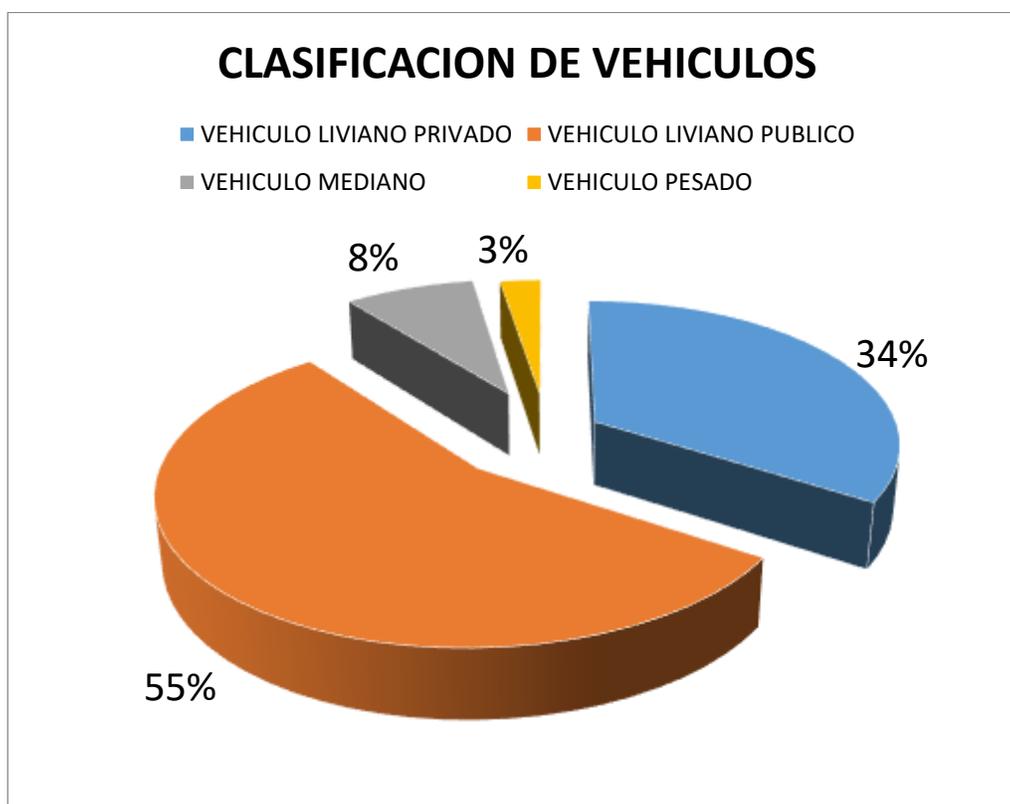
E) INTERSECCIÓN AV. DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

Tabla N° 3.23 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS AV. DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

TOTAL	1660	
VEHICULO LIVIANO PRIVADO	34,1	%
VEHICULO LIVIANO PUBLICO	55,3	%
VEHICULO MEDIANO	8,1	%

VEHICULO PESADO	2,5	%
TOTAL	100	%

GRAFICA Nº 3. 22 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS



Fuente: Elaboración Propia

Clasificación de los vehículos que transitan toda la intersección, los vehículos livianos se dividió en dos (los livianos públicos y los livianos privados) para tener un dato más detallado de los vehículos que transitan en la zona.

3.7.5 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE CADA ACCESO DE LA INTERSECCIÓN DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

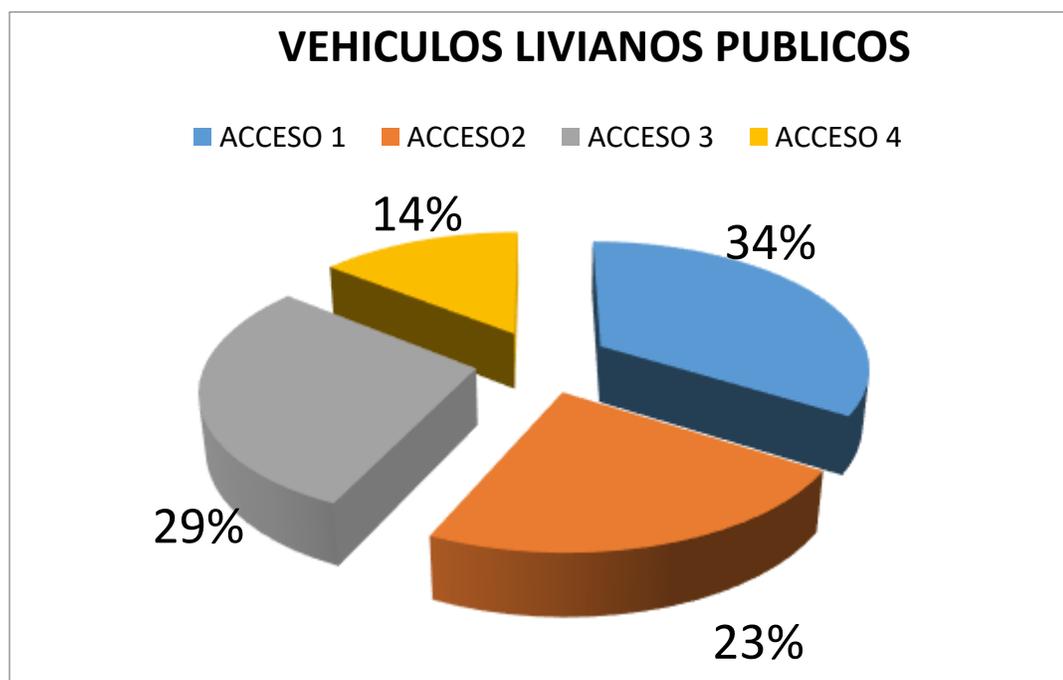
Tabla 3.24 VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS

TOTAL	912
--------------	------------

ACCESO 1	33,96 %
ACCESO2	22,85 %
ACCESO 3	28,92 %
ACCESO 4	14,27 %

TOTAL	100,00 %
--------------	----------

GRAFICA N° 3.23 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PUBLICOS



Fuente: Elaboración Propia

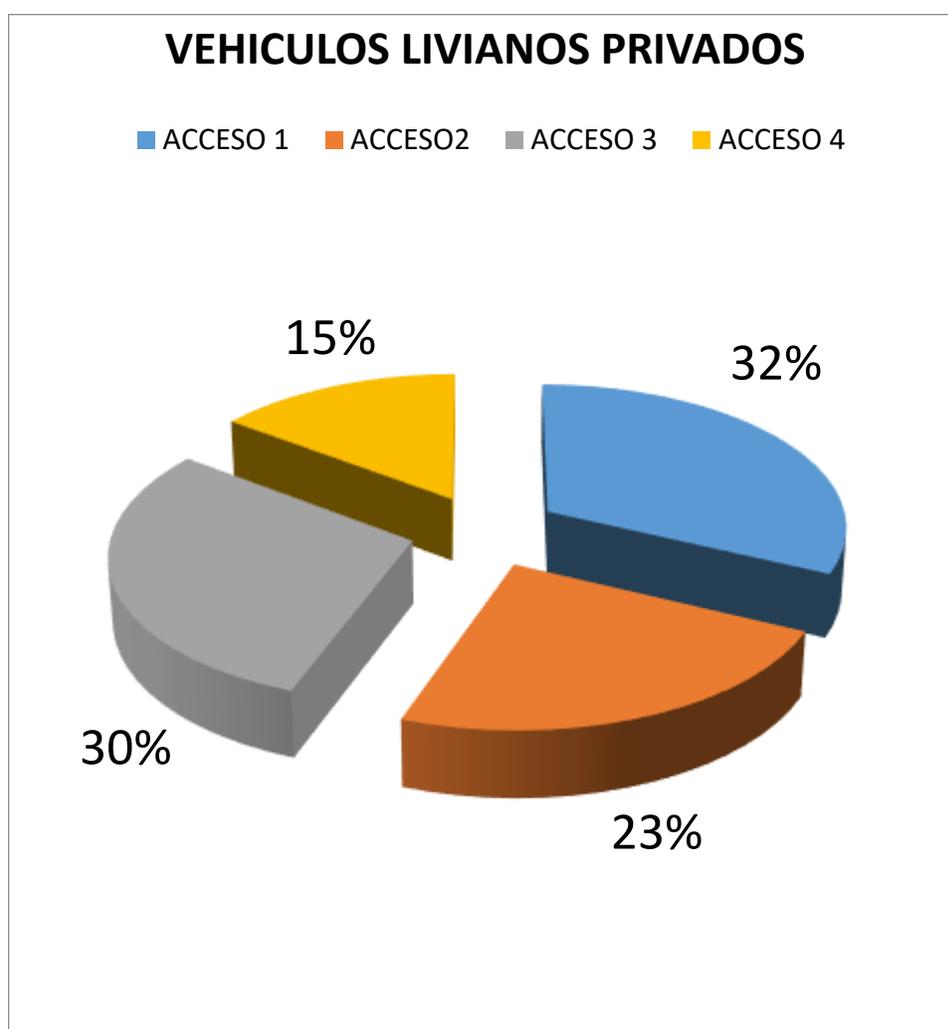
La grafica nos muestra la división de los vehículos livianos por acceso, en los accesos 1 y 3 son por los que más transitan los vehículos livianos públicos

Tabla N ° 3.25 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS PRIVADOS

TOTAL	561
--------------	------------

ACCESO 1	32,07	%
ACCESO2	23,49	%
ACCESO 3	29,67	%
ACCESO 4	14,77	%
TOTAL	100,00	%

GRAFICA Nº 3. 24 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS

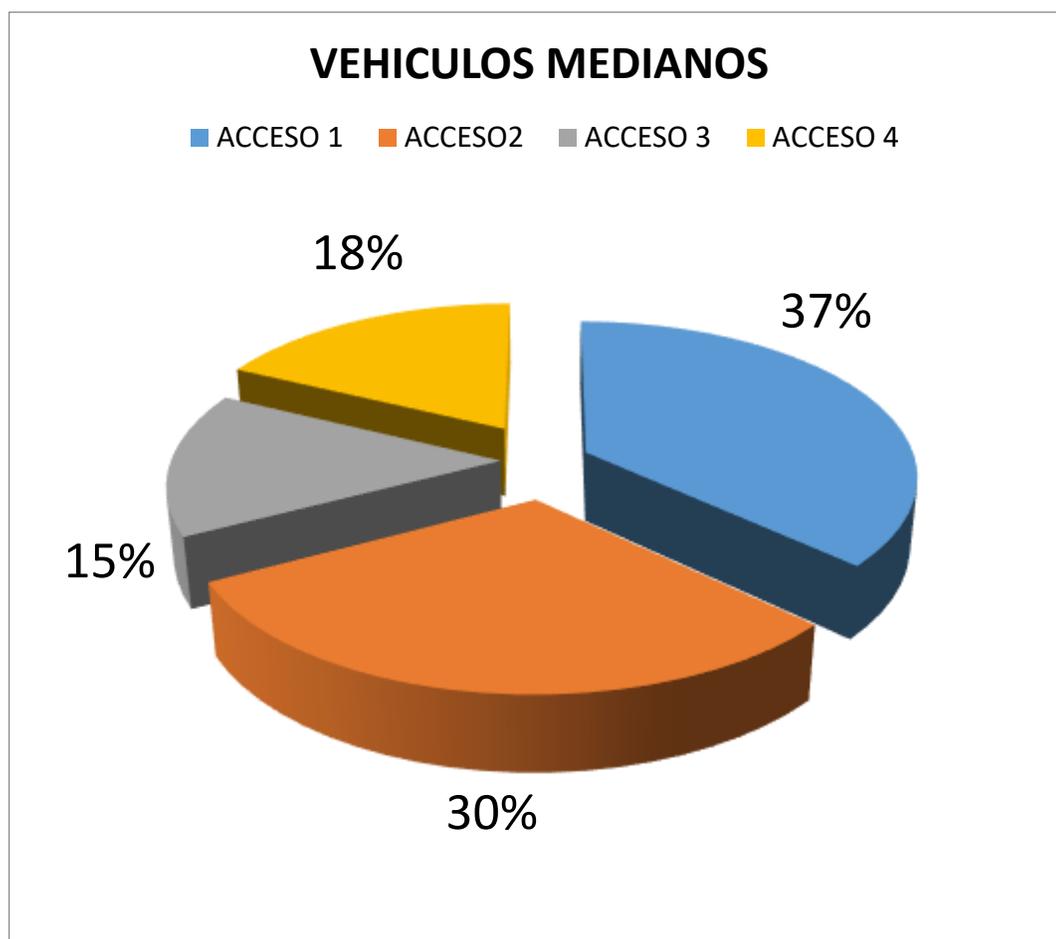


Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla N ° 3.26 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANO

TOTAL	133
ACCESO 1	36,89 %
ACCESO2	30,41 %
ACCESO 3	14,95 %
ACCESO 4	17,75 %
TOTAL	100,00 %

GRAFICA N° 3. 25 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANOS

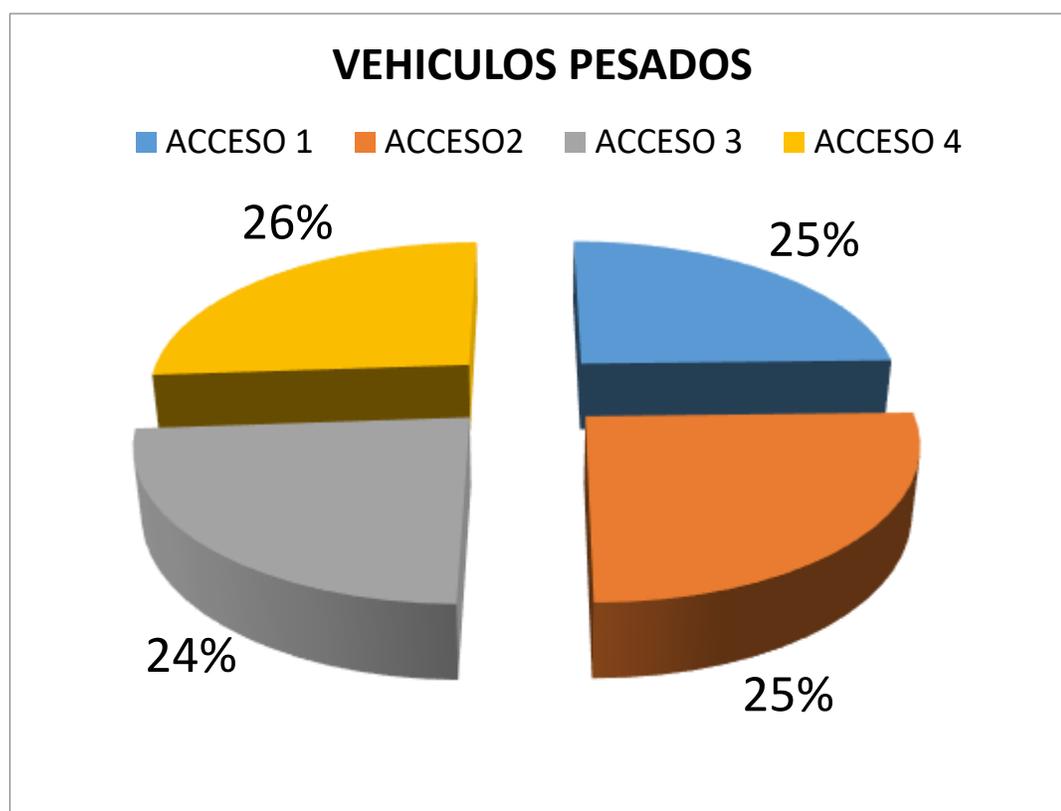


Fuente: Elaboración Propia

Tabla N ° 3.27 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADO

TOTAL	42
ACCESO 1	24,62 %
ACCESO2	25,49 %
ACCESO 3	23,77 %
ACCESO 4	26,12 %
TOTAL	100,00 %

GRAFICA N° 3. 26 CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS



Fuente: Elaboración Propia

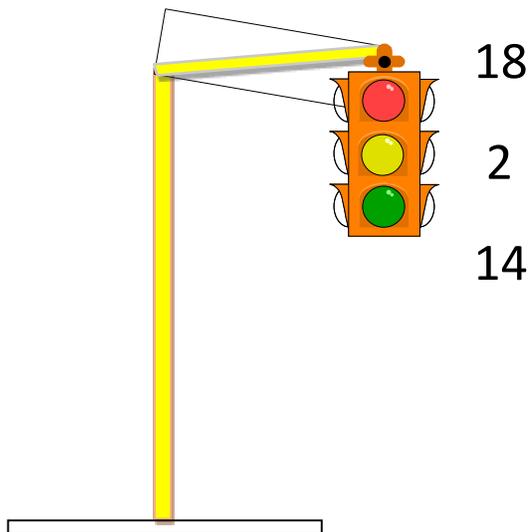
En la gráfica podemos ver que los vehículos pesados se distribuyen de manera casi equitativa debiendo q que sus valores son iguales y hay presencia de vehículos pesados en todo el acceso de la intersección.

3.8 DISEÑO DE LA SEMAFORIZACIÓN

3.8.1 TIEMPOS REALES ACTUALES

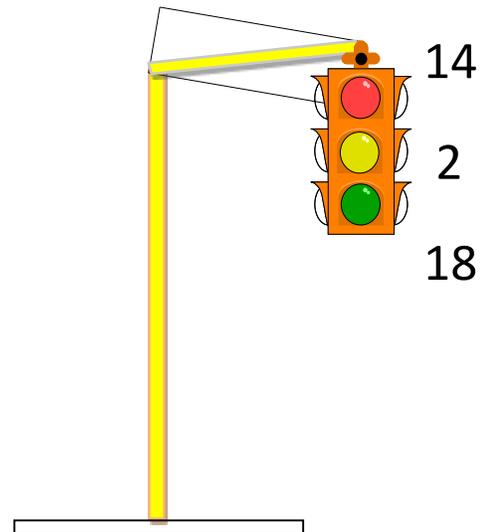
A) INTERSECCIÓN AV.GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

AV. GAMONEDA



CICLO= 36 SEG

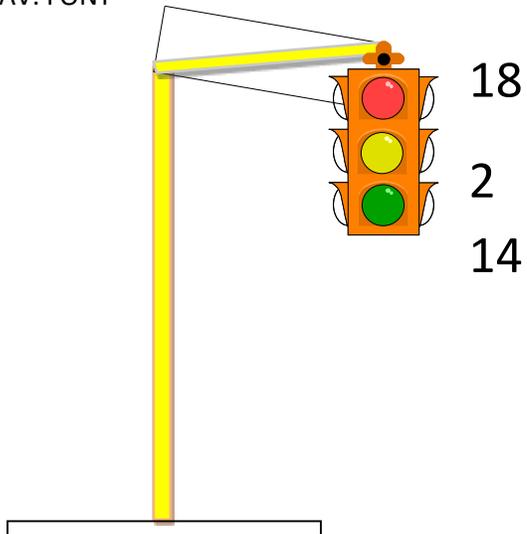
AV. CIRCUNVALACION



CICLO= 36 SEG

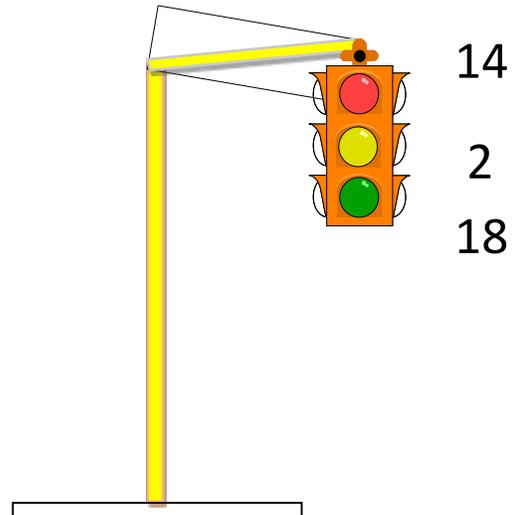
B) INTERSECCIÓN AV. FONT Y AV. CIRCUNVALACIÓN

AV. FONT



CICLO= 36 SEG

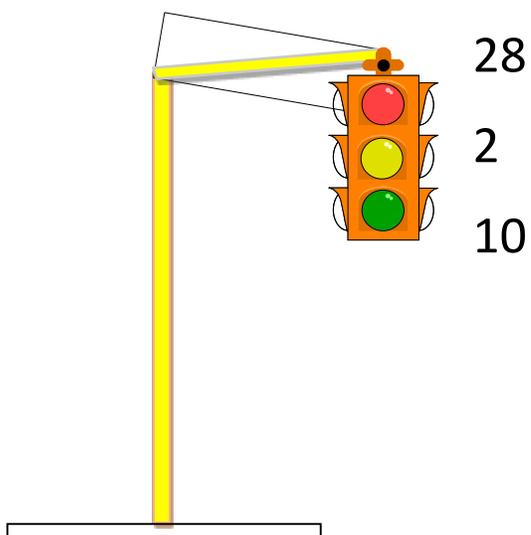
AV. CIRCUNVALACION



CICLO= 36 SEG

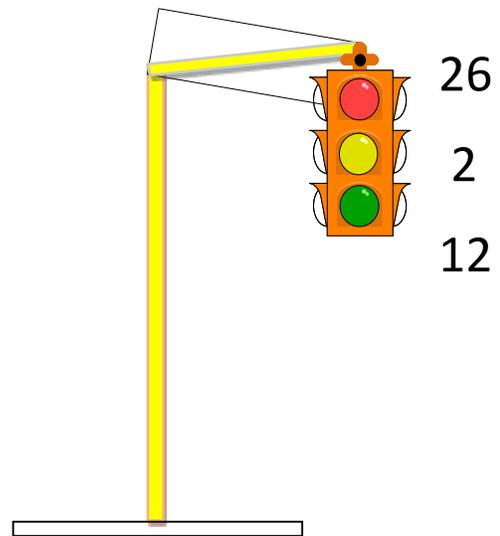
C) INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

AV. ROMERO



CICLO= 40 SEG

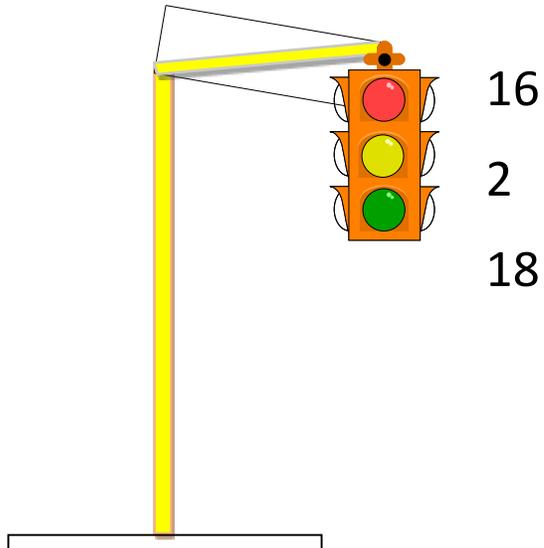
AV. JAIME PAZ ZAMORA



CICLO= 40 SEG

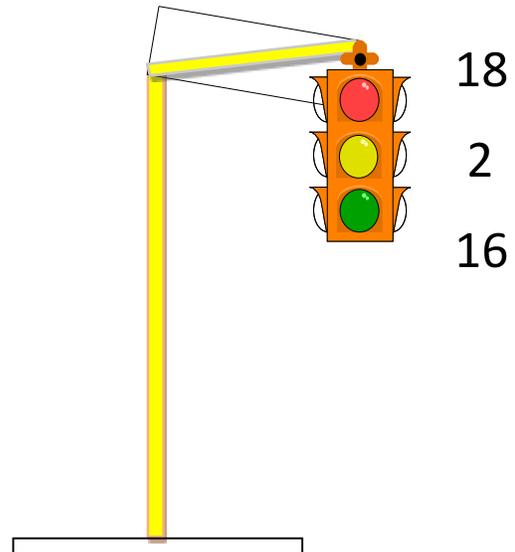
D) SEMÁFORO JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

JAIME PAZ ZAMORA



CICLO= 36 SEG

LAS BRASAS



CICLO= 36 SEG

3.8.2 TIEMPOS CALCULADO CON LOS VOLÚMENES ACTUALES

Tiempo de ciclo

$$C = T_v + T_r + t_{Aida} + t_{Avuelta} \quad \text{ec.1}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

T_v = Tiempo verde

t_{Aida} = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$t_{Avuelta}$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

2.6.1.1 PARA LA FASE VERDE

$$\frac{t_v * t_{a\text{ ida}}}{V_a} = \frac{t_R * t_{a\text{ vuelta}}}{V_B} \quad \text{ec.2}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

T_v = Tiempo verde

t_{Aida} = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$t_{Avuelta}$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

V_a = Volumen de un acceso A

V_B = Volumen del acceso B (transversal)

Haciendo operaciones con la ecuación 1 y 2 podemos obtener la siguiente igualdad para un tiempo de fase verde en el acceso B.

$$t_{vB} = \frac{C - t_{ai} - t_{av}}{\frac{v_a}{V_B} + 1}$$

Con esta igualdad obtenemos el tiempo de fase verde, posteriormente reemplazando en la ecuación 1 obtenemos el tiempo de fase roja.

$$Trb = C - Taida - Tavuelta - TvB$$

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)	
1	753	
2	550	
3	778	DATOS
4	400	C= 36 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{\text{acceso 2}} = \frac{36 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{753}{550}\right)} = 14 \text{ segundos}$$

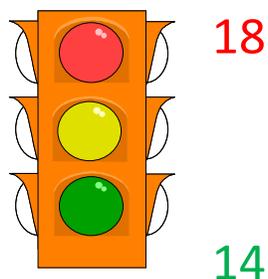
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{\text{acceso 2}}$$

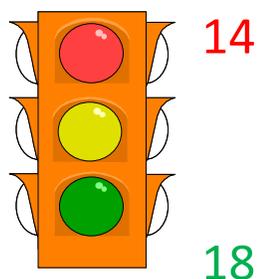
$$TIEMPOROJO = (36 - 2 - 2) - 14 = 18$$

INTERSECCIÓN AV.GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

AV GAMONEDA



AV. CIRCUNVALACIÓN



B) INTERSECCIÓN AV. FONT Y CIRCUNVALACIÓN

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)
1	618
2	706
3	410

DATOS

C= 36 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{acceso\ 3} = \frac{36 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{618}{410}\right)} = 13 \text{ segundos}$$

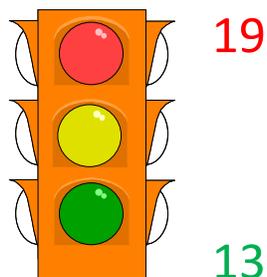
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{Ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{acceso\ 3}$$

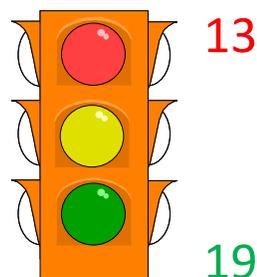
$$TIEMPOROJO = (36 - 2 - 2) - 14 = 19$$

INTERSECCION AV.FONT Y CIRCUNVALACIÓN

AV. FONT



AV. CIRCUNVALACIÓN



C) INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)	
1	317	
2	544	
3	299	DATOS

C= 40 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{\text{acceso 2}} = \frac{40 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{544}{299}\right)} = 12 \text{ segundos}$$

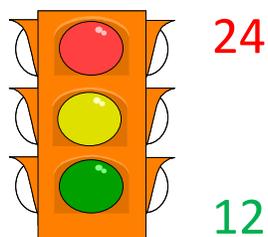
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{\text{acceso 2}}$$

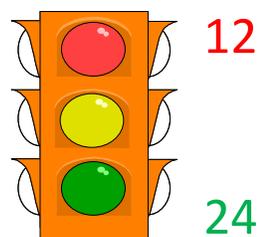
$$TIEMPOROJO = (40 - 2 - 2) - 14 = 24$$

INTERSECCION AV.FONT Y CIRCUNVALACIÓN

AV. ROMERO



AV. JAIME PAZ ZAMORA



Esta intersección tiene una particularidad porque tiene 3 fases, las fases que permiten el movimiento en la avenida Jaime paz Zamora se dividen entre ellas. es decir se resta al verde y se suma al rojo quedando verde 12 seg. Y rojo 24 seg.

D) SEMÁFORO JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)
1	634
2	156
3	196

DATOS

C= 36 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{\text{acceso 3}} = \frac{36 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{196}{156}\right)} = 14 \text{ segundos}$$

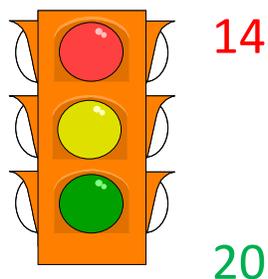
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{\text{acceso 3}}$$

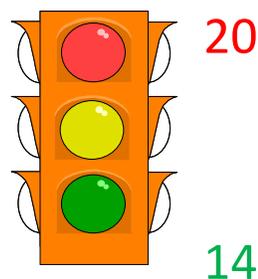
$$TIEMPOROJO = (38 - 2 - 2) - 14 = 20$$

INTERSECCIÓN JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

AV. JAIME PAZ ZAMORA



AV. BRASAS



3.9 ANÁLISIS DE FILAS

Para poder estudiar a los semáforos de la zona, procedimos a realizar un análisis de filas que nos dará como resultado el estado actual de funcionamiento de dichos semáforos

A medida que los volúmenes se acercan a la capacidad, crece la demanda de sobrepaso, mientras que disminuyen las oportunidades para adelantar, por lo que se forman colas de vehículos cada vez más largas y producen demoras cada vez más altas, provocando congestión y falla en los tiempos actuales en los semáforos

3.9.1 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD MÁXIMA DE LOS ACCESOS

Para determinar la capacidad máxima del acceso es necesario saber el ancho del acceso medido de cordón a cordón y mediante la gráfica de capacidades para accesos de un solo sentido y para acceso de doble sentido.

GRAFICA Nº 3.27 PARA ACCESOS DE UN SOLO SENTIDO



Fuente: **MANUAL DE INGENIERIA DE TRÁFICO**

GRAFICA Nº 3.28 PARA ACCESOS DE DOS SENTIDOS



Fuente: MANUAL DE INGENIERIA DE TRÁFICO

A) DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD INTERSECCIÓN AV GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

datos	distancias de calzada a calzada (m)
acceso 1	7,5
acceso 2	9,5
acceso 3	7,5
acceso 4	11,5

Con el ancho de acceso entramos a la gráfica para determinar la capacidad

CAPACIDAD AVENIDA “GAMONEDA”

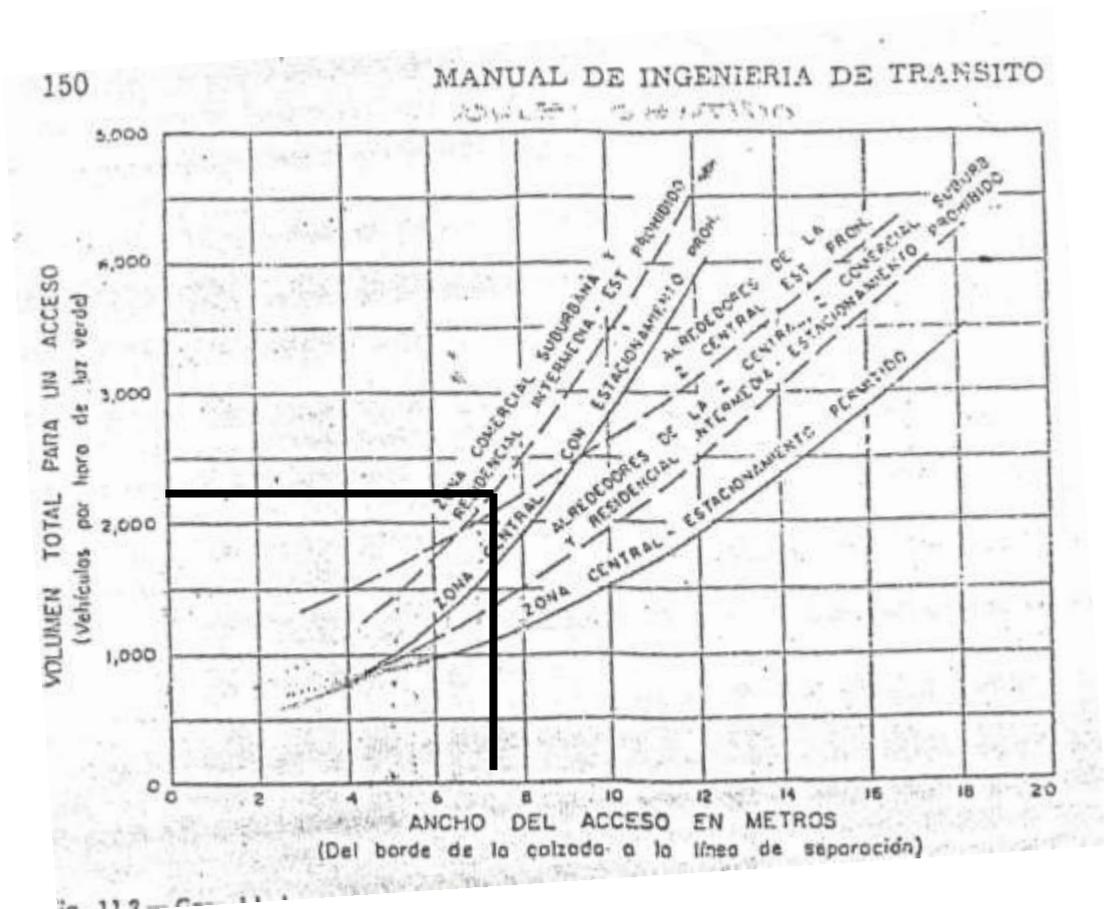




Para un ancho acceso de 4.5 metros y doble sentido la zona (alrededores de la zona central y estacionamiento prohibido)

CAPACIDAD	1600	v/h
------------------	-------------	------------

CAPACIDAD AVENIDA “CIRCUNVALACIÓN”



Para un ancho de calle de 7.5 metros y la zona (alrededores de la zona central y estacionamiento prohibido)

CAPACIDAD	2100	v/h
------------------	-------------	------------

ACCESO	CAPACIDAD VEH/H
GAMONEDA	1600
CIRCUNVALACION	2100

B) INTERSECCIÓN AV FONT Y CIRCUNVALACIÓN

DATOS	DISTANCIAS D (M)
ACCESO 1	7,5
ACCESO 2	9,5
ACCESO 3	7,5

CAPACIDAD AVENIDA FONT (Un solo carril)

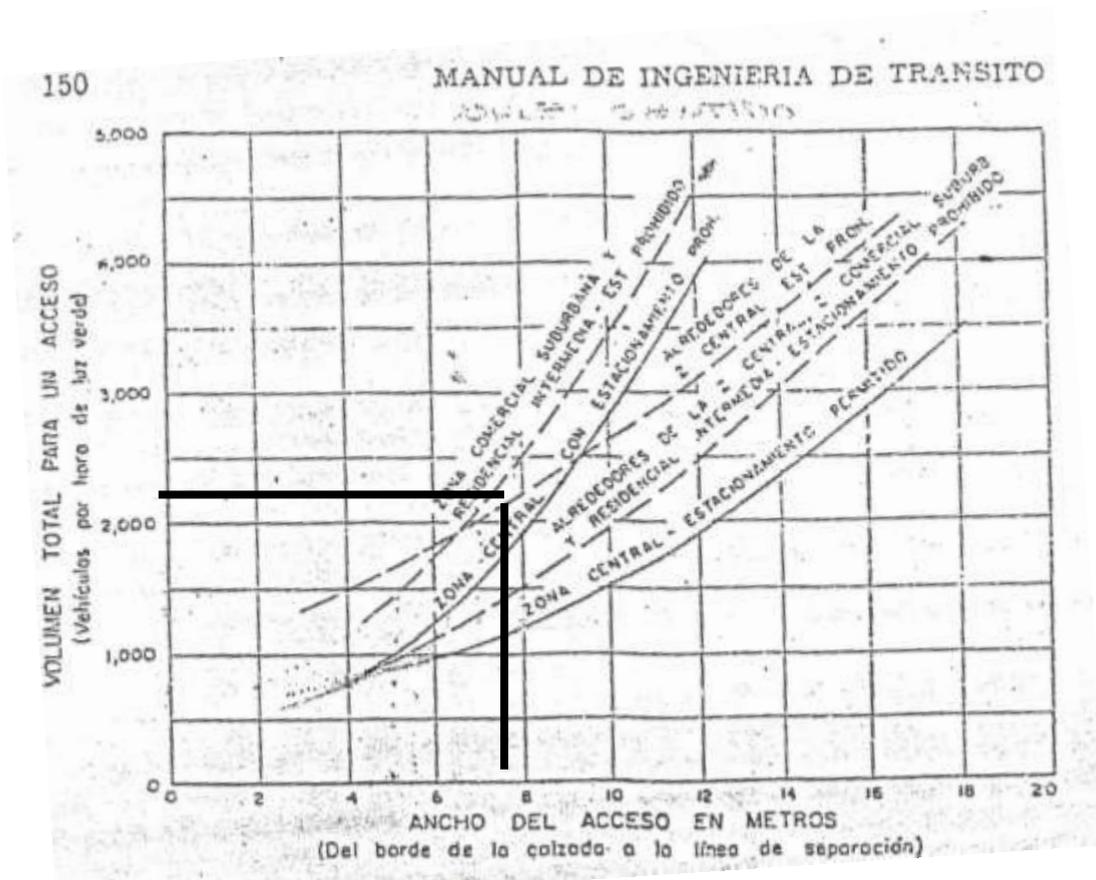




NOTA: Para un ancho de calle de 8 metros y un solo carril ,(zona central y estacionamiento prohibido)

CAPACIDAD 2000 v/h

CAPACIDAD AVENIDA "CIRCUNVALACION"

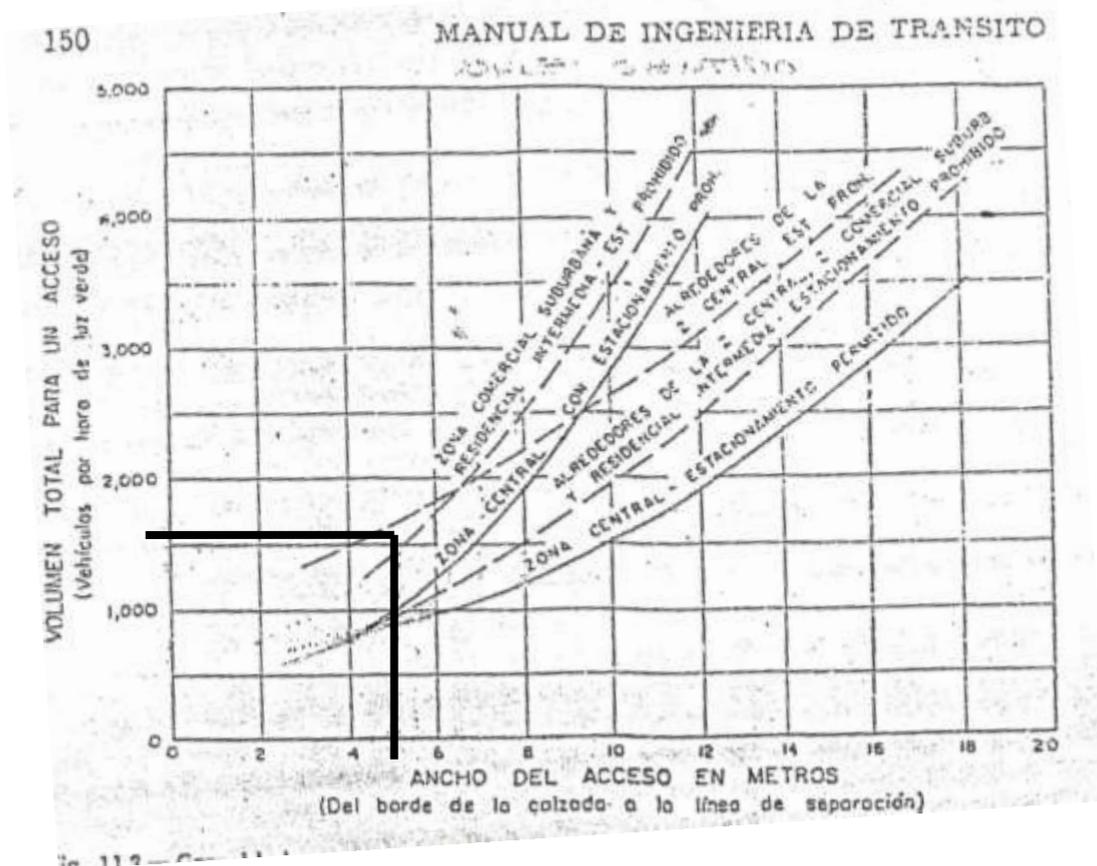




Para un ancho de calle de 7 metros y un solo carril , (zona central y estacionamiento prohibido)

CAPACIDAD 1750 v/h

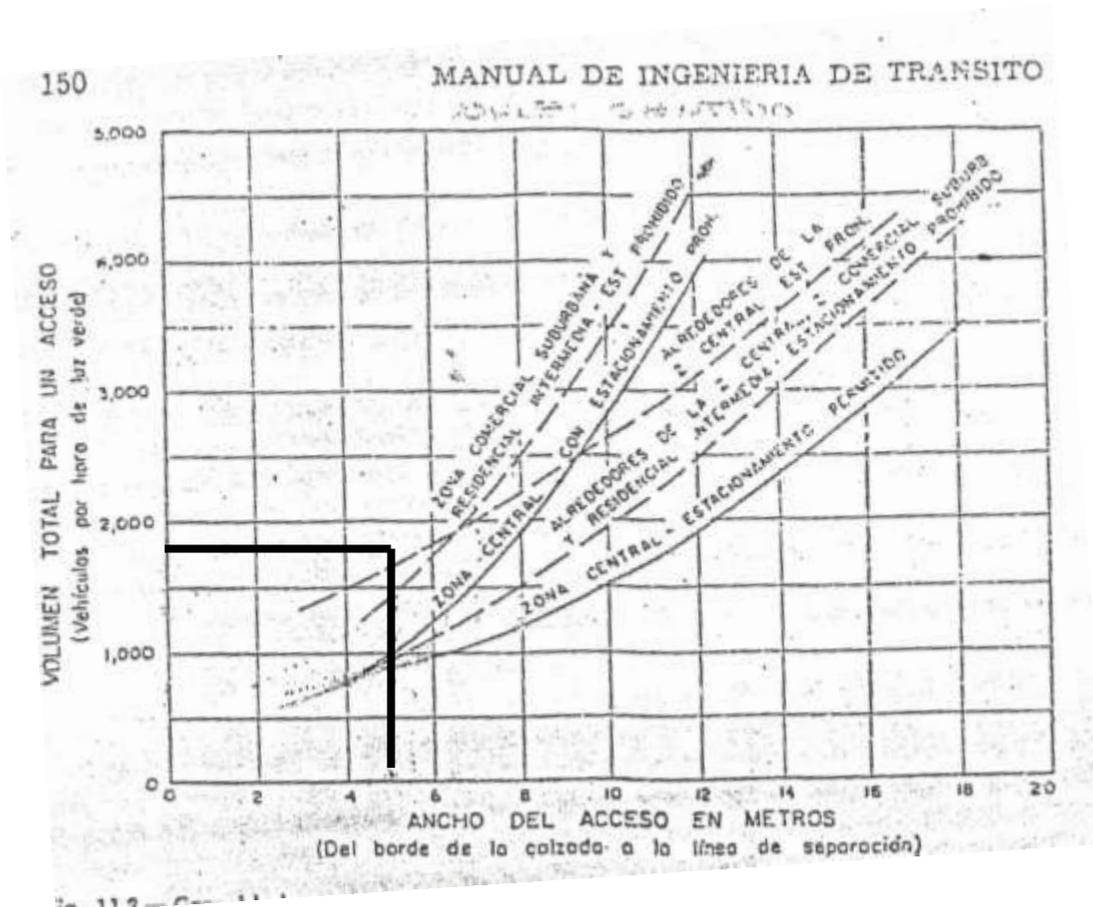
CAPACIDAD AVENIDA "JAIME PAZ ZAMORA" (CARRIL DE DOBLE SENTIDO)



Para un ancho de calle de 5 metros y la zona (alrededores de la zona central y estacionamiento prohibido)

ACCESO	CAPACIDAD VEH/H
ROMERO	1750
JAIME PAZ ZAMORA	1700

D) SEMÁFORO AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS



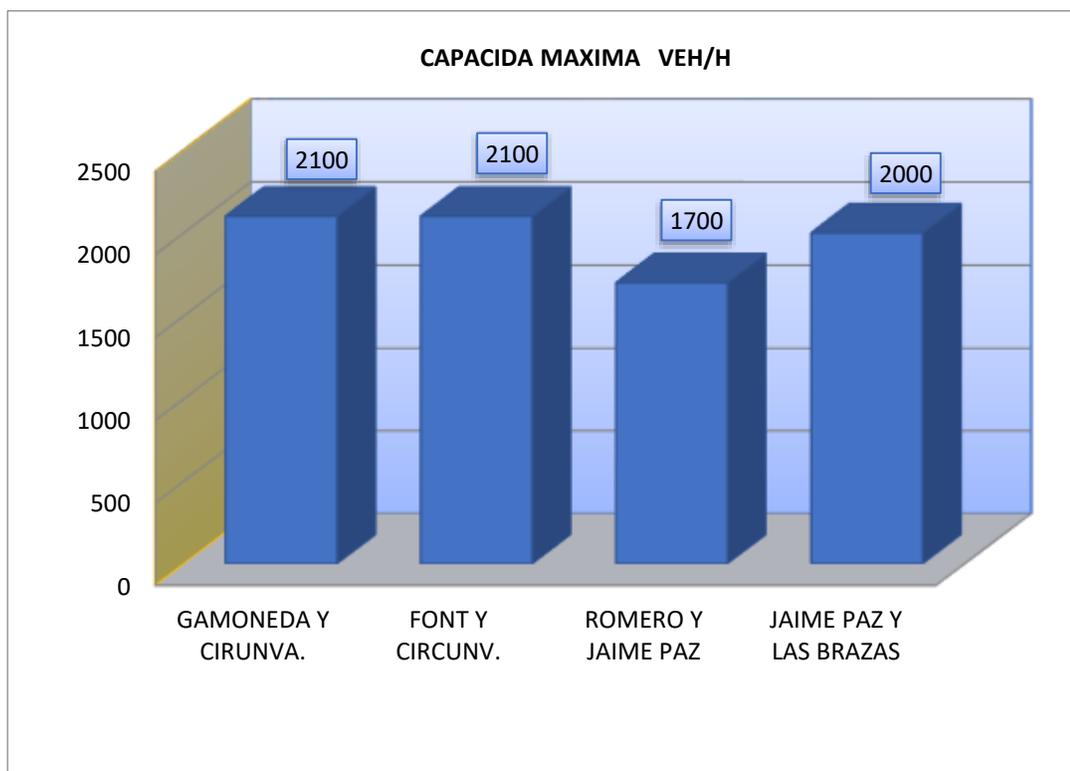
NOTA: para un ancho de calle de 5 metros y la zona (alrededores de la zona central y estacionamiento prohibido)

CAPACIDAD	1750	v/h
------------------	-------------	------------

GRÁFICA DE CAPACIDAD MÁXIMA POR INTERSECCIONES

	INTERSECCIONES	CAP TABLA	MAX	CAP. TEORICA
2.7 A	GAMONEDA Y CIRUNVA.	2100		PRINCIPAL
		1600		SECUNDARIA
2.8 B	FONT Y CIRCUNV.	2100		PRINCIPAL
		2000		SECUNDARIA
2.9 C	ROMERO Y JAIME PAZ	1700		PRINCIPAL
		1750		SECUNDARIA
2.10 D	JAIME PAZ Y LAS BRAZAS	2000		PRINCIPAL

GRAFICA Nº 3.28 CAPACIDAD MAXIMAS



Fuente: Elaboración Propia

Los valores de la gráfica hacen referencia a los valores máximos de cada intersección

3.9.2 ANALISIS DE NUMEROS PERMITIDOS DE FILAS

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

En todas las intersecciones reguladas por semáforos existen demoras y producción de filas con forme van llegando los vehículos a los diferentes accesos, por este motivo la creación de filas es inevitable es en ese sentido que se puede obtener un valor permitido se vale el termino de filas antes de que dichas filas causen congestionamientos y muchas demoras.

El número de filas permitidas viene dado de la siguiente manera:

METODO DE FILAS PERMITIDAS

$$N^{\circ}DE\ VEH.\ PERMITIDOS\ EN\ FILA = \frac{Dist.deacceso}{Dist.promediodeveh} - 2 \quad EC.N^{\circ}4$$

Ref., Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal y Mayor R James Cárdenas

Dónde:

N^{\circ}DE VEH. PERMITIDOS EN FILA = Numero de vehículos permitidos en fila

Dist. deacceso= Distancia del acceso en (mts)

Dist. promediodeveh.= distancia promedio de vehículo (6 mts)

Esta relación nos permite determinar el número de vehículos, una relación matemática que considera las variables de la distancia de acceso entre intersecciones y la distancia al acceso que tiene el punto a ser estudiado, lo que nos permite la ubicación o no de filas en el acceso.

DATOS

Acceso	Dist. De la cuadra (D1)
1	170
2	60
3	100
4	85

CÁLCULO DE N° PERMITIDOS POR FILA

Acceso	dist. De la cuadra (D1)	dist, prom. de veh. (D2)	$D1 / D2$	$(D1 / D2) - 2$	$((D1 / D2) - 2) * 50\%$	Nº PERMITIDOS DE COLA
1	170	6	28	26	13	13
2	60	6	10	8	4	4
3	100	6	17	15	7	7
4	85	6	14	12	6	6

NOTA: Al valor que obtenemos de los números permitidos por colas se lo multiplica por el 50% con ese valor se clasifican las filas siendo el valor permitido

TABLA Nº 3.29 NUMERO DE FILAS INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

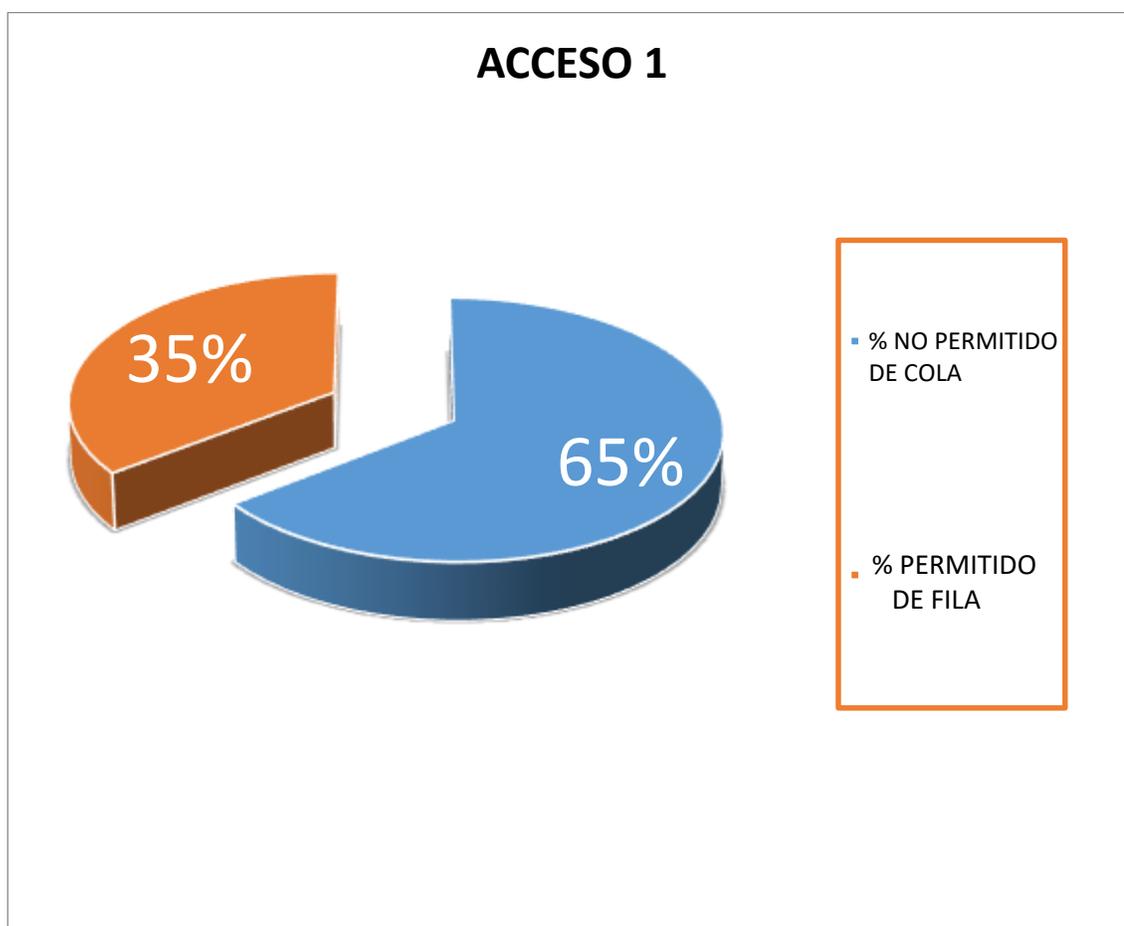
Nº	mañana				MEDIO DIA				NOCHE			
	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4
1	14	5	8	8	15	5	8	7	14	5	8	7
2	18	6	10	4	17	8	15	4	17	5	6	4
3	14	5	8	5	17	7	8	5	18	8	8	3
4	15	2	9	5	15	2	6	5	17	6	10	7
5	10	5	8	4	18	5	17	4	17	9	12	2
6	13	1	6	5	17	8	5	5	18	8	6	5
7	15	4	8	8	15	5	12	7	10	9	10	4
8	18	6	6	4	17	5	10	4	14	6	12	7
9	14	3	10	5	18	3	9	5	17	5	8	7
10	12	2	8	8	12	8	8	7	18	3	10	5
11	10	4	6	8	10	5	6	8	10	2	14	8
12	15	5	10	2	18	5	10	2	17	3	6	7
13	15	3	6	3	17	3	5	3	15	5	8	8
14	17	2	14	4	10	7	8	4	17	8	16	4
15	10	3	6	8	10	3	6	7	10	9	15	6
16	11	6	10	5	15	6	10	5	18	5	8	8
17	12	6	12	7	12	6	12	7	10	7	6	5
18	17	5	10	7	14	7	5	7	9	9	10	4
19	15	2	6	4	17	2	8	4	10	3	12	7
20	10	6	8	5	10	6	10	5	10	9	14	8
21	11	2	12	4	15	2	12	4	12	8	10	4
22	12	6	10	3	12	5	5	3	18	5	9	2
23	17	3	10	7	18	3	10	7	14	9	10	3
24	12	8	8	7	17	5	8	7	12	2	5	4
25	17	2	5	5	18	2	8	5	10	3	15	7
26	10	1	10	4	17	6	10	4	14	8	5	5
27	17	3	10	8	15	3	5	7	18	9	12	2
28	15	7	5	5	10	7	11	5	15	5	6	3
29	13	3	9	4	15	3	9	4	12	5	9	4
30	14	2	8	5	12	6	8	5	10	5	5	2
31	14	7	7	4	18	5	5	4	18	3	8	3
32	15	2	8	2	17	6	6	2	10	5	5	2
PROM	14	4	8	5	15	5	9	5	14	6	9	5
Nº	21	15	24	10	22	22	22	10	19	25	23	11
%	65,625	46,875	75,00	31,25	68,75	68,75	68,75	31,25	59,375	78,125	71,875	34,375

Los valores con color rojo son los que sobrepasan el valor de filas permitidas Si el 50% de los valores que están en la tabla no son sobrepasados quiere decir que el acceso no necesita un rediseño de los tiempos. Si el valor porcentual pasa los 50 % es necesario un rediseño del tiempo obteniendo un nuevo ciclo.

Tabla: 3.30 % DE VALORES PERMITIDOS Y NO PERMITIDOS

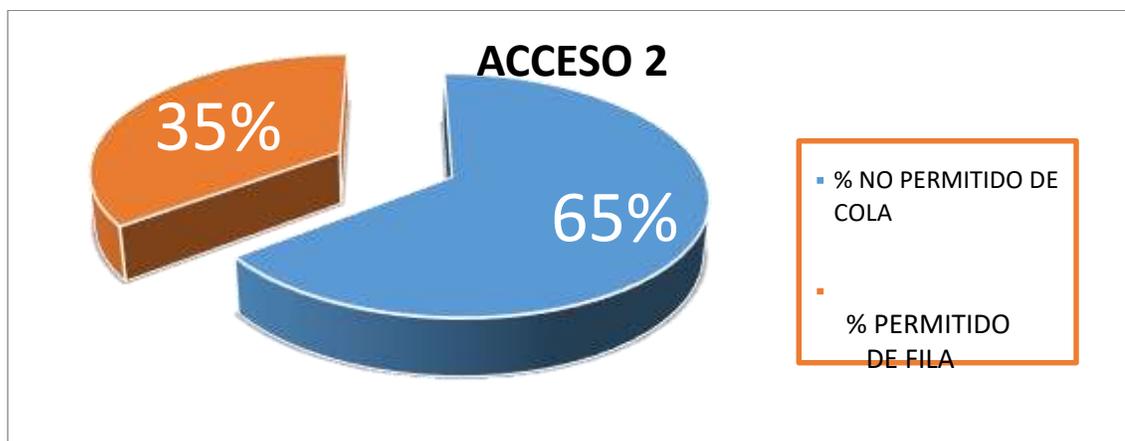
ACCESO	PROMEDIO	% PERMITIDO
		%NO PERMITIDO
1	65	35
2	65	35
3	72	28
4	32	68

GRAFÍCAS Nº 3.28 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 1 INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN



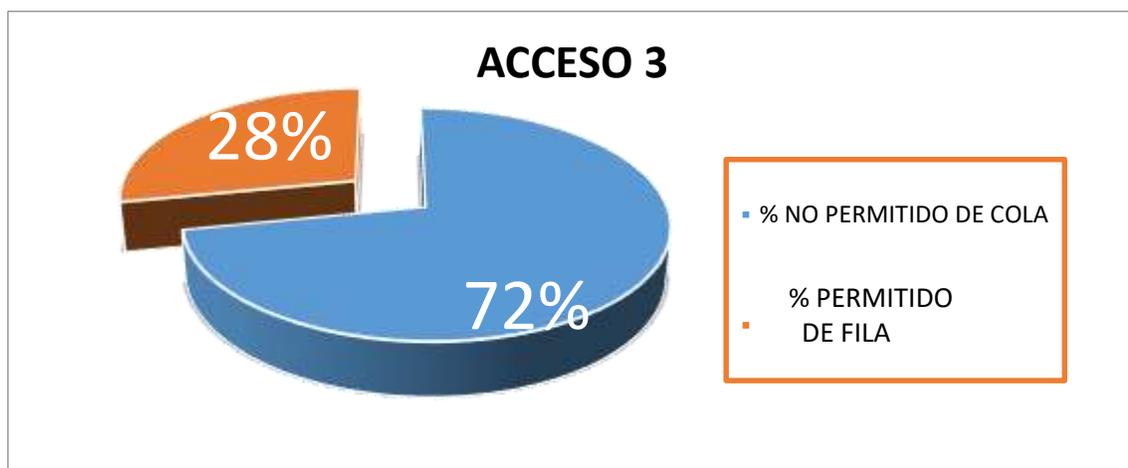
En la gráfica podemos ver más del 50% de los valores sobrepasan el número de filas permitido, con un 65 % de valores no permitidos lo que significa que se debe rediseñar el tiempo de ciclo del acceso.

GRÁFICAS Nº 3.29 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 2 INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN



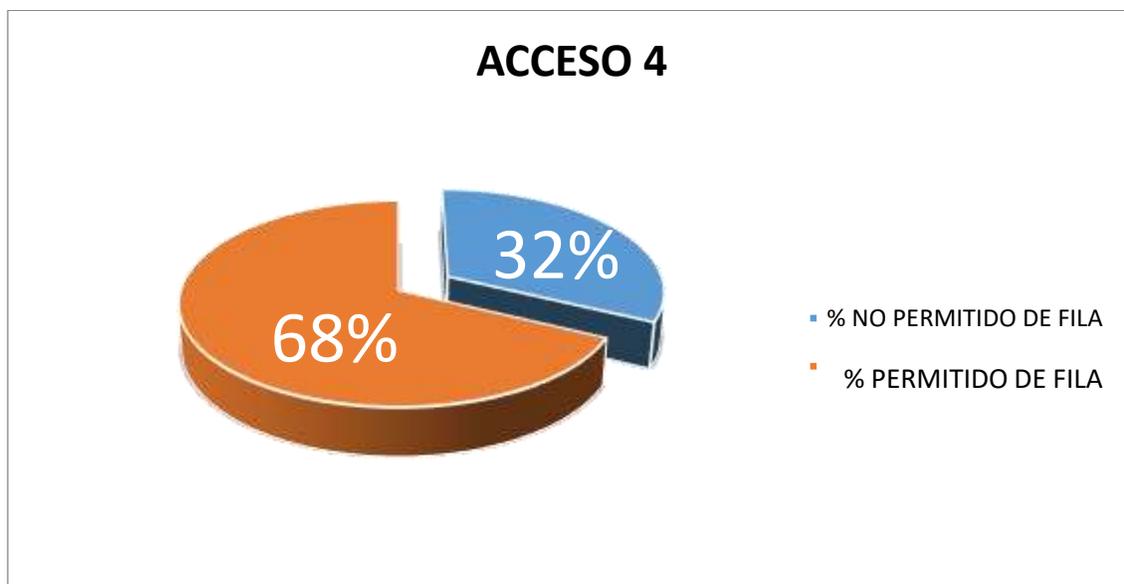
En la gráfica podemos ver más del 50% de los valores sobrepasan el número de filas permitido, con un 65 % de valores no permitidos lo que significa que se debe rediseñar el tiempo de ciclo del acceso 2.

GRAFICAS Nº 3.30 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 3 INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN



En la gráfica podemos ver más del 50% de los valores sobrepasan el número de filas permitido, con un 72 % de valores no permitidos lo que significa que se debe rediseñar el tiempo de ciclo del acceso.

GRAFICAS Nº 3.31 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 4 INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN



En la gráfica podemos ver que los valores no sobrepasan los 50% de valores los que significa que este acceso está funcionando de manera correcta.

La mayoría de los acceso tienen problemas de funcionamiento debido a la acumulación de colas de vehículos con un 65%,65%y 72% lo que se sugiere rediseñar los tiempos de la intersección para poder optimizar el funcionamiento de los semáforos para solucionar el problemas de colas y de congestionamiento.

B) ANÁLISIS DE FILAS INTERSECCIÓN AV. FONT Y CIRCUNVALACIÓN

$$N^{\circ}DEVEH. = \frac{Dist. de acceso}{Dist. promediodeveh} - 2$$

Donde:

N°DEVEH. = Numero de vehículos permitidos en fila

Dist. de acceso = Distancia del acceso en (mts)

Dist. promediodeveh. = Distancia promedio de vehículo (6 mts)

Acceso	Dist. De la cuadra (D1)
1	100
2	80
3	60

CÁLCULO DE N° PERMITIDOS POR FILA

Acceso	dist. De la cuadra (D1)	dist, promedio de v	D1 / D2	(D1 / D2)-2	50%((D1 / D2)-2)	N°PERMITIDOS DE COLA
1	100	6	16	14	7	7
2	80	6	13	11	6	6
3	60	6	10	8	4	4

Al valor que obtenemos de los números permitidos por colas se lo multiplica por el 50% con ese valor se clasifican las filas siendo el valor permitido

TABLA Nº 3.31 NÚMERO DE FILAS INTERSECCIÓN FONT Y CIRCUNVALACIÓN.

Nº			mañana	MEDIO DIA			NOCHE		
	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3
1	8	6	2	5	4	4	6	8	4
2	6	7	3	4	5	5	5	7	5
3	9	5	4	6	6	6	4	8	4
4	7	5	5	7	6	5	6	6	5
5	9	6	4	4	7	5	2	8	6
6	6	8	3	8	8	3	6	7	2
7	8	4	3	10	4	2	3	5	4
8	10	6	5	9	6	5	5	5	5
9	8	5	6	7	10	7	9	6	6
10	6	6	4	8	4	3	8	6	4
11	10	5	5	10	11	6	10	4	6
12	8	4	3	7	5	5	10	6	5
13	6	8	4	9	9	2	12	8	6
14	10	9	6	6	8	3	11	4	2
15	5	6	3	7	10	4	9	5	3
16	6	8	3	4	9	5	10	6	5
17	10	7	5	8	8	4	8	8	4
18	6	9	3	6	10	6	5	9	7
19	5	6	2	7	5	2	6	9	8
20	7	8	3	8	3	4	5	5	6
21	6	5	8	7	4	3	14	4	6
22	9	9	2	8	3	4	12	6	5
23	5	6	8	2	10	2	10	8	4
24	8	8	3	5	11	4	9	10	2
25	5	4	3	8	5	1	5	8	6
26	6	9	6	9	10	2	6	10	3
27	2	6	2	8	9	3	10	10	5
28	10	8	5	9	5	6	6	8	4
29	4	5	4	6	9	5	7	10	3
30	5	7	5	9	6	6	9	9	5
31	10	6	6	6	5	5	7	6	2
32	9	5	5	5	6	5	6	5	6
PROMEDIO	7	6	4	7	7	4	8	7	5
Nº	15	14	13	14	16	15	15	17	11
%	46,88	43,75	40,63	43,75	50,00	46,88	46,88	53,13	34,38

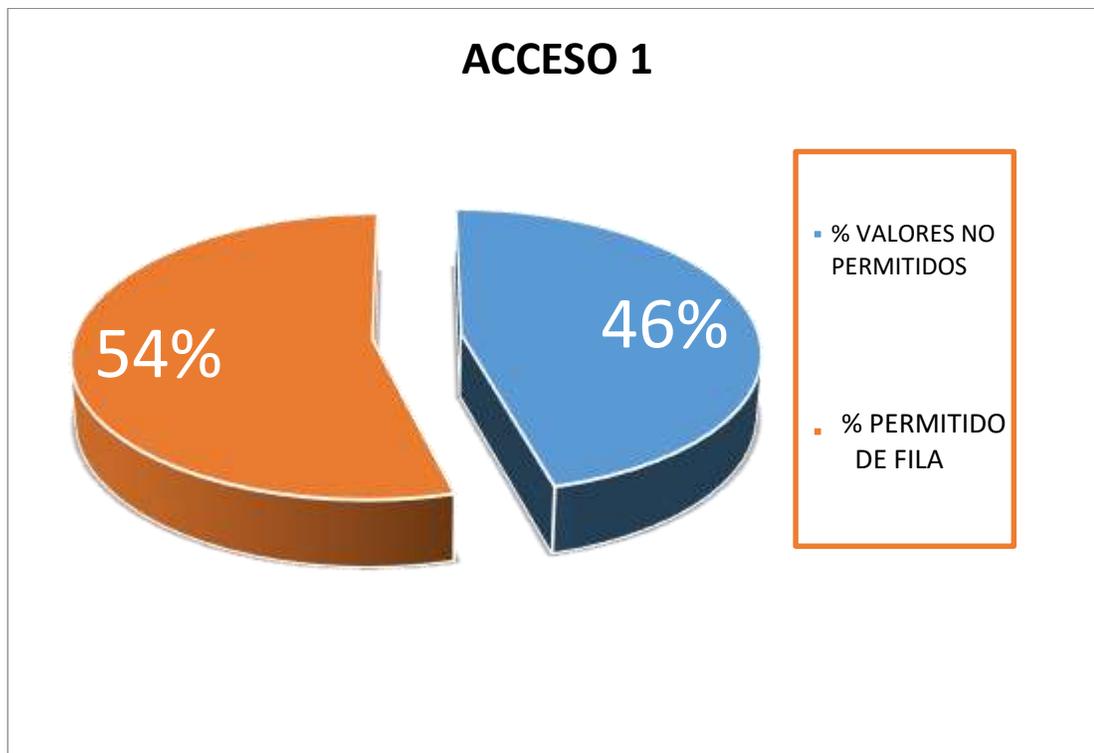
Los valores con color rojo son los que sobrepasan el valor de filas permitidas Si el 50% de los valores que están en la tabla no son sobrepasados quiere decir que el acceso no necesita un

rediseño de los tiempos. Si el valor porcentual pasa los 50 % es necesario un rediseño del tiempo obteniendo un nuevo ciclo.

Tabla: 3.32 % DE VALORES PERMITIDOS Y NO PERMITIDOS DE FILAS

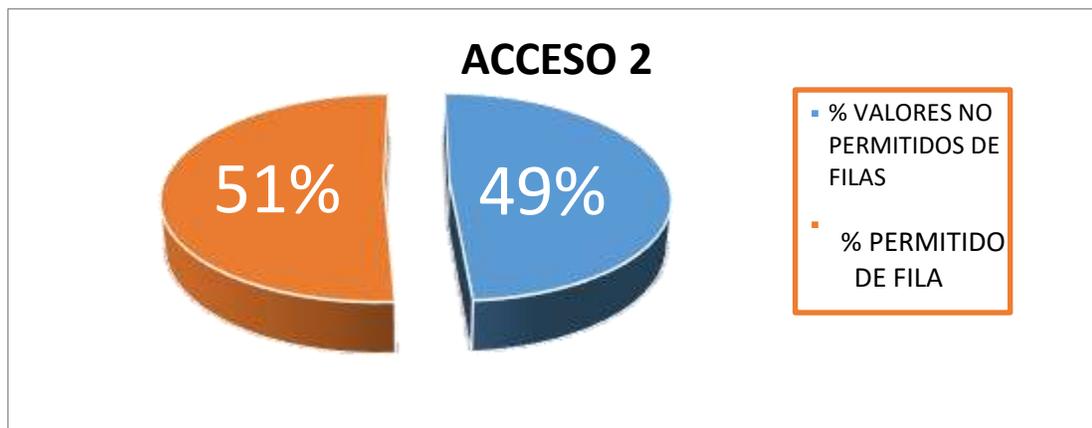
ACCESO	PROMEDIO	
	%	
1	46	54
2	49	51
3	41	59

GRÁFICAS Nº 3.32 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 1 INTERSECCIÓN FONT Y CIRCUNVALACIÓN



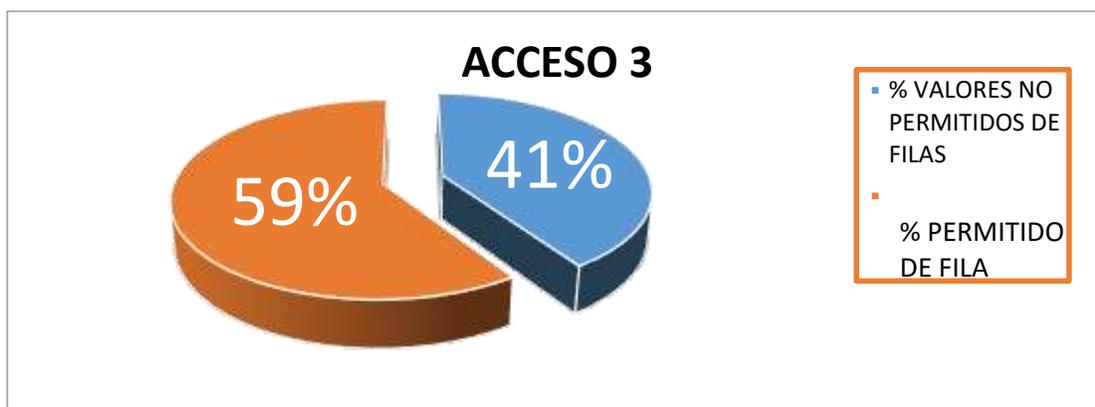
En la gráfica podemos ver que los valores no sobrepasan los 50% de valores permitidos, lo que significa que este acceso está funcionando de manera correcta.

GRÁFICAS Nº 3.33 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 2 INTERSECCIÓN FONT Y CIRCUNVALACIÓN



En la gráfica podemos ver que los valores no sobrepasan los 50% de valores permitidos, lo que significa que este acceso está funcionando de manera correcta.

GRÁFICAS Nº 3.34 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 3 INTERSECCIÓN FONT Y CIRCUNVALACIÓN



En la gráfica podemos ver que los valores no sobrepasan los 50% de valores los que significa que este acceso está funcionando de manera correcta.

Los acceso no tienen problemas de funcionamiento debido a que las colas no sobrepasan el número permitido, los semáforos de esta intersección están funcionando correctamente.

C) ANALISIS DE FILAS INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA

$$N^{\circ}DEVEH. = \frac{Dist. de acceso}{Dist. promediodeveh} - 2$$

Donde:

$N^{\circ}DEVEH.$ = Numero de vehículos permitidos en fila

$Dist. de acceso$ = Distancia del acceso en (mts)

$Dist. promediodeveh.$ = distancia promedio de vehículo (6 mts)

DATOS

Acceso	Dist. De la cuadra (D1)
1	130
2	115
3	200

CALCULO DE N° PERMITIDOS POR FILA

Acceso	dist. De la cuadra (D1)	dist, promedio de v (D2)	D1 / D2	(D1 / D2)-2	50%((D1 / D2)-2)	N° PERMITIDOS DE COLA
1	130	6	21	19	10	10
2	115	6	19	17	9	9
3	200	6	33	31	16	16

Al valor que obtenemos de los números permitidos por colas se lo multiplica por el 50% con ese valor se clasifican las filas siendo el valor permitido

Los valores de colas permitidos son mayores debido al tamaño de cada acceso

TABLA N° 3.33 NÚMERO DE FILAS INTERSECCIÓN ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA.

Nº	mañana			MEDIO DIA			NOCHE		
	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3
1	2	6	2	1	8	2	2	10	8
2	3	6	3	2	6	3	3	9	6
3	4	10	4	3	4	8	2	10	5
4	5	8	5	5	6	6	4	9	8
5	3	10	6	2	6	5	3	12	6
6	4	8	2	4	10	8	5	11	5
7	5	8	3	2	8	6	6	9	2
8	6	6	5	3	6	5	2	10	3
9	4	4	6	4	8	2	3	9	4
10	5	5	3	1	10	3	5	10	5
11	4	6	2	2	12	4	4	9	2
12	2	8	5	3	10	5	2	2	3
13	4	6	6	4	10	2	6	10	5
14	3	7	2	5	12	3	2	13	4
15	2	8	4	3	10	5	5	9	6
16	4	10	6	6	12	4	8	10	8
17	5	10	3	2	12	6	6	10	2
18	2	6	5	4	10	8	3	8	3
19	3	10	3	3	9	2	5	9	4
20	2	8	2	2	10	3	4	10	8
21	5	9	6	4	10	4	2	10	6
22	2	10	3	5	8	8	4	12	5
23	6	9	5	2	10	6	4	10	8
24	2	10	6	3	9	5	4	10	5
25	4	10	2	2	9	8	6	9	5
26	2	9	2	4	10	5	4	12	6
27	3	5	3	2	8	5	4	11	6
28	1	8	2	3	10	6	4	12	8
29	4	9	2	5	9	6	6	8	2
30	2	10	2	6	10	8	2	7	6
31	4	10	3	2	9	2	4	8	4
32	2	12	4	4	10	6	2	9	6
Nº	0	11	0	0	17	0	0	18	32
%	0	34,38	0	0	53,13	0	0	56,25	0

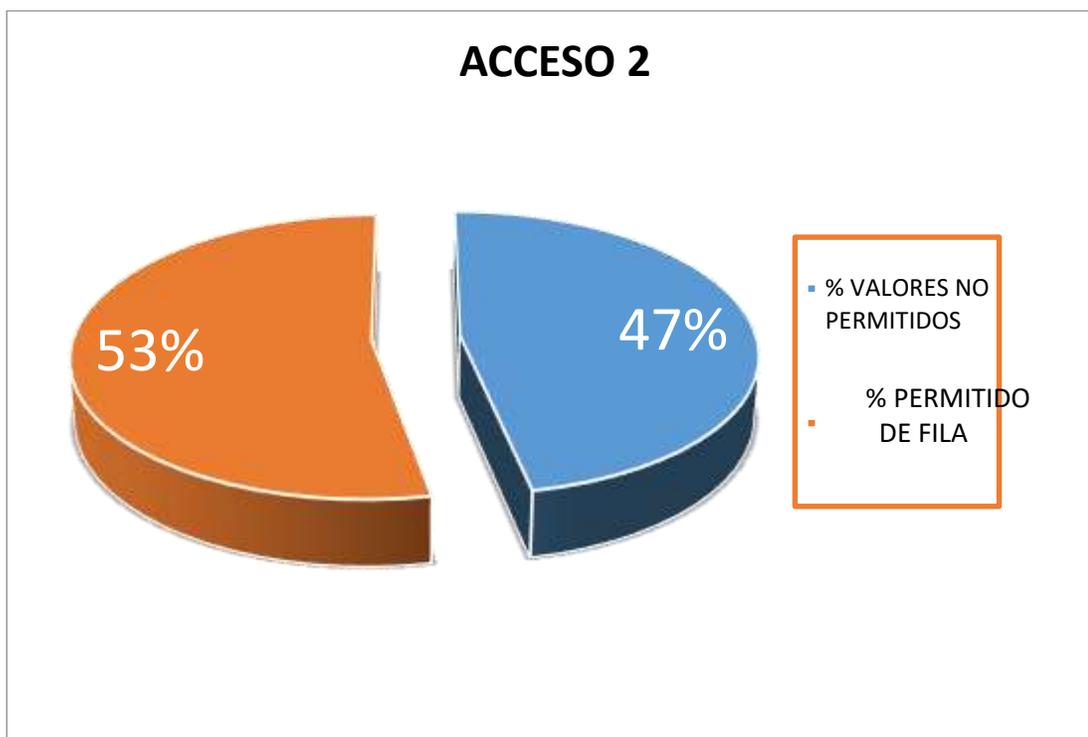
Los valores en el acceso 1 y 3 son cero debido a que ningún valor sobrepasa los valores permitidos de filas, debido a que los valores son altos por que las intersecciones son largas y al poco volumen vehicular que transitan por estos accesos

ACCESO PROMEDIO %

	No permitido	permitido
1	0	100
2	47	53
3	0	100

GRAFICA

GRÁFICAS Nº 3.35 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS



Este acceso es el que mayor volumen vehicular tiene y genera filas , pero las filas están dentro de los parámetros permitidos , no sobre pasan el 50% de los valores permitidos lo que quiere decir que los tiempos de los semáforos están correctos y no necesitan ningún ajuste

D) ANALISIS DE FILAS INTERSECCIÓN AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

$$N^{\circ}DEVEH. = \frac{Dist. de acceso}{Dist. promediodeveh} - 2$$

Donde:

N°DEVEH. = Número de vehículos permitidos en fila

Dist. de acceso = Distancia del acceso en (mts)

Dist. promediodeveh. = distancia promedio de vehículo (6 mts)

DATOS

ACCESO	DIST. DE LA CUADRA (D1)
1	70
2	20
3	80

CALCULO DE N° PERMITIDOS POR FILA

Acceso	Dist. De la cuadra (D1)	Dist, promedio de vehículos (D2)	D1 / D2	(D1 / D2)-2	50%((D1 / D2))	VALORES PERMITIDOS DE COLA
1	70	6	11	9	5	5
2	20	6	3		2	2
3	80	6	13	11	6	6

El acceso 2 es particular debido a su tamaño y ubicación ya que se encuentra muy cerca de una rotonda y tiene restringido la filas de más de dos autos si excede este número puede llegar a ser peligroso.

TABLA N° 3.34 NÚMERO DE FILAS AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS

Nº	mañana			MEDIO DIA			NOCHE		
	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 1	acceso 2	acceso 3
1	6	2	5	4	2	5	4	2	4
2	5	3	6	5	1	4	5	1	5
3	6	2	5	4	2	5	4	2	4
4	4	2	6	6	1	6	5	2	7
5	5	3	7	5	1	7	6	2	8
6	4	1	6	4	2	8	4	1	7
7	6	2	4	6	1	7	6	2	8
8	4	1	4	4	1	8	7	1	7
9	7	2	3	5	1	8	8	2	5
10	7	1	4	6	2	3	6	3	4
11	6	2	7	6	1	6	6	2	4
12	6	2	8	3	1	5	6	3	5
13	5	3	7	4	2	2	7	1	6
14	4	2	7	6	1	3	6	2	4
15	6	1	8	3	2	7	7	3	7
16	5	1	4	4	3	6	6	2	8
17	4	2	3	6	2	4	7	2	7
18	6	2	6	3	1	8	2	3	8
19	5	2	2	5	2	7	4	1	3
20	4	2	4	6	3	6	6	1	5
21	6	2	7	7	2	8	2	2	4
22	6	2	4	8	3	7	5	1	4
23	5	3	5	6	4	4	2	1	4
24	6	1	7	7	2	5	3	1	5
25	6	2	8	8	3	6	4	1	4
26	3	2	7	7	1	7	6	2	6
27	2	1	8	5	2	5	7	3	4
28	6	2	3	4	3	7	8	2	6
29	4	2	6	8	2	4	6	1	6
30	3	2	5	7	2	8	1	2	6
31	3	2	4	6	3	7	2	1	5
32	3	2	7	7	3	8	4	2	6
Nº	14	4	12	17	8	15	18	5	9
%	43,75	12,5	37,5	53,125	25	46,875	56,25	15,625	28,125

Los valores del acceso 3 y 2 son menores al del acceso 1 tiene mayor volumen vehicular, los valores no permitidos llegan al 51 %

El valor de las filas en el acceso 2 es muy restringido debido al tamaño y ubicación del acceso

ACCESO

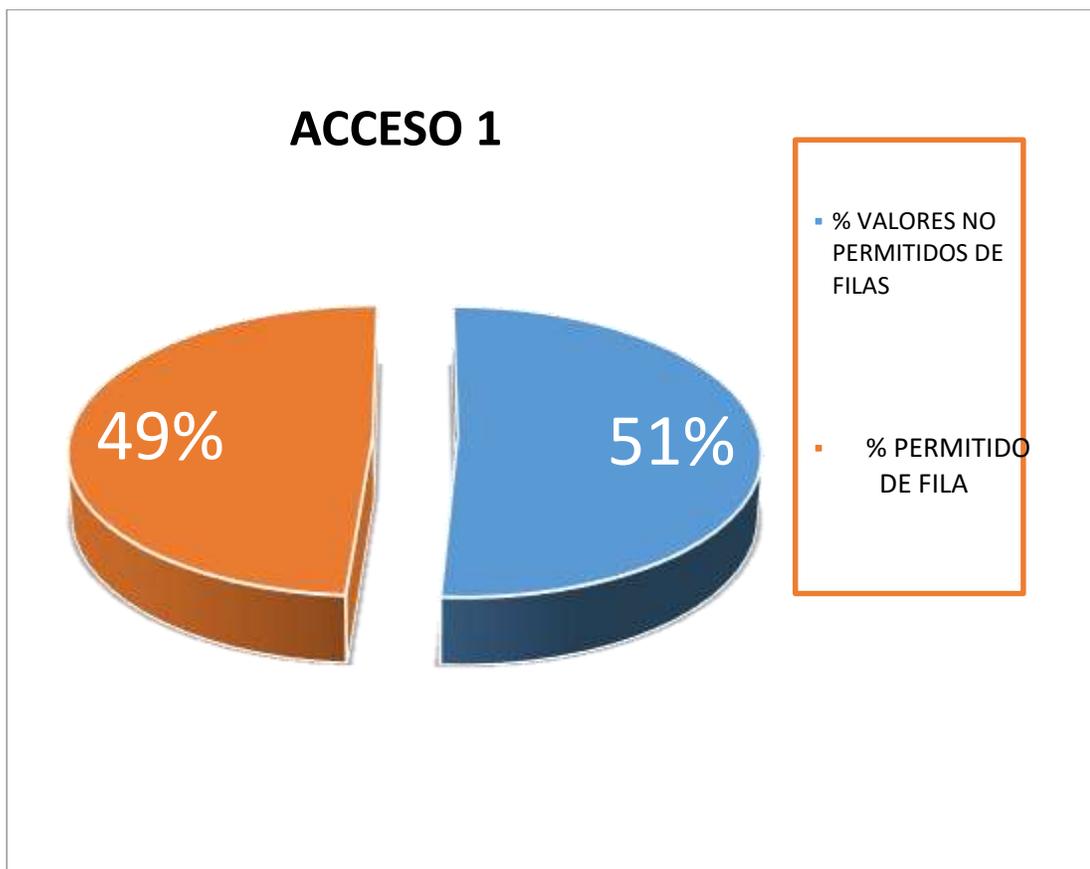
PROMEDIO % no

permitido

permitido

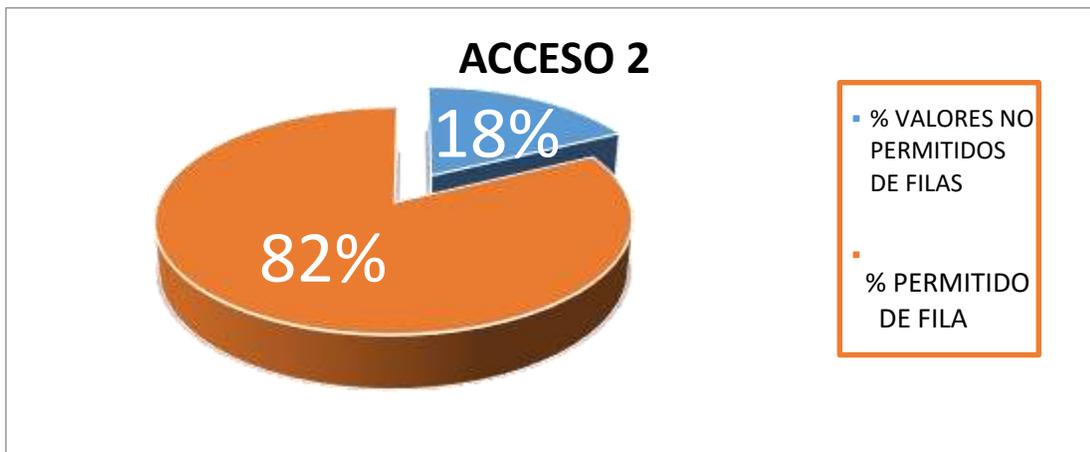
1	51	49
2	18	82
3	38	63

GRAFICAS Nº 3.36 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 1 AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS.



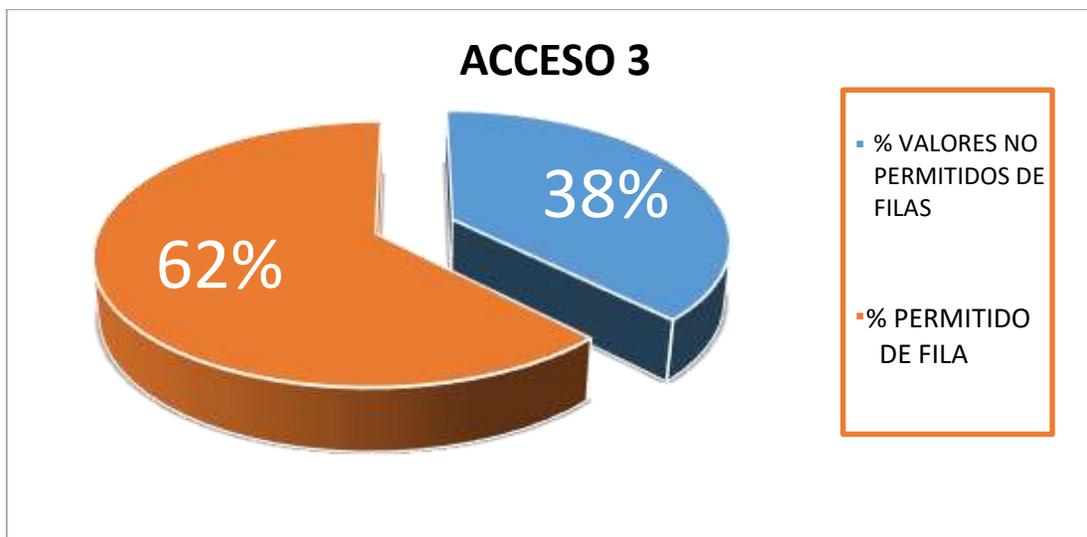
Los valores no permitidos superan ligeramente a los valores permitidos siendo la diferencia muy corta.

GRAFICAS Nº 3.37 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 2 AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS.



Los valores permitidos son más altos que los no permitidos, el semáforo funciona correctamente en este acceso

GRAFICAS Nº 3.38 % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 3 AV. JAIME PAZ ZAMORA Y LAS BRASAS.



Los valores permitidos son más altos que los no permitidos, el semáforo funciona correctamente en este acceso

3.10 REDISEÑO DE LOS TIEMPOS DE SEMAFOROS

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y AV. CIRCUNVALACIÓN

Tiempo de ciclo adoptado 42 segundos

$$C = T_v + T_r + t_{Aida} + t_{Avuelta} \quad \text{ec.1}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

T_v = Tiempo verde

t_{Aida} = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$t_{Avuelta}$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

2.10.1.1 PARA LA FASE VERDE

$$\frac{t_v * t_{a\text{ ida}}}{V_a} = \frac{t_R * t_{a\text{ vuelta}}}{V_B} \quad \text{ec.2}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

T_v = Tiempo verde

t_{Aida} = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$t_{Avuelta}$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

V_a = Volumen de un acceso A

V_B = Volumen del acceso B (transversal)

Haciendo operaciones con la ecuación 1 y 2 podemos obtener la siguiente igualdad para un tiempo de fase verde en el acceso B.

$$t_{vB} = \frac{C - t_{ai} - t_{av}}{\frac{V_a}{V_B} + 1}$$

Con esta igualdad obtenemos el tiempo de fase verde, posteriormente reemplazando en la ecuación 1 obtenemos el tiempo de fase roja.

$$T_r = C - T_{aida} - T_{avuelta} - T_{vB}$$

A) INTERSECCION AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACION

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)
--------	------------------

1	753
2	550
3	778
4	400

DATOS

C= 42 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{acceso\ 2} = \frac{42 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{753}{550}\right)} = 16 \text{ segundos}$$

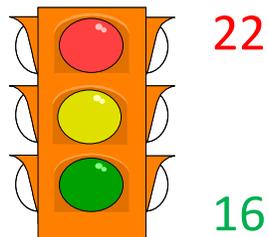
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{acceso\ 2}$$

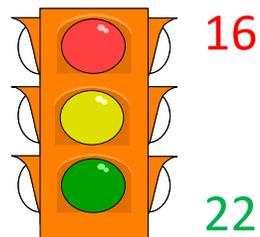
$$TIEMPOROJO = (42 - 2 - 2) - 14 = 22$$

INTERSECCION AV.GAMONEDA Y CIRCUNVALACION

AV GAMONEDA



AV. CIRCUNVALACIÓN



COMPROBAMOS SI EL NUEVO TIEMPO DE CICLO SUGERIDO ES ADECUADO

AV. CIRCUNVALACION ACCESO 1

Esta relación nos permite establecer las variables para poder obtener el número determinado de filas, donde el tiempo en verde es el tiempo de fase del semáforo donde permite el paso movimiento de vehículos, el número de vehículos permitidos es la relación entre distancia entre intersecciones sobre el valor de casilla de un vehículo.

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = \frac{nuevotiempoverde * n^{\circ}devhiculospermitidos}{tiempoverde}$$

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = \frac{22seg * 13veh.}{18seg}$$

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = 16veh.$$

NOTA: EL nuevo número de vehículos permitidos en filas se amplía a 16 vehículos

AV. CIRCUVALACION ACCESO 3

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = \frac{nuevotiempoverde * n^{\circ}devhiculospermitidos}{tiempoverde}$$

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = \frac{22seg * 7veh.}{18seg}$$

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = 9veh.$$

EL nuevo número de vehículos permitidos en filas se amplía a 9 vehículos

AV. GAMONEDA ACCESO 2

$$N^{\circ}deveh. permitidosenfila = \frac{nuevotiempoverde * n^{\circ}devhiculospermitidos}{tiempoverde}$$

$$N^{\circ} \text{de veh. permitidos en fila} = \frac{16 \text{seg} * 4 \text{veh.}}{14 \text{seg}}$$

$$N^{\circ} \text{de veh. permitidos en fila} = 5 \text{veh.}$$

NOTA: EL nuevo número de vehículos permitidos en filas se amplía a 5 vehículos

AV. GAMONEDA ACCESO 4

$$N^{\circ} \text{de veh. permitidos en fila} = \frac{\text{nuevo tiempo verde} * n^{\circ} \text{de vehiculos permitidos}}{\text{tiempo verde}}$$

$$N^{\circ} \text{de veh. permitidos en fila} = \frac{16 \text{seg} * 6 \text{veh.}}{14 \text{seg}}$$

$$N^{\circ} \text{de veh. permitidos en fila} = 7 \text{veh.}$$

NOTA: EL nuevo número de vehículos permitidos en filas se amplía a 7 vehículos

TABLA DE FILAS

Acceso	dist. De la cuadra (D1)	dist, prom. de veh. (D2)	D1 / D2	(D1 / D2)-2	((D1 / D2)-2)*50%	Nº PERMITIDOS DE COLA
1	170	6	28	26	13	16
2	60	6	10	8	4	5
3	100	6	17	15	7	9
4	85	6	14	12	6	7

Esta tabla muestra los nuevos valores permitidos de fila para poder verificar si el tiempo en verde calculado se ajusta a la tabla de filas que aforamos.

TABLA Nº 3.35 NÚMERO DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS INTERSECCIÓN GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN

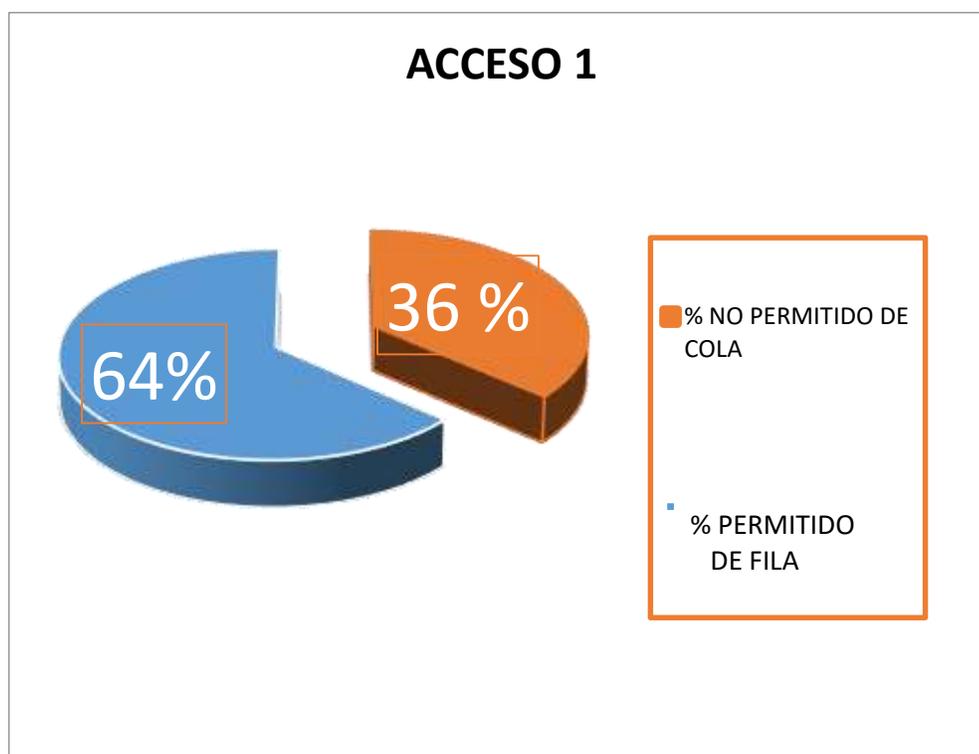
Nº	mañana				MEDIODIA				NOCHE			
	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4	acceso 1	acceso 2	acceso 3	acceso 4
1	14	5	8	8	15	5	8	6	14	5	8	5
2	18	6	10	4	17	8	15	4	17	5	6	4
3	14	5	8	5	17	7	8	5	18	8	8	3
4	15	2	9	5	15	2	6	5	17	6	10	6
5	10	5	8	4	18	4	10	4	17	9	12	2
6	13	1	6	5	17	8	5	5	18	8	6	5
7	15	4	8	8	15	4	12	7	10	9	10	4
8	18	6	6	4	17	4	10	4	14	6	12	6
9	14	3	10	5	18	3	9	5	17	5	8	7
10	12	2	8	8	12	8	8	6	18	3	10	5
11	10	4	6	8	10	4	6	8	10	2	14	8
12	15	5	10	2	18	4	10	2	17	3	6	6
13	15	3	6	3	17	3	5	3	15	5	8	8
14	17	2	14	4	10	7	8	4	17	8	16	4
15	10	3	6	8	10	3	6	7	10	9	15	6
16	11	6	10	5	15	6	10	5	18	5	8	8
17	12	6	12	7	12	6	12	6	10	7	6	5
18	17	5	10	7	14	7	5	6	9	9	10	4
19	15	2	6	4	17	2	8	4	10	3	12	6
20	10	6	8	5	10	6	10	5	10	9	14	8
21	11	2	12	4	15	2	12	4	12	8	10	4
22	12	6	10	3	12	4	5	3	18	5	9	2
23	17	3	10	7	17	3	10	7	14	9	10	3
24	12	8	8	7	17	4	8	6	12	2	5	4
25	17	2	5	5	18	2	8	5	10	3	15	6
26	10	1	10	4	17	6	10	4	14	8	5	5
27	17	3	10	8	15	3	5	6	18	9	12	2
28	15	7	5	5	10	7	11	5	15	5	6	3
29	13	3	9	4	15	3	9	4	12	5	9	4
30	14	2	8	5	12	6	8	5	10	5	5	2
31	14	7	7	4	18	5	5	4	18	3	8	3
32	18	2	8	2	17	6	6	2	10	5	5	2
PROM.	14	4	8	5	15	5	8	5	14	6	9	5
Nº	8	9	11	6	14	13	12	2	13	15	15	3
%	25	28,125	34,38	18,75	43,75	40,625	37,5	6,25	40,625	46,875	46,875	9,375

Los valores con color rojo son los que sobrepasan el valor de filas permitidas Si el 50% de los valores que están en la tabla no son sobrepasados quiere decir que el acceso no necesita un rediseño de los tiempos. Si el valor porcentual pasa los 50 % es necesario un rediseño del tiempo obteniendo un nuevo ciclo.

Tabla3.36: % DE VALORES PERMITIDOS Y NO PERMITIDOS DE FILAS

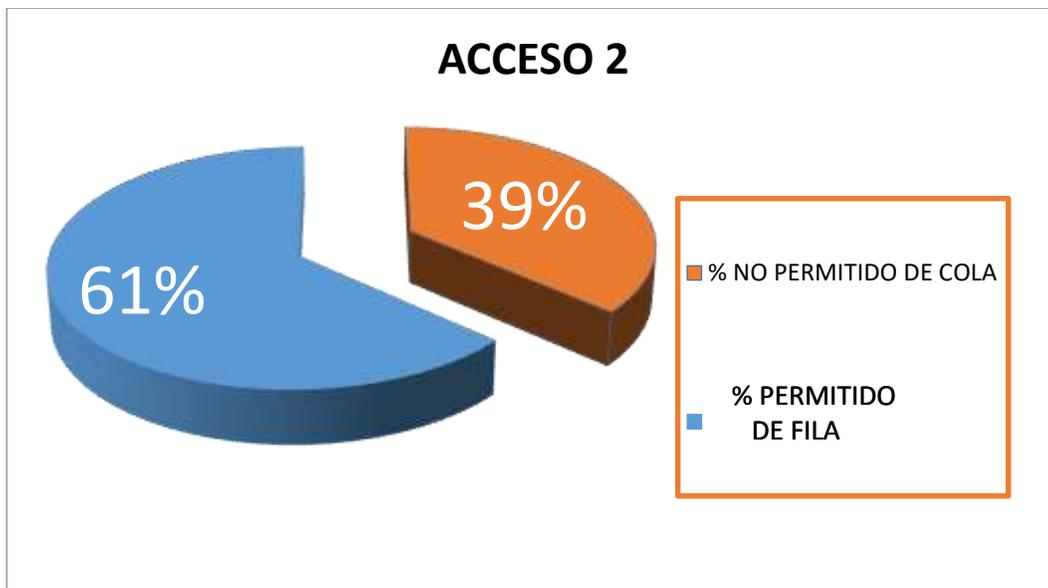
ACCESO	PROMEDIO	%
	% NO PERMITIDO	PERMITIDO
1	35	65
2	39	61
3	40	60
4	11	89

GRAFICAS N° 3.39 NUEVO % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 1 AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN.



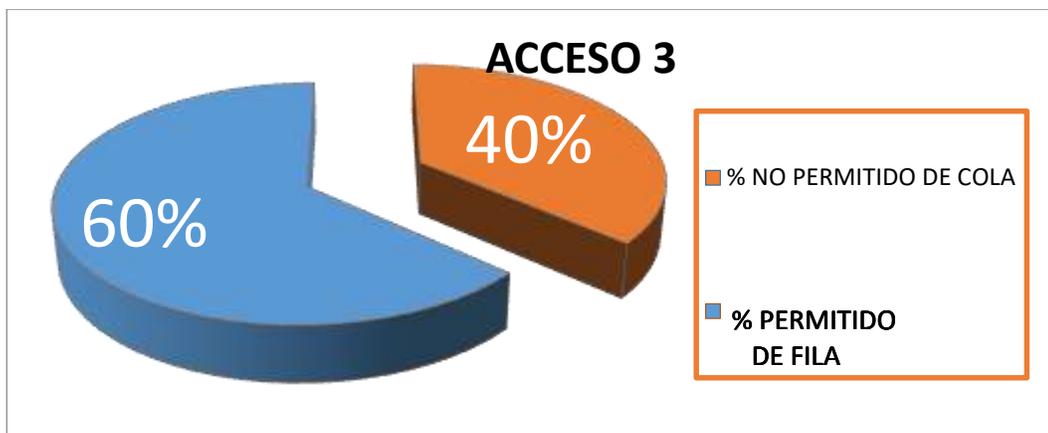
El valor permitido de fila supera los 50% debido al cambio del tiempo y de esa manera funciona mejor el semáforo

GRAFICAS Nº 3.40 NUEVO % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 2 AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN.



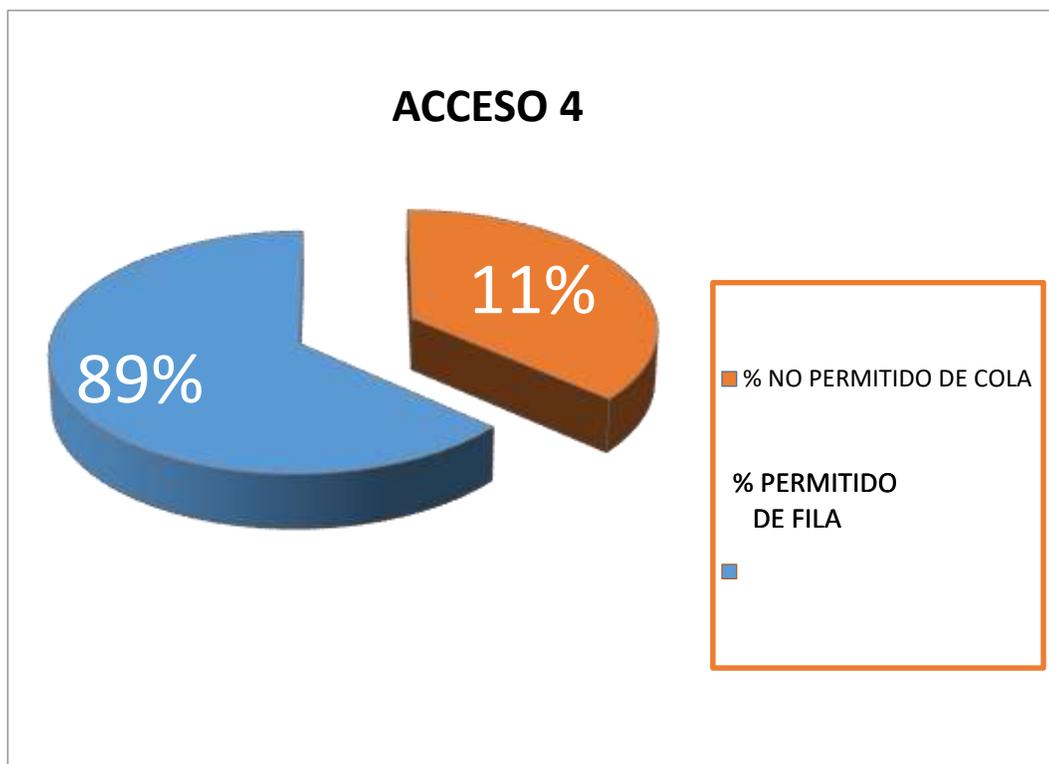
Los valores permitidos son más altos que los no permitidos, el semáforo funciona correctamente en este acceso

GRAFICAS Nº 3.41 NUEVO % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 3 AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN.



Los valores permitidos son más altos que los no permitidos, el semáforo funciona correctamente en este acceso

GRAFICAS N° 3.42 NUEVO % DE FILAS PERMITIDAS Y NO PERMITIDAS ACCESO 4 AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN.



Los valores permitidos son más altos que los no permitidos, el semáforo funciona correctamente en este acceso

3.11SEMAFORIZACIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

3.11.1 DISEÑO DE TIEMPOS DE SEMÁFORO EN LA INTERSECCIÓN AVENIDA DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

Tiempo de ciclo adoptado 38

$$C = Tv + Tr + tAida + tAvuelta \quad \text{ec.1}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

Tv = Tiempo verde

$tAida$ = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$tAvuelta$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

PARA LA FASE VERDE

$$\frac{t_v * t_a \text{ ida}}{V_a} = \frac{t_R * t_a \text{ vuelta}}{V_B} \quad \text{ec.2}$$

Donde:

C = tiempo de ciclo

Tv = Tiempo verde

$tAida$ = Tiempo amarillo de ida (2seg)

$tAvuelta$ = Tiempo amarillo de vuelta (2seg)

V_a = Volumen de un acceso A

V_B =Volumen del acceso B (transversal)

Haciendo operaciones con la ecuación 1 y 2 podemos obtener la siguiente igualdad para un tiempo de fase verde en el acceso B.

$$t_{vB} = \frac{C - t_{ai} - t_{av}}{\frac{V}{V_B} + 1}$$

Con esta igualdad obtenemos el tiempo de fase verde, posteriormente reemplazando en la ecuación 1 obtenemos el tiempo de fase roja.

$$Tr = C - Taida - Tavuelta - TvB$$

E) INTERSECCIÓN AV. DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

ACCESO	VOLUMEN (Veh/h)
1	624
2	379
3	432
4	225

DATOS

C= 38 Segundos

Ta ida= 2 segundos

Ta vuelta = 2 segundos

$$TIEMPOVERDE = \frac{C - T_{Ai} - T_{av}}{1 + \left(\frac{volA}{volB}\right)}$$

$$TIEMPOVERDE_{acceso B} = \frac{38 - 2 - 2}{1 + \left(\frac{624}{432}\right)} = 14 \text{ segundos}$$

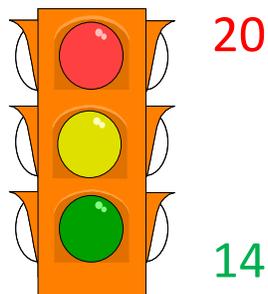
TIEMPO DE ROJO

$$TIEMPOROJO = (C - T_{ai} - T_{av}) - \text{tiempoverde}_{acceso B}$$

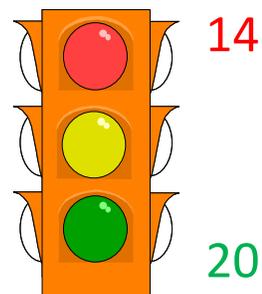
$$TIEMPOROJO_{acceso B} = (38 - 2 - 2) - 14 = 20 \text{ Segundos}$$

INTERSECCION AV.GAMONEDA Y CIRCUNVALACION

AV DELIO ECHAZU



AV. GAMONEDA



3.12 DISEÑO DE LA SEÑALIZACIÓN

Para el diseño de la señalización en cada una de las intersecciones a ser analizadas se procedió a realizar una inspección visual, para poder determinar el estado de las señales tanto verticales como horizontales

En dicha inspección se notó que las señales que existen en los pavimentos se encuentran en mal estado y que en varias intersecciones no existen señales o que están en muy mala situación llegando a no ser perceptibles tanto para peatones como para los conductores siendo un riesgo alto para posibles accidentes

Mediante fotografías exponemos el estado en el que están las señales en cada una de las intersecciones:

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y AV. CIRCUNVALACIÓN



En esta intersección no existe ningún tipo de señalización horizontal ni vertical, esto puede ocasionar muchos accidentes tanto para los peatones como para los conductores.

Las señales verticales y horizontales son muy importantes tanto para la seguridad vial como para la estética de la ciudad.

NO EXISTEN:

LÍNEAS DE PEATON

LÍNEAS DE CARRIL

FLECHAS DIRECCIONALES

SEÑALIZACION VERTICAL

LÍNEAS DE SEGURIDAD DE CORDONES

BANDA DE SEGURIDAD DE CORDONES (NO EXISTE)



LÍNEAS DE PASO DE PEATONES



LÍNEAS SEPARADORAS DE CARRIL



B) INTERSECCIÓN AV. MONSEÑOR FONT Y AV. CIRCUNVALACIÓN

LÍNEAS DE PASO PEATONAL (EN MAL ESTADO)



BANDA DE SEGURIDAD DE CORDONES (EN MAL ESTADO)



Los cordones están en mal estado, es necesario un repintado de la señalización

D) INTERSECCIÓN AV. ROBERTO ROMERO Y AV. JAIME PAZ ZAMORA

LÍNEAS DE PASO PEATONAL (NO EXISTE EN EL ÁREA)

Los cordones se encuentran en mal estado y no se cuenta con la señalización correspondiente

BANDA DE SEGURIDAD DE CORDONES



E) INTERSECCIÓN AV. DELIO ECHAZÚ Y GAMONEDA

PASO PEATONAL ACCESO 4 (AV. DELIO ECHAZÚ)



En la fotografía podemos evidenciar el mal estado del paso peatonal (líneas de cebra)

PASO PEATONAL ACCESO 2 (AV. GAMONEDA)



PASO PEATONAL ACCESO 3 (AV. DELIO ECHAZU)



CORDÓN SIN PINTAR



No existe la franja de seguridad de color amarillo y negro, en los cordones para que los conductores puedan tener mejor visibilidad y seguridad cuando transitan por el lugar.





SEÑALIZACIÓN VERTICAL



Fuente: Propia

Existen solo 3 letreros de señalización vertical que se encuentran en mal estado debido a la acción del clima

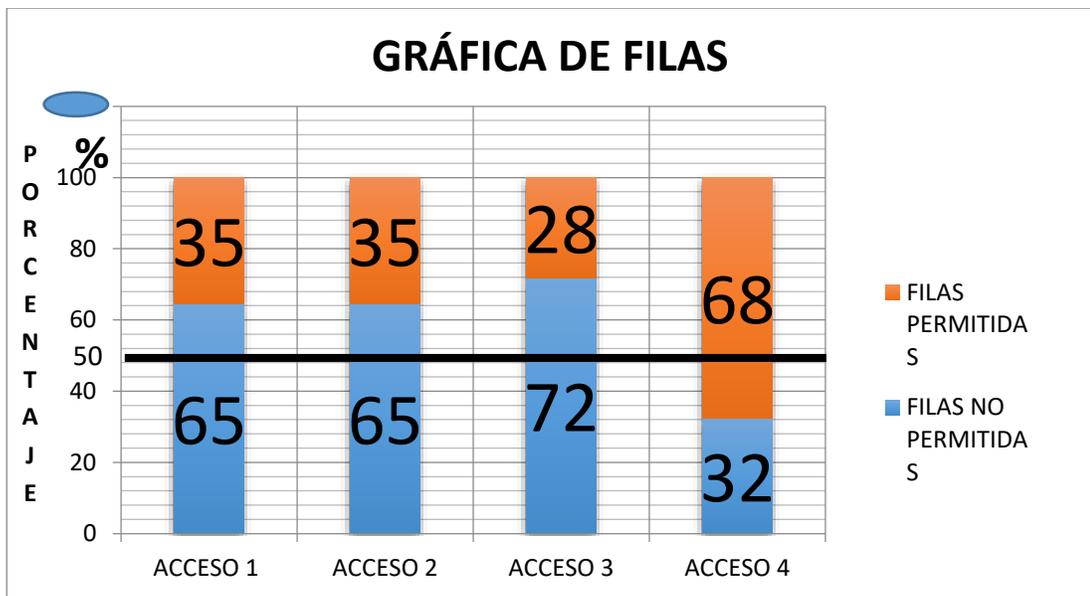


3.13 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A) INTERSECCIÓN AV. GAMONEDA Y AV.CIRCUNVALACIÓN

Para cada acceso de la intersección se analizó sus filas por separado es decir que para el acceso 1 se determinó un numero de fila permitido de 13 vehículos, para el acceso 2 el número de fila permitido fue de 4, para el acceso 3 el número de filas permitidos fue de 7 y para el acceso 4 el número de filas permitido fue de 6.

El acceso 1 es el más largo de la intersección es por eso que el número de colas es mayor y permite acumular colas hasta 13 vehículos

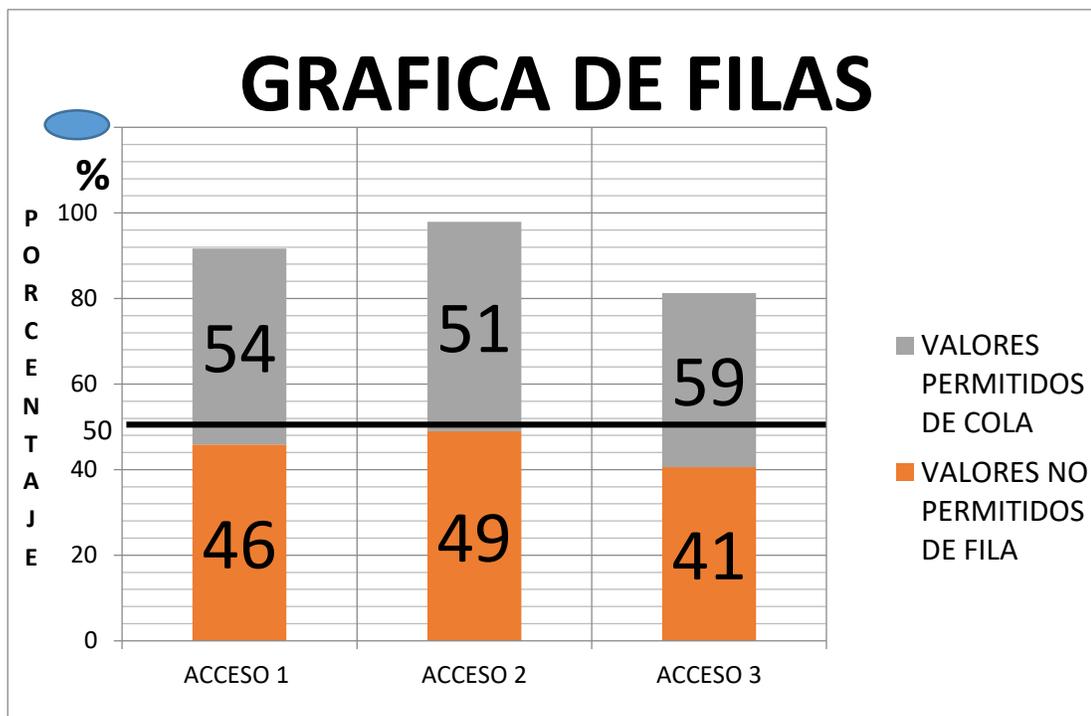


En la gráfica notamos que más del 50 % de las filas permitidas fueron rebasadas, en los accesos 1,2y 3, en el acceso 4 los niveles de colas permitidas no fueron rebasados. Lo que significa que los acceso 1, 2 y 3 están congestionadas y no así el acceso 4 se sugiere rediseñar los tiempos de semáforos para toda la intersección es decir los acceso 1, acceso 2, acceso 3 y acceso 4 respectivamente ya que la aumentar el tiempo en verde damos la posibilidad de aumentar el número de filas permitidas para así descongestionar la zona de estudio.

B) INTERSECCIÓN AV. FONT Y CIRCUNVALACIÓN

Esta intersección tiene una particularidad, tiene una rotonda y cuenta con 3 accesos de los cuales se determinaron los números de filas permitidas en el acceso 1 el número de filas permitidas es 7, en el acceso 2 los números de filas permitidos es 6 y en el acceso 3 el número de filas permitidos es 4.

GRAFICA DE FILAS AV. FONT Y CIRCUNVALACION

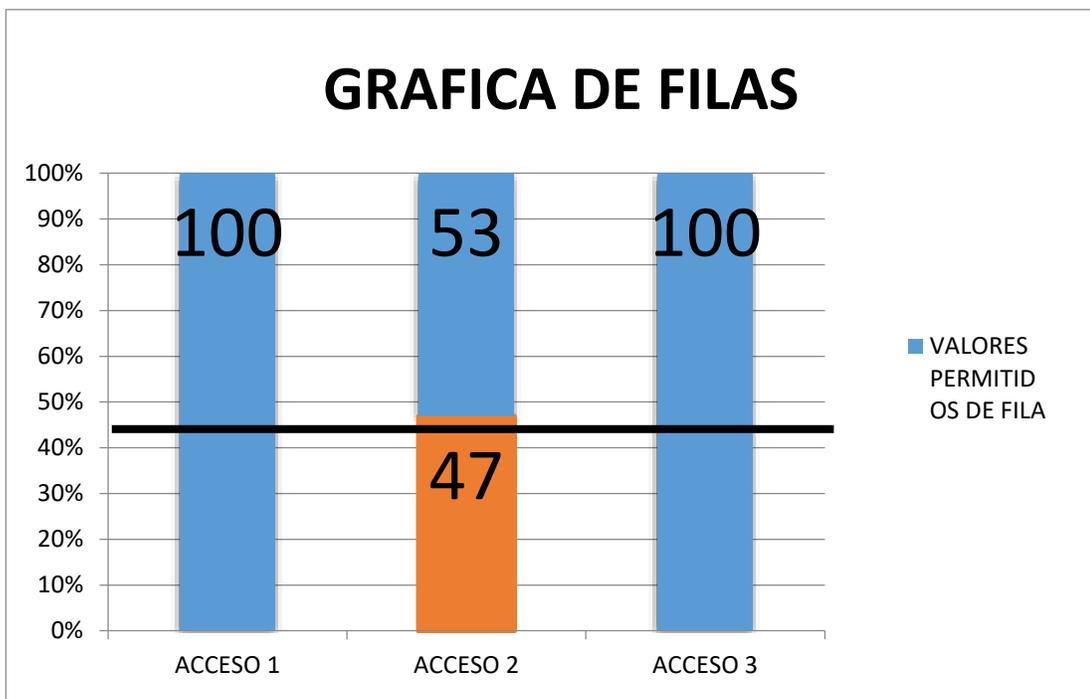


Vemos en la gráfica que los accesos no están congestionados ya que ninguno presenta un valor mayor a los 50 % de filas permitidas, no se genera congestión debido a la presencia de una rotonda que es un método de control de tránsito que ayuda de alguna manera a organizar el tráfico vehicular en la zona de estudio.

La intersección no necesita un rediseño de los tiempos de semáforo debido a que están funcionando de manera correcta y sin congestión

C) INTERSECCIÓN AV. ROMERO Y JAIME PAZ

Esta intersección cuenta con 3 accesos de los cuales se determinaron los números de filas permitidas en el acceso 1 el número de filas permitidas es 10, en el acceso 2 los números de filas permitidos es 9 y en el acceso 3 el número de filas permitidos es 16, los valores son altos debido a que estas intersecciones son largas

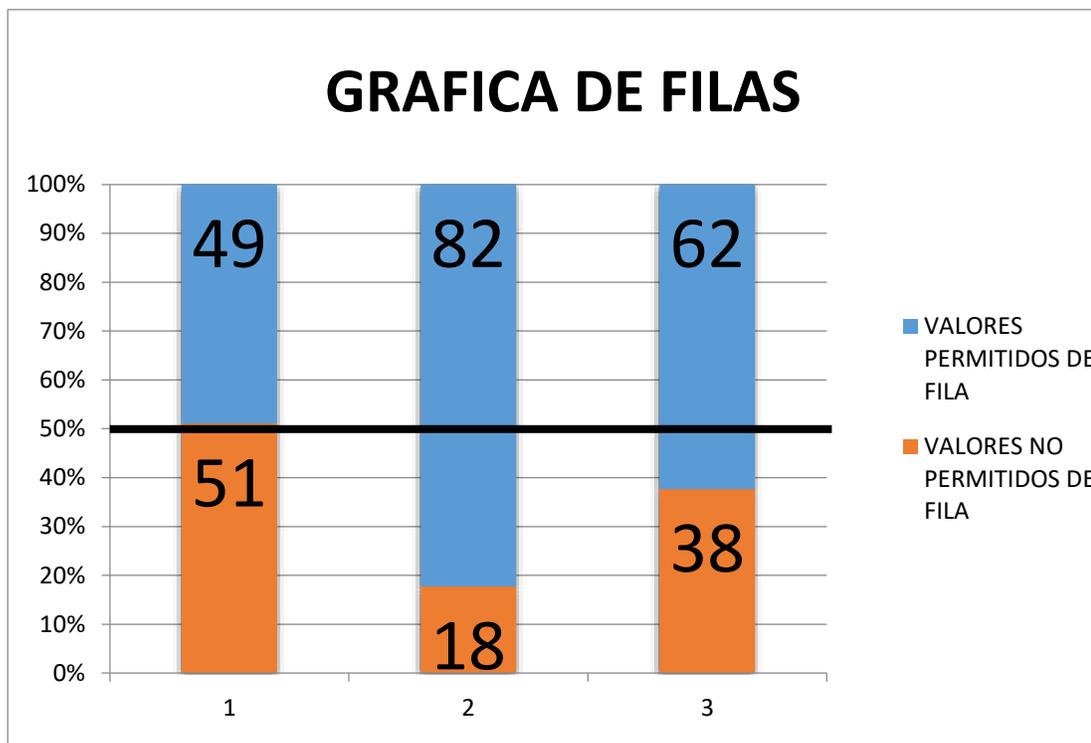


Los valores permitidos en los accesos 1 y 3 son 100% debido a que en este se generan colas como en todos los acceso pero estos valores están dentro de lo permitido, es decir no sobrepasan el número de colas permitidas debido a sus características físicas de los acceso ya quien son muy largos por esa razón acogen más vehículos en un fila sin generar congestión.

En el acceso 2 se generan colas que están al borde de sobrepasar los valores permitidos, esto debido a que en esta intersección el rojo dura 28 segundos aproximadamente lo que hace que los vehículos esperen para ser atendidos en las estaciones de servicio del acceso.

D) INTERSECCIÓN AV. JAIME PAZ Y LAS BRASAS

Esta intersección cuenta con 3 accesos de los cuales se determinaron los números de filas permitidas en el acceso 1 el número de filas permitidas es 5, en el acceso 2 los números de filas permitidos es 2 y en el acceso 3 el número de filas permitidos es 6, el valor del acceso 2 es muy bajo debido a su tamaño es muy pequeño y se encuentra ubicado en medio de dos carriles de una rotonda.



Los valores no permitidos llegan al 51% los que podemos decir es que está al límite con ligera diferencia debido al volumen que circula por este punto , no merece un rediseño de los tiempo debido a la restricción del acceso 2 , es decir que por su ubicación y tamaño el acceso 2 no pueden generarse colas de más de 2 vehículos , y si rediseñamos tendríamos q aumentar el tiempo verde del acceso 1 y así también aumentaríamos el tiempo rojo para el acceso 2 lo que puede ocasionar colas de más tamaño y eso sería peligroso ya que el acceso dos no tiene la capacidad de acumular más de dos vehículos debido a su limitación en el tamaño y ubicación.

3.14 PROYECCION DE FUNCIONAMIENTO DE LA SEMAFORIZACION EN EL TIEMPO

Los semáforos tienen un comportamiento que está en función al número de vehículos en cada acceso, ese número es variable en el tiempo es decir que el mismo puede ser mayor o menor a través del tiempo, si hay una variación puede distorsionar y afectar el comportamiento del semáforo, por ello se recomienda una valoración con aforos en forma periódica para validar los tiempos de ciclo y fases en cada semáforo de una intersección.

Debido a que en la ciudad de Tarija, el parque automotor se incrementa de manera cuantiosa llegando a un índice de crecimiento de 10 % (fuente, elPeriodico-octubre de 2016 mediante entrevista con el Ing., Alfonso Lema, Presidente del consejo municipal de la ciudad de Tarija), dato que consideramos alto en comparación de otras ciudades del país, por este motivo se recomienda que cada 2 a 4 años se vuelva a realizar el estudio para poder optimizar el funcionamiento de los semáforos y así evitar problemas de congestión.

4.1 CONCLUSIONES

Concluimos nuestro estudio de señalización y semaforización para solucionar los problemas de tráfico vehicular en la zona de estudio.

- De los aforos correspondientes en la zona de estudio se estableció como horas pico de estudio las horas; de 7:00 a 8:00 – 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00, a partir de los aforos de volúmenes y velocidades se determinó que a mayor volumen vehicular menor es la velocidad de los vehículos que transitan en la zona de estudio.
- Los semáforos de las intersecciones FONT Y CIRCUNVALACIÓN, ROMERO Y JAIME PAZ ZAMORA Y LA DE LA AV. JAIME PAZ ZAMORA la altura del restaurant las Brasas están funcionando de manera correcta, con algunas colas pero los valores de las colas están dentro de lo permitidos sin afectar el funcionamiento de los tiempos de los semáforos de la zona.
- Los semáforos que están ubicados en la intersección de las AV. GAMONEDA Y CIRCUNVALACIÓN después del estudio se estableció que están funcionando de manera incorrecta debido a que sus tiempos no están acorde por lo que se pudo rediseñar los nuevos tiempos de ciclo para dichos semáforos.
- Para la intersección DELIO ECHAZU Y AV. GAMONEDA se calculó los tiempos de los semáforos a partir de un tiempo de ciclo asumido de 38 segundos debido a que para insertar un punto o una intersección nueva con semáforos tenemos que analizar los semáforos que se encuentra aledaños a la zona.
- Realizada la Señalización horizontal, las ventajas que se alcanzarán con la señalización de la calzada son:
 - Indicar los carriles de circulación.
 - Indicar los bordes de las vías.
 - Sentido de una vía y giro a la derecha.
 - Zonas donde hay que disminuir la velocidad
 - El sitio donde hay que parar ante un semáforo.
 - Pasos peatonales.

4.2 RECOMENDACIONES

A partir de este estudio las recomendaciones que sugerimos son las siguientes:

- Aplicar los principales elementos de control del tráfico vehicular como: las normas de señalización pasiva (señales de tránsito), señalización activa (semáforos o policías) y el respeto de los usuarios por las normas y señales, producto de la educación y civismo como de la penalización de infractores, aplicando una combinación de ambas.
- Es necesario concientizar a todos los peatones formando una conducta vial adecuada, desde los colegios para poder formar a personas que respeten las normas de tránsito y así brindar un servicio de transporte, que sea eficaz, rápido y a su vez seguro.
- Para que cualquier proyecto de vialidad sea exitoso es necesario que los conductores y peatones respeten las señales de tránsito.
- Las señales deben ser hechas con pinturas reflexivas que las produzcan más visibilidad en la noche, estas señales deberán ser fabricadas según normas internacionales vigentes en la reglamentación para la Señalización Vial de Bolivia.
- En la zona de estudio pedimos constatar que algunos árboles no permiten la correcta visibilidad de las señales de tránsito y de los semáforos por lo que se sugiere a los órganos competentes la poda de dichos árboles para mejorar la visibilidad y evitar posibles accidentes

