

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Las vías de comunicación han sido de vital importancia para el crecimiento económico de los países, pero con el paso de los años y debido a la alta tasa de crecimiento vehicular se han evidenciado problemas referentes a congestionamientos y a un alto índice de accidentes. Los puntos conocidos como más críticos de esta red son las intersecciones estas intersecciones corresponden a tan solo a una pequeña parte del total del sistema vial, más son los lugares en donde se evidencia mayor número de accidentes de tránsito.

Las rotondas han servido como solución en puntos de alta accidentalidad. Estas se caracterizan por ser de tipo circular en donde los vehículos se desplazan en sentido de las manecillas del reloj (excepto en los países en donde se circula por el carril izquierdo). La característica fundamental de una rotonda es que los vehículos que se encuentran dentro del anillo de circulación tienen prioridad sobre los vehículos que se encuentran en las diferentes entradas, debido a las grandes ventajas que poseen las mismas estas se han incrementado de manera acelerada en todo el mundo.

Una rotonda puede disminuir considerablemente la velocidad a la vez que disminuye también los puntos de conflictos de una intersección. Las rotondas se enfocan principalmente en la disminución de los puntos de conflicto a 90 grados, los cuales son los causantes de accidentes graves. En lo que respecta a la movilidad producen mayor capacidad que las intersecciones señalizadas e incluso iguala o supera la capacidad de las intersecciones semaforizadas.

Con este estudio se pretende solucionar uno de los problemas diarios que más aquejan y amenazan la calidad de vida de la población de Tarija. Brindando una mejor comodidad a los conductores como a los peatones que circulan por las rotondas con gran afluencia vehicular.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Situación problemática

La congestión de tránsito ha ido aumentando en el mundo, ya sea en países desarrollados o subdesarrollados, de modo que este aspecto se puede convertir en un problema que perjudica la calidad de vida urbana.

El uso y deseo de poseer un automóvil, ya sea por razones de comodidad o status (esto ocurre principalmente países en vías de desarrollo), produce una creciente demanda sobre la capacidad de las vías públicas existentes.

Existen dos factores importantes que determinan la necesidad del tratamiento de una intersección, uno de éstos es la evidencia física de una congestión de tránsito actual en un punto crítico, y el otro es el resultado que arroja un estudio la proyección de flujo en los próximos años.

La adquisición de la información es uno de los aspectos esenciales en este tipo de estudios, ya que permite ver de una manera clara y objetiva los problemas a solucionar. Para esto debe llevarse a cabo una exhaustiva planificación y programación de todo lo que se va a hacer, teniendo en cuenta cuáles datos se van a tomar, cuándo, dónde, cómo se van analizar y para qué se van a utilizar.

La determinación de los datos que se van a tomar depende del tipo de estudio que se vaya a realizar y de las necesidades que se pretenden suplir. El primer concepto que debe quedar claro es que la planificación es más que el desarrollo de un plan, es un proceso integrado. El proceso de planificación consiste esencialmente en la generación de información sobre alternativas de acciones y sus posibles efectos.

La elaboración de alternativas debe ser el reflejo de una política bien definida para el sector de transporte urbano y de estrategias de solución de los problemas. La elaboración de políticas y estrategias es una tarea técnica que debe considerar los objetivos para el sector.

De una manera general, las principales etapas asociadas al proceso de planificación son: La identificación de los problemas, identificación del sistema de interés, el establecimiento de metas y objetivos para el sistema, la generación de alternativas para la solución de los problemas identificados, el análisis del comportamiento del sistema, en particular frente a las alternativas consideradas, la evaluación de las alternativas

estudiadas (desde el punto de vista técnico, económico y ambiental), la selección de alternativas que atiendan mejor a los objetivos establecidos, la implantación de la alternativa seleccionada y el monitoreo de la evolución del sistema, buscando la identificación de nuevos problemas.

1.2.2 Problema

El problema está relacionado con las rotondas.

¿A partir de la evaluación del comportamiento del tráfico en rotondas de uno y dos carriles, se podrá verificando mediante los datos de campo los parámetros que se desean aplicar considerando el aspecto técnico y operacional de cada rotonda?

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento en rotondas de uno y dos carriles en tramos urbanos aplicados a la ciudad de Tarija, en aspectos técnicos y operacionales de cada rotonda, para mejorar la circulación vehicular.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las horas pico en las rotondas en estudio mediante la realización de aforos.
- Determinar volúmenes de tráfico en los accesos a cada rotonda en estudio.
- Realizar los aforos de las velocidades de tráfico en los accesos a cada rotonda.
- Determinar la capacidad y el nivel de servicio en los accesos a cada rotonda.
- Realizar alternativas de solución a corto, mediano y largo plazo, en función a los datos obtenidos para cada rotonda en estudio.
- Analizar todos los resultados obtenidos en campo para establecer las conclusiones y recomendaciones de la presente aplicación.

1.4 Justificación

Los aumentos en los niveles de movimientos de cargas y personas registrados en los últimos años, son sólo un indicio de la importancia que tiene, y tendrá en el futuro, el transporte para el desarrollo de una región. Este crecimiento se ha traducido en un aumento de la demanda en los diversos medios de transporte, entre los cuales se destaca el terrestre automotor, con la consecuente puesta en juego de un factor muy importante, la “seguridad vial”.

Las intersecciones son puntos en que se cruzan dos o más vías. Normalmente, son las intersecciones las que definen la capacidad de las vías, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos conflictivos, lo que significa una disponibilidad menor de tiempo que en los tramos rectos o arcos. De ahí que las intersecciones se congestionen primero y, en definitiva, pasen a ser cuellos de botella o restricciones operacionales para el conjunto. Por ello, las intervenciones sobre las intersecciones tienen un gran potencial de beneficios para la fluidez del tránsito.

Un caso particular de este tipo de solución es la rotonda, la cual permite gestionar los flujos de circulación, limitando los conflictos y mejorando la seguridad.

Las rotondas son unas de las soluciones viales en intersecciones urbanas incluíbles en las “soluciones para la seguridad vial de bajo costo”.

Esto hace que su campo de aplicación y diseño sean diferentes y, por ello, deban ser analizados en forma particular. Además, por ser soluciones que llegan del orden internacional, su empleo debe efectuarse contemplando la normativa local y otras particularidades de orden técnico.

Mediante este trabajo se busca analizar y adaptar diversas soluciones viales a los condicionantes propios de la ciudad de Tarija y estudiar sus potenciales campos de aplicación y características imponibles mediante el empleo de métodos a partir de los datos de campo.

Se incluyen en este trabajo las conclusiones arribadas mediante el citado proyecto para el empleo de rotondas urbanas, las cuales toman en consideración los rangos de tránsito para los cuales resulta la alternativa óptima desde el punto de vista técnico-económico.

1.5 Alcance de estudio

El presente estudio de aplicación sobre “evaluación del comportamiento en rotondas de uno y dos carriles en tramos urbanos aplicado a la ciudad de Tarija” se desarrolló con el objetivo de proponer una metodología en el planeamiento en intersecciones urbanas. Para ello se analizarán los puntos de vista del transporte y la movilidad, en forma independiente, para luego analizar la combinación de ambos.

El alcance del presente trabajo de aplicación es que mediante el problema determinado en la ciudad se ha propuesto objetivos para solucionar el mismo, que revisando la bibliografía necesaria para conocer los conceptos fundamentales de la investigación y basándose de un proceso metodológico donde se realizará diferentes mediciones al comportamiento de las rotondas de la ciudad de Tarija, se lograra cumplir los objetivos trazados, con el fin de establecer valorización técnica-económicas y establecer una propuesta que se debe consolidar en una sola tecnología la operación en las intersecciones de la ciudad, donde por último se presentara ciertas recomendaciones y conclusiones que se deberán tomar en cuenta.

Esta tesis está conformada por los cuatro capítulos siguientes:

En el capítulo I, se presentará toda la información previa del proyecto de aplicación, como ser la introducción de la investigación, que hablara de los conceptos y propósitos del mismo, el planteamiento del problema que tratara la situación problémica y problema por el cual se realiza el proyecto, los objetivos general y específicos, los mismos que se pretenden cumplir con el proyecto y la hipótesis de la aplicación, con sus variables dependientes e independientes bien conceptualizadas y operacionalizadas.

El capítulo II, constará de todos los temas importantes que se puedan obtener de la bibliografía para el conociendo necesario, que es prioridad para llevar a cabo de manera correcta el proyecto.

Se realizará los valores obtenidos para los parámetros calculados por cada una de las metodologías, para vehículos livianos (autos y camionetas), para vehículos pesados (ómnibus y camiones) y para el flujo total (mixto).

En el capítulo III, se considerará todo el relevamiento de información que el proyecto requiera, se realizará el proceso metodológico que es el de ubicar el área de estudio. Se

realizará el conteo de volúmenes, medición de velocidades, congestionamiento, colapso de espera, señalización, determinación de demoras, etc.

También la descripción de las características del área donde se hará un recorrido por la ciudad de Tarija para realizar el inventario de las rotondas detallando su ubicación, el tipo, en una parte técnica lo que respecta a la geometría, y del comportamiento de los vehículos y peatones, finalmente realizar una valorización de ventajas y desventajas para definir la propuesta final.

En el capítulo IV, se planteará las soluciones al problema de tráfico, la solución más viable y eficiente para aplicar en el presente proyecto, ya sea la solución integral, solución de alto costo o solución de bajo costo esto dependiendo del factor económico y de los problemas que se presenten en las rotondas en estudio.

En el capítulo V, se realizará las conclusiones y recomendaciones que al terminar todo el proyecto se observaron, dichas conclusiones hablarán principalmente si los objetivos, tanto general como específicos se cumplieron o en qué grado o porcentaje se cumplieron y las recomendaciones tratarán sobre los requisitos que se necesitan cumplir para tomar en cuenta la propuesta final que se presentará y utilizar de manera eficiente los valores de dicha propuesta obtenida durante la realización del proyecto.

CAPÍTULO II
LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS
VARIABLES

CAPÍTULO II

LA INGENIERÍA DE TRÁFICO Y SUS VARIABLES

2.1 Parámetros fundamentales del tráfico

2.1.1 Intensidad

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

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

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

La intensidad media diaria anual: Número de vehículos que pasan por una sección durante un año, dividido por 365. Se conoce normalmente en España como IMD, y puede considerarse como la intensidad de tráfico que corresponde al día medio del año.

La intensidad horaria punta: Número de vehículos que pasan por una sección durante la hora que se considera representativa de las condiciones de mayor circulación.

La IMD se utiliza fundamentalmente para el planeamiento: Clasificación de vías, programas de mejora, determinación de tendencias en el uso de las vías, determinación de características geométricas de carácter general, proyectos de señalización e iluminación.

La intensidad horaria se utiliza para el proyecto y la ordenación: Capacidad de las vías, características de las intersecciones y enlaces, control de tráfico, coordinación de semáforos y ordenación de la circulación¹.

2.1.2 Velocidad

Podemos definir de modo general la velocidad como la relación existente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en recorrerlo, y suele expresarse en km/h.

¹ ESTT - OEP 2013 Grupo de Materias Comunes de Movilidad Segura, Enrique Belda Espulgues Tema 10. Página 2.

Podemos hablar, sin embargo, de otros conceptos más precisos:

Velocidad puntual: Es la velocidad de un vehículo al pasar por una sección.

Velocidad instantánea: Es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.

Velocidad de recorrido: Es la velocidad media conseguida por el vehículo al recorrer un tramo dado de carretera.

Velocidad de circulación: Es la velocidad media descontando las paradas completas.

Velocidad media temporal: Es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera durante un cierto periodo de tiempo.

Velocidad media espacial: Es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo de carretera dado.

Velocidad media de recorrido: Es la media de las velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

2.1.3 Densidad de tráfico²

Se denomina densidad de tráfico al número de vehículos que hay en un tramo de carretera por unidad de longitud para un instante dado. Se puede medir, por ejemplo, obteniendo una fotografía de un tramo de carretera y contando los vehículos que hay en él. Pero realmente esta magnitud rara vez se mide, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de velocidad e intensidad, como se verá más adelante. Evidentemente existe un valor máximo de la densidad de tráfico, que se obtiene cuando todos los vehículos están en fila, sin huecos entre ellos y que depende, lógicamente, de la longitud de los vehículos. En estas condiciones los vehículos estarán parados. Esta densidad máxima será igual al producto de la inversa de la longitud media de los vehículos por el número de carriles.

La densidad de tráfico influye de forma directa en la calidad de la circulación, ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea y éste se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras, generando una conducción más incómoda. Si la densidad se acerca a su valor máximo, se circula muy lentamente con frecuentes paradas y arranques.

La libertad de maniobra y la separación de otros vehículos son aspectos altamente

² ESTT - OEP 2013 Grupo de Materias Comunes de Movilidad Segura, Enrique Belda Esplugues Tema 10. Página 8.

valorados por los conductores en relación con la calidad de servicio de circulación.

Así si los carriles de una carretera son estrechos será obligado guardar una distancia lateral con los otros vehículos inferior a la deseada; el conductor tenderá a compensar esta situación manteniendo una mayor distancia con el vehículo precedente (intervalo hueco). La distancia entre dos vehículos sumada a la longitud del vehículo es el intervalo intervehicular espacial o espaciamiento³:

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

Donde:

S = Densidad de tráfico

d = Distancia entre dos vehículos

L = Longitud del vehículo

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

$$D = 1/S_m$$

Donde:

D = Distancia entre dos vehículos

S_m = Espaciamiento medio

Consecuentemente la densidad es una variable que explica directamente la valoración que hacen los conductores de la calidad de la circulación, y de ahí el interés de utilizar esta variable.

2.2 Tipos de rotondas

Las rotondas se pueden dividir principalmente en tres grupos: Mini rotondas, rotondas normales y rotondas dobles, las demás son variantes de estas, como: Intersección anular, rotonda desnivelada o semaforizada (Rodegerdts, 2010a).

2.2.1 Rotondas

Bajo la denominación de rotonda se designa a un tipo especial de intersección, caracterizada porque los tramos que en ella confluyen se comunican a través de un anillo (calzada aproximadamente circular) en el que se establece una circulación rotatoria

³ ESTT - OEP 2013 Grupo de Materias Comunes de Movilidad Segura, Enrique Belda Esplugues Tema 10. Página 4.

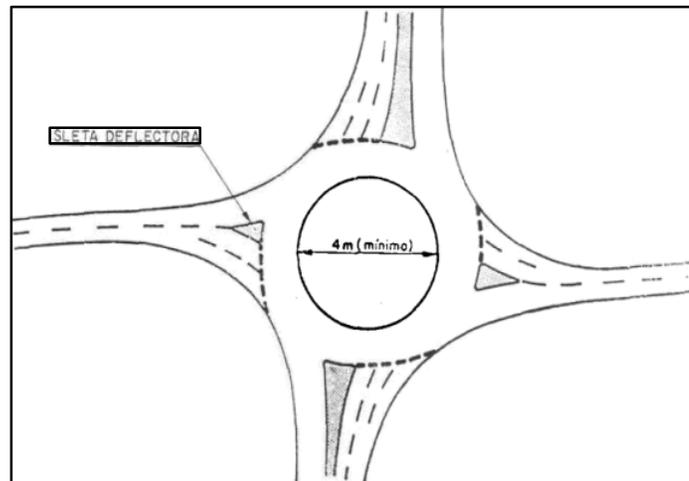
alrededor de una isleta central. (Mozota A. 2011. “Gestión técnica del tráfico”. Tema 10, pp. 3.).

La circulación en la rotonda se realiza dejando la isleta central a la mano izquierda del conductor y, hecho excepcional, los vehículos que se encuentran dentro de la calzada circular tienen preferencia sobre los que se incorporan a ella, a pesar de llegar por su derecha.

La rotonda normal tiene una isla central delimitada por cordones y de diámetro superior a 4 m. Sus entradas son generalmente ensanchadas para permitir la entrada de vehículos por múltiples carriles. El número de ramas recomendado es tres o cuatro.

En una rotonda, las trayectorias de los vehículos no se cruzan, sino que convergen y divergen. Por ello el número de puntos de conflicto es más reducido que en otros tipos de nudo, especialmente al aumentar el número de tramos que confluyen en la intersección (por lo que resultan especialmente adecuadas en este caso).

Figura 1: Esquema de una rotonda normal



Fuente: Mozota A. – 2011.

Figura 2: Rotonda normal



Fuente: Elaboración propia

2.3 Parámetros geométricos

El trazado geométrico de una rotonda se realiza a partir de la definición de una serie de parámetros geométricos.

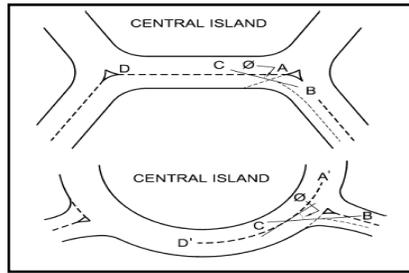
2.3.1 Ángulo de entrada a la rotonda (ϕ)

Para la determinación de este parámetro se pueden aplicar 3 procedimientos diferentes que dependen de la configuración de los elementos que componen la rotonda. Los dos primeros métodos son aplicables para rotondas convencionales; estos son prácticamente iguales entre sí y se exponen a continuación.

En la figura 3, se muestra la construcción geométrica para calcular el ángulo de entrada a la rotonda. Este ángulo resulta de la intersección de una línea paralela al borde de la rotonda y otra línea tangente a la curva paralela a la mediana del carril de entrada ubicada equidistantemente a la curva de entrada a la rotonda y a la mediana.

Los usuales se han representado en la siguiente figura, y se describen a continuación:

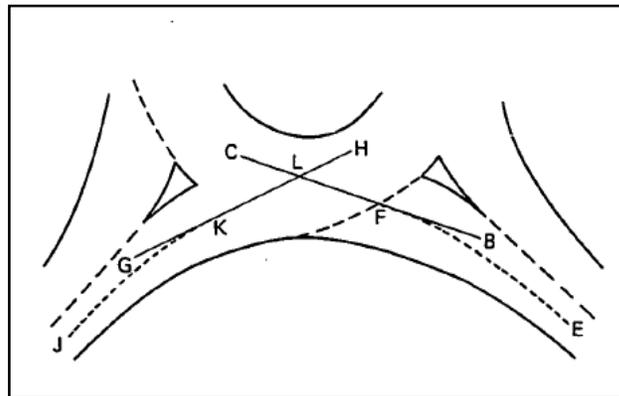
Figura 3: Construcción geométrica para hallar el valor de Φ .



Fuente: Kimber, 1980.

En cambio, el procedimiento, aplicable a rotondas con formas más irregulares, tales como se muestra en la figura 4, consiste en restar de 90° la mitad del ángulo que forman las líneas tangentes a dos curvas en los puntos de intersección de éstas con el borde exterior de la rotonda. Estas curvas son equidistantes a las medianas y a los bordes exteriores del carril de entrada y el carril de salida contiguo⁴. $90^\circ - \frac{GLB}{2}$

Figura 4: Ángulo de entrada a la rotonda



Fuente: Kimber, 1980.

2.3.2 Radio de curvatura de la curva de entrada (R)

El radio de la curva de entrada se calcula como el mínimo radio de curvatura del círculo que se pueda inscribir en la curva de entrada a la rotonda.

2.3.3 Ancho de entrada a la rotonda (E)

El ancho de entrada equivale a la longitud del segmento perpendicular a la curva de entrada construido a partir del punto A de la isla ubicada en la entrada a la rotonda. En

⁴ Tesis Carlos Michel Nieto Medina Lima, abril de 2016.

caso de que no haya isla, o la forma de ésta sea diferente a la mostrada en la figura 5, se prolongará la mediana de la entrada hacia el borde exterior de la rotonda; así el punto de intersección será el que reemplace al punto A.

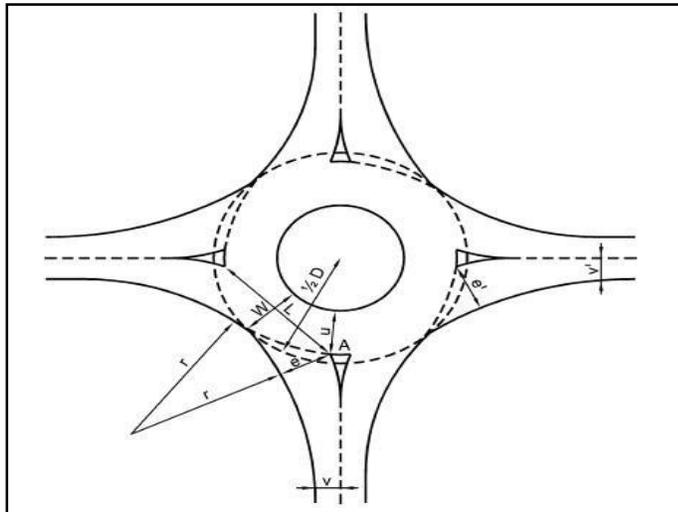
2.3.4 Mitad del ancho del carril de aproximación (V)

La mitad del ancho del carril de aproximación equivale al ancho de la entrada a la rotonda antes de que empiece a desarrollarse la curva de entrada.

2.3.5 Diámetro inscrito en la rotonda (D)⁵

Se define como el máximo valor del diámetro de la circunferencia que puede ser inscrita en la rotonda. No obstante, debido a la geometría irregular que puedan presentar, se pueden utilizar diferentes valores de D locales para cada entrada de la rotonda.

Figura 5: Parámetros geométricos de una rotonda



Fuente: Kimber, 1980.

2.3.6 Longitud de la curva de entrada (L)

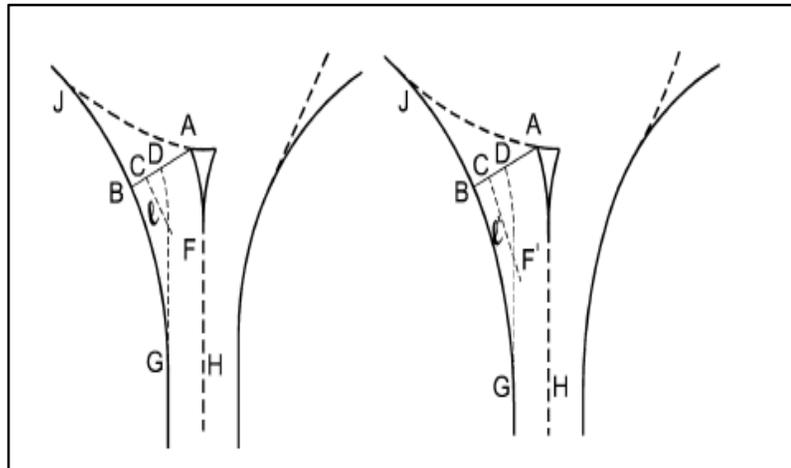
En la figura 6, se muestra la ubicación de la longitud de la curva de entrada “l” en la rotonda. Esta se calcula al trazar una curva paralela a HA desplazada una distancia igual a “v”. Esta curva interseca en D al segmento que define al ancho de entrada “e”. Se ubica

⁵ Tesis Carlos Michel Nieto Medina Lima, abril de 2016.

el punto medio C de BD y se traza un segmento perpendicular a BD que pase por C (mediatriz)⁶.

La longitud del segmento determinado por C y el punto de intersección de la mediatriz y la curva GD será la longitud “l”, definida como la longitud de desarrollo de la curva de entrada. El valor de “l” se halla de forma similar, pero en vez de trazar la mediatriz, se trazará una curva paralela a BG que pase por C. El segmento determinado por C y el punto de intersección de GD con la curva paralela a BG será la longitud de “l’.

Figura 6: Construcción geométrica para hallar el valor de l y l’



Fuente: Kimber, 1980.

2.4 Principios de diseño de rotondas

Una rotonda tiene que desviar los flujos de ingreso, impidiendo así que los vehículos crucen esta infraestructura a toda velocidad.

Se debe diseñar una rotonda fácilmente identificable para los usuarios (señalización, isletas, iluminación, habilitación de la isleta central, etc.).

Pinchar los accesos sobre el anillo de manera perpendicular permite limitar las velocidades y mejorar la visibilidad.

Respetar la comodidad y seguridad de los peatones

Las dimensiones de las rotondas son generalmente muy amplias para los peatones, por lo que disminuirlas ayuda la movilidad peatonal, haciendo los trayectos más cortos.

⁶ Tesis Carlos Michel Nieto Medina Lima, abril de 2016.

Los refugios en las entradas mejoran los cruces peatonales.

Optimizar el funcionamiento de la intersección

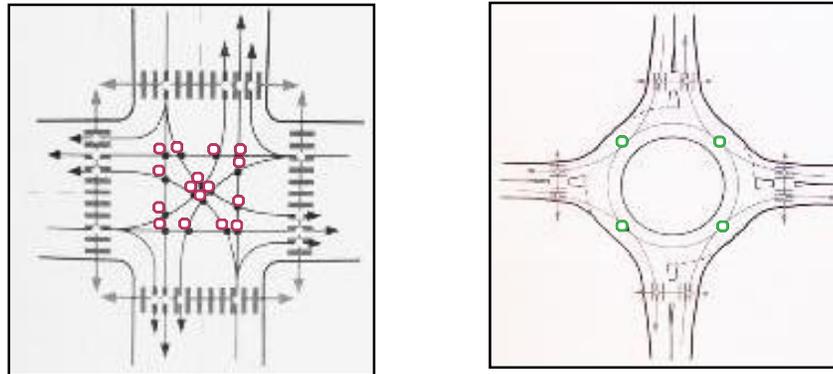
Las rotondas, excepto aquellas donde transita un sistema de transporte masivo, no necesitan ser reguladas con semáforo.

Para permitir el buen funcionamiento de la rotonda, la prioridad debe ser para los vehículos que circulan en el anillo y no para los que entran en la intersección.

Limitar entre 3 y 6 el número de entradas en la intersección (según el tamaño), permite mejorar el funcionamiento de la rotonda.

Puntos de conflicto: Con las rotondas, el número de puntos de conflicto en el cruce es de 4. En las intersecciones clásicas es de 16. Por eso, las rotondas bien diseñadas, mejoran la seguridad.

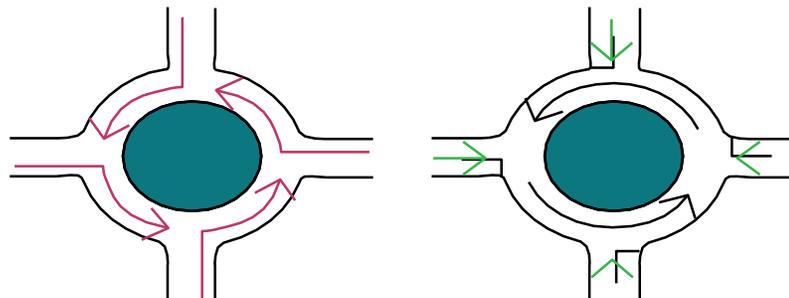
Figura 7: Punto de conflicto



Fuente: Medidas de tráfico calmado - guía práctica, 2010.

Prioridad en la entrada a la rotonda: Cuando la prioridad pertenece a los flujos entrantes y no al anillo, las rotondas pueden bloquearse rápidamente. Una rotonda donde la prioridad pertenece al anillo, nunca se bloquea.

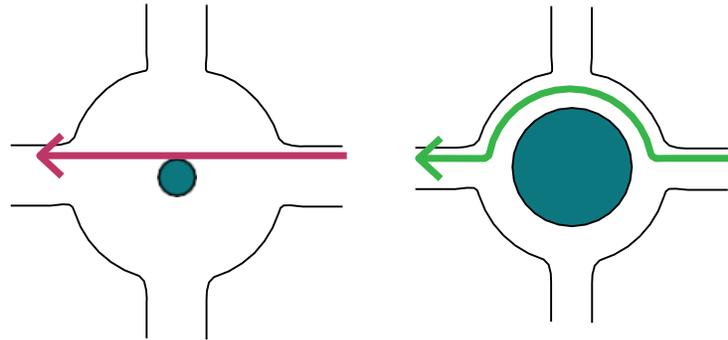
Figura 8: Prioridad en la entrada a la rotonda



Fuente: Medidas de tráfico calmado - guía práctica, 2010.

Reducción de la velocidad en la rotonda: Los vehículos que ingresan en una rotonda deben cambiar su trayectoria, para reducir su velocidad y garantizar la seguridad⁷.

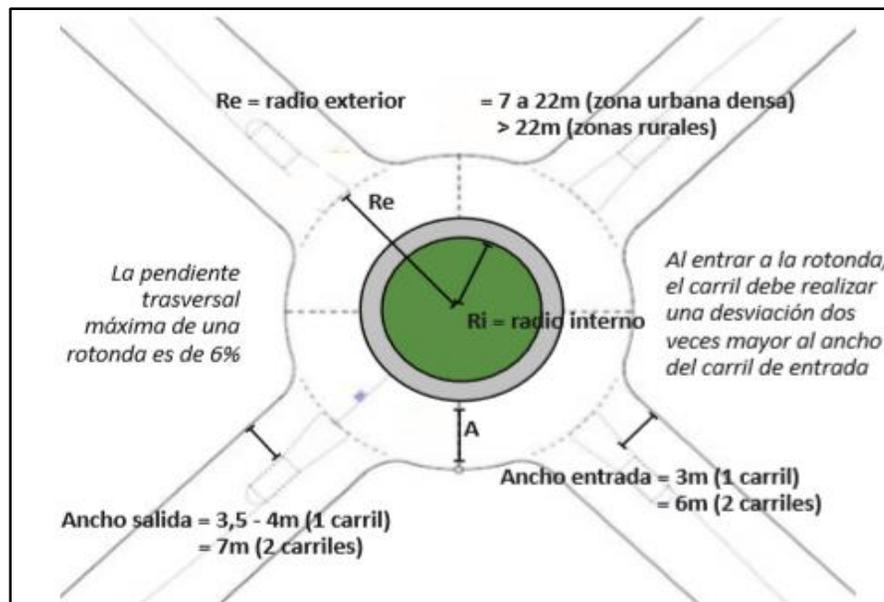
Figura 9:Reducción de la velocidad en la rotonda



Fuente: Medidas de tráfico calmado - guía práctica, 2010.

2.5 Dimensiones de las rotondas

Figura 10:Dimensiones de las rotondas



Fuente: Medidas de tráfico calmado - guía práctica, 2010.

⁷ Manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas Ing. Alexa Wiskott septiembre de 2015.

2.6 Costos de operación y mantenimiento

Los costos de proyecto y construcción de una rotonda pueden variar significativamente en función del tamaño de la rotonda, la disponibilidad de zona de camino, los requisitos de iluminación nocturna, y el diseño de otras características estéticas que puedan desearse. Una rotonda nueva de un solo carril en un entorno no edificado puede tener costos de construcción comparables con una intersección semaforizada. Al crecer el tamaño de la rotonda, sobre todo en una zona comercial o residencial completamente edificada, el costo de la construcción de la rotonda puede ser mayor que el de una intersección semaforizada. Sin embargo, las operaciones y el costo de mantenimiento de una rotonda pueden ser menores que el de una intersección semaforizada, con la posible excepción de mayores necesidades de iluminación nocturna de la rotonda. Aunque el costo inicial de construcción pueda ser mayor, una rotonda puede tener menores costos de operación y mantenimiento que una intersección semaforizada, y su vida útil es significativamente más larga, de aproximadamente 25 años, en comparación con 10 años de una intersección semaforizada típica (2).

En comparación con las intersecciones semaforizadas, la rotonda no tiene equipos eléctricos que requieran energía permanente, cambio periódico de lámparas, y actualización de los tiempos de fases. Sin embargo, las rotondas pueden tener mayores costos para mantener la apariencia estética, según el tratamiento dado a la isleta central, isletas partidoras, y franjas perimetrales. Los costos de iluminación de las rotondas pueden ser mayores que para las intersecciones semaforizadas, debido a una mayor superficie requerida para la cobertura. A veces, los conductores se enfrentan con situaciones confusas al aproximarse a una intersección semaforizada durante un corte de energía, pero estos fallos tienen un efecto mínimo temporal en las rotondas o en cualesquiera otras intersecciones no semaforizadas, aparte de la posible pérdida de la iluminación⁸.

2.7 Ventajas y desventajas de las rotondas

Ventajas

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

⁸ Traductor Google – Revisión SF – Beccar, 2011.

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

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

Se adaptan bien a intersecciones con cinco o más ramas.

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

Sus desventajas son⁹:

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

Necesitan más espacio y son generalmente más costosas que las intersecciones a nivel con función equivalente.

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

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

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

No se puede ampliar con facilidad y por lo tanto no se adaptan a planes de construcción por etapas.

2.8 Métodos de aforo

Para realizar estas mediciones se dispone de diversos métodos, entre los cuales destacan los siguientes:

2.8.1 Aforos manuales

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Mediante estos es posible conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, como clasificar a los vehículos por tipo, número de ellos que giran u ocupantes de los mismos. Los recuentos pueden dividirse en 30 minutos e

⁹ Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG - 2001).

incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. Para hacer los recuentos se deben preparar hojas de campo.

Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas.

El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales.

Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

2.8.2 Contadores mecánicos

Son aquellos que emplean instrumentos para realizar el registro de vehículos, sin que se requiera de personal permanente. Estos instrumentos se basan en principios como el de la célula fotoeléctrica, presiones en planchas especiales o por medio de detectores magnéticos o hidráulicos.

Atendiendo a su movilidad los contadores pueden ser fijos o portátiles. Los fijos se usan para hacer recuentos continuos en ciertos lugares, mientras que los portátiles son más ligeros y se utilizan para hacer recuentos parciales durante periodos de tiempo limitados.

Contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Es usado a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

2.8.3 Contadores portátiles¹⁰

Toman nota de los volúmenes aforados cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Pueden ser tubos neumáticos u otro tipo de detector portátil. Entre sus ventajas se cuentan: Una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas se cuentan: No permiten clasificar los volúmenes por tipo

¹⁰ Bañón – Beviá. “Manual de Carreteras”. Volumen 1. Cap. 6, pp. 6/24, 6/26.

de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores (en particular los de tubo neumático) cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas.

2.8.4 Método del vehículo en movimiento

Este método se emplea para obtener volúmenes de tránsito en un tramo de la vía urbana, sirviendo además para determinar tiempos y velocidades de recorrido medias. Para aplicar este método se emplea un vehículo con su conductor, que recorre el tramo de vía considerado a la velocidad media de la corriente de tránsito, acompañado de uno o más observadores que deben registrar el tiempo que tarda el tramo de la vía considerado, los vehículos que se cruzan con él y están en sentido contrario, los vehículos pasados y los que se adelantan a él, en el mismo sentido

2.9 Análisis de la información del tráfico

2.9.1 Volúmenes de tránsito

Es una de las variables más difíciles de determinar y caracterizar ya que por una vía se presentan cambios en la circulación de vehículos, presentando velocidades, volúmenes y tipos de vehículos poco constantes, lo cual hace que esta variable sea una aproximación de la realidad, (Rondón, 2015).

Los volúmenes de tránsito son sistemas dinámicos con características de espaciales es decir que ocupan un lugar, y temporales es decir que consumen tiempo, el volumen está definido como el número de vehículos o personas que pasan por un punto durante un tiempo específico, (Cal y Mayor, 2013).

En la siguiente ecuación se define el volumen.

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

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo (vehículos/periodo).

N = Número total de vehículos que pasan (vehículos).

T = Periodo determinado (unidad de tiempo)

Los volúmenes se pueden realizar de forma anual, mensual, semanal y diario, de estos volúmenes se puede calcular su respectivo volumen promedio diario, tránsito promedio diario (TPD) que se expresa en periodos de días, en la siguiente ecuación se define el TPD.

$$\text{TPD} = \frac{N}{1\text{días} < T < 1\text{año}}$$

Donde:

TPD = Tránsito Promedio Diario (vehículos/periodo).

N = Número total de vehículos que pasan. (vehículos).

T = Periodo determinado (unidad de tiempo).

2.9.1.1 Volúmenes de tránsito anual (TA)¹¹

Se define como el total de vehículos que pasan durante un año, T = 1 año, de aquí se puede calcular el TPDA (tránsito promedio diario anual), en la siguiente ecuación se define el TPDA.

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

Donde:

TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual (vehículos/día).

TA = Volumen de Tránsito Anual (vehículos/año).

Los volúmenes de tránsito anual son usados para determinar patrones de viaje, calcular índices de accidentes, indicar tendencias y estimativos de costos de operación en las vías.

2.9.1.2 Volúmenes de tránsito mensual (TM)

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un mes T= 1mes, de aquí se puede calcular el TPDM (tránsito promedio diario mensual), en la siguiente ecuación se define el TPDM (Ibíd., p. 154).

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

Donde:

TPDM = Tránsito Promedio Diario Mensual (vehículos/día).

TM = Volumen de Tránsito Mensual (vehículos/mes).

2.9.1.3 Volúmenes de tránsito diario (TD)

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un día T = 1día, los TD son usados para estimar y mediar el actual funcionamiento de las vías, localizar sectores críticos donde se requiera nueva infraestructura (Cal y Mayor, 2013).

¹¹ Ingeniería De Tránsito y Transporte, Fundamentos y aplicaciones. Cal mayor 2013.

2.10 Velocidad

2.10.1 Velocidad de proyecto

También denominada como la velocidad de diseño, es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden transitar, la asignación depende de todos los factores de diseño, como lo son diseño en planta, perfil y sección, además de esto se debe tener en cuenta la seguridad de los usuarios, sin que estos sientan cambios bruscos de velocidad en el recorrido. (Invias, 2008).

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:

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

Donde:

V = Velocidad constante (kilómetros por hora)

d = Distancia recorrida (kilómetros)

t = Tiempo de recorrido (horas)

Es la velocidad máxima a la cual pueden circular los vehículos con seguridad sobre una sección específica de una vía, cuando las condiciones atmosféricas y del tránsito son tan favorables que las características geométricas del proyecto gobiernan la circulación.

Todos aquellos elementos geométricos del alineamiento horizontal, vertical y transversal, tales como radios mínimos, pendientes máximas, distancias de visibilidad, sobre elevaciones, anchos de carriles y acotamientos, anchuras y alturas libres, etc., dependen de la velocidad de proyectos y varían con un cambio de ésta.

La selección de la velocidad de proyecto depende de la importancia o categoría de la futura vía, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica de la región, del uso del suelo y de la disponibilidad de recursos económicos.

2.10.2 Estudio de velocidad de punto

Este estudio es realizado en un determinado punto o sección de carretera, con el fin de determinar distribuciones de velocidad según las características de la vía, en el proyecto geométrico el estudio de velocidad permitirá determinar las condiciones reales y existentes de velocidad, teniendo en cuenta las variables geométricas como los son números de carriles, radios de curvatura y peraltes (Cal y Mayor, 2013).

2.11 Capacidad

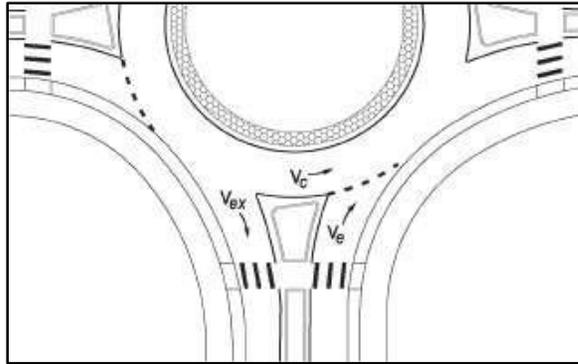
La capacidad es uno de los elementos fundamentales de la ingeniería de tránsito. Define el número máximo de vehículos, peatones, pasajeros, etc. Que pueden usar una vía, una intersección, una acera o un sistema de transporte público en una hora. Se habla de capacidad utilizada cuando se compara el uso real de una infraestructura de transporte con su máxima capacidad. Así, una vía cuya capacidad utilizada es de 15% muestra claramente que ha sido sobredimensionada, mientras que cuando la capacidad utilizada llega al 90% la capacidad se acerca a los límites del sistema (Manual de Capacidad de Carreteras 2000 HCM 2000).

2.11.1 Capacidad de una rotonda

La capacidad de una rotonda, en general está dada por la cantidad de tránsito en conflicto (vehículos que viajan a lo largo de la calzada circulatoria) que está presente en cada entrada de la rotonda. Un alto volumen en conflicto reduce el número de oportunidades para que los vehículos entren a la rotonda y por lo tanto reduce la capacidad de un determinado ramal de aproximación. En cambio, cuando hay un bajo volumen de tránsito en conflicto, el ramal de aproximación tendrá una mayor capacidad y permitirá que entren a la rotonda un mayor número de vehículos.

Cada ramal de aproximación de la rotonda se evalúa individualmente para determinar el número de carriles de entrada que se requieren basado en la tasa de flujo en conflicto. El número de carriles en la calzada circulatoria es el número de carriles necesarios para garantizar la continuidad de carriles a través de la intersección. Asignaciones de carriles más detalladas y mejoras de las configuraciones de carril se pueden determinar más adelante a través de un análisis de las operaciones más formal, (cursos universitarios, traductor google - revisión sf - beccar, 2011).

Figura 11:Flujos de tránsito en una entrada de rotonda



Fuente: Transportation research board, 2010.

La capacidad de las glorietas no depende exclusivamente de su geometría, sino, también, de la proporción de tráfico en cada entrada (tráfico de entrada, de salida y el denominado tráfico molesto) y debe calcularse para cada uno de los ramales de acceso.

Para el cálculo de la capacidad de cada entrada, el proyectista podrá utilizar cualquiera de los procedimientos contrastados disponibles. Entre ellos, puede utilizarse, para el caso de entrada y calzada anular de un único carril, la fórmula del CETUR, 1989 (según bibliografía).

$$Q_e = 1500 - 5/6 (Q_c + 0.2Q_s)$$

Donde:

Q_e = Es la capacidad de una entrada en (vehículos/hora).

Q_c = Es el tráfico que circula por la calzada anular enfrente de la entrada (tráfico molesto), (vehículos/hora).

Q_s = Es el tráfico que sale por el mismo brazo, en (vehículos/hora).

Para el caso de rotondas que no cumplan las especificaciones de un solo carril en la entrada y en el anillo, deben realizarse las siguientes correcciones:

En rotondas de diámetro amplio (más de 30 metros), una anchura de la calzada anular de 8 metros permite la doble circulación. En esos casos, debe utilizarse un tráfico molesto del 70% del estimado, es decir, multiplicarlo por 0.7.

En rotondas urbanas de pequeño diámetro (10-30 metros), se considera que una anchura media de la calzada anular de 8 metros no permite la doble circulación, pero si las entradas en doble circulación con salida inmediata a la derecha. En estos casos, el tráfico molesto estimado debe multiplicarse por 0.9.

En entradas con dos carriles, la capacidad debe considerarse un 40% mayor, por lo que el resultado de la fórmula debe multiplicarse por 1.4.

Mediante este primer cálculo puede estimarse los parámetros globales de la rotonda (nº de carriles, diámetro mínimo, etc.). Para la definición geométrica precisa de la misma, así como para el cálculo de la longitud de colas, deberán utilizarse alguno de los métodos explicados en “diseño de glorietas en carreteras suburbanas”, (Hoz, Carlos de la; Pozueta, Julio, 1995), de la comunidad de Madrid, o en otros manuales publicados (según bibliografía).

2.11.2 Parámetros influyentes en la capacidad de una entrada

La geometría de la entrada es un concepto muy amplio que abarca multitud de parámetros que influyen directamente en la capacidad. En la bibliografía consultada al respecto parece haber acuerdo sobre cuáles son los más importantes:

Número de carriles de entrada.

Anchura de los carriles en la entrada (a mayor ancho, más capacidad).

Ángulo de entrada (o ángulo entre las trayectorias de entrada y anular).

Abocinamiento de la entrada (se pueden utilizar parámetros derivados como la longitud efectiva del abocinamiento o la agudeza del mismo).

Anchura de la vía de acceso.

Radio de la entrada.

Características de la calzada anular (radio exterior, anchura del anillo, nº de carriles, et.).

De ellos la anchura de los accesos, la anchura de la entrada y la longitud del abocinamiento son los más importantes. El diámetro del islote central también tiene un efecto significativo. Por último, el radio de entrada y el ángulo entre trayectorias influyen en menor medida. (Aragao, P. de. p 58-60).

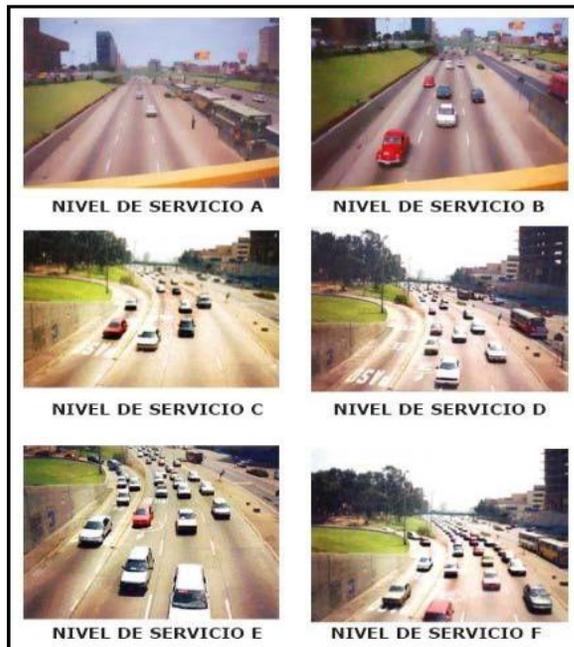
2.12 Nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los conductores y/o pasajeros.

Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial,

(el manual de capacidad de carreteras de 1985, Special Report 209 del TRB), traducido al español por la asociación técnica de carreteras de España, ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor. Las condiciones de operación de estos niveles, para sistemas viales de circulación continua se ilustran a continuación:

Figura 12:Niveles de servicio



Fuente: Manual 2005 VCHI de diseño geométrico de vías urbanas.

Los niveles de servicio de **A** hasta **D** se definen a partir de unos ciertos valores de la velocidad o tiempo de recorrido y del i/c . El nivel **E** corresponde a situaciones próximas a la saturación, y el **F**, se produce cuando por haberse rebasado la capacidad de la vía, las condiciones son inestables y tanto la velocidad como la intensidad pueden fluctuar considerablemente.

El nivel **A**, corresponde a una situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía. Los conductores no se ven forzados a mantener una determinada velocidad por causa de otros vehículos.

El nivel **B**, corresponde a una circulación estable, es decir, que no se producen cambios bruscos en la velocidad, aunque ya comienza a ser condicionada por los otros vehículos, pero los conductores pueden mantener velocidades de servicio razonables, y en general

eligen el carril por donde circulan. Los límites inferiores de velocidad e intensidad que define a este nivel son análogos a los normalmente utilizados para el dimensionamiento de carreteras rurales.

El nivel C, corresponde también a una circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles, aunque las condiciones de circulación son todavía muy tolerables. El límite inferior de velocidad, que define este nivel, coincide en general con el que se recomienda para el dimensionamiento de arterias urbanas.

El nivel D, corresponde a situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad, y la maniobrabilidad de los conductores está ya muy restringida por el resto del tráfico. En esta situación unos aumentos pequeños de la intensidad obligan a cambios importantes en la velocidad. Aunque la conducción ya no resulte cómoda, esta situación puede ser tolerable durante períodos no muy largos¹².

El nivel E, supone que la intensidad de tráfico es ya próxima a la capacidad de la vía, y las velocidades no pueden rebasar normalmente los 50 km/h. Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación.

Por último, el nivel F, corresponde a una circulación muy forzada a velocidades bajas y con colas frecuentes que obligan a detenciones que pueden ser prolongadas.

El extremo de este nivel F es la absoluta congestión de la vía, lo que normalmente se alcanza durante las horas punta en muchas vías céntricas de las grandes ciudades.

2.13 SemafORIZACIÓN

Se define como semáforo a los dispositivos electromagnéticos y electrónicos, que se usan para facilitar el control del tránsito vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptables 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 paso disponible.

2.13.1 Elementos que componen el semáforo¹³

¹² Elaborado por Ing. Guisselle Montoya H, noviembre de 2005.

¹³ Ingeniería de Tránsito (Cal y Mayor R. & Cárdenas G., 2010).

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y placa de contraste. Sus definiciones y características se enumeran a continuación:

Cabeza: Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

Soportes: Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición en donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar sus indicaciones.

Algunos elementos de soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales de las caras de los semáforos.

Por su ubicación en la intersección, los soportes se clasifican así:

Ubicación a un lado de la vía:

Postes.

Ménsulas cortas.

Ubicados en la vía:

Ménsulas largas sujetas a postes laterales.

Cables de suspensión.

Postes y pedestales en islas.

Cara: Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o bombillo y portalámparas) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, o más unidades ópticas para regular uno o más movimientos de circulación¹⁴.

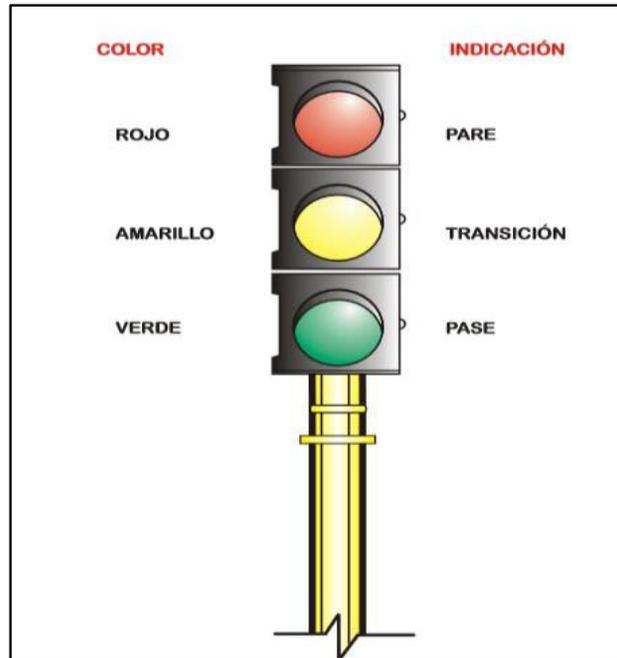
Lente: Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada.

Visera: Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos hacia el cual está enfocado.

¹⁴ Ingeniería de Tránsito (Cal y Mayor R. & Cárdenas G., 2010).

Placa de contraste: Elemento utilizado para incrementar la visibilidad del semáforo y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al conductor.

Figura 13: Posición de las lentes de un semáforo de tres luces



Fuente: Elemento de ingeniería de tráfico, Universidad Polit. de Madrid.

2.13.2 Semáforos de tiempos fijos o predeterminados

Un semáforo de tiempo fijo o predeterminado es un dispositivo para el control del tránsito que regula la circulación haciendo detener y proseguir el tránsito de acuerdo a una programación de tiempo determinado o a una serie de programaciones establecidas.

Las características de operación de los semáforos de tiempo fijo o predeterminado, tales como, duración del ciclo, intervalo, secuencia, desfase, etc., pueden ser cambiadas de acuerdo a un programa determinado.

Los semáforos de control de tiempo fijo o predeterminado se adaptan mejor a las intersecciones en donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes, o en donde las variaciones del tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación pre-sincronizada sin causar demoras o congestión no razonables. El control pre-sincronizado es particularmente adaptable a intersecciones donde se desee coordinar la operación de semáforos con instalaciones existentes o planificadas en intersecciones cercanas en la misma calle o calles adyacentes o en intersecciones cuya capacidad

vehicular esté en el límite.

2.13.3 Condiciones para la instalación¹⁵

Este tipo de semáforo se debe instalar y operar solamente si se satisfacen uno o más de los requisitos o condiciones siguientes:

Condición A: Volumen mínimo de vehículos.

Condición B: Interrupción del tránsito continuo.

Condición C: Volumen mínimo de peatones.

Condición D: Movimiento o circulación progresiva.

Condición E: Antecedentes y experiencia sobre accidentes.

Condición F: Combinación de las condiciones anteriores. Si el volumen de circulación disminuye al 50% o menos de los volúmenes mínimos especificados durante un lapso de cuatro horas consecutivas o más, es conveniente que las operaciones normales de los semáforos se sustituyan por operaciones de destello o intermitentes, las cuales se deben restringir a no más de tres períodos diferentes durante el día.

2.13.3.1 Volumen mínimo de vehículos (condición A)

La condición de volumen mínimo de vehículos, se entiende que es para ser aplicada donde el volumen de tránsito intersectado es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición se cumple cuando en la calle principal y en los accesos de mayor flujo de la calle secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la tabla 1 en cada una de las ocho horas de un día representativo.

¹⁵ OEP 2013 Especialidad: Gestión Técnica del Tráfico Elaborado en 2011.

Tabla 1: Condición A. Volumen mínimo de vehículos

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

Fuente: Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones Rafael Cal y Mayo R.

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

Si la velocidad que comprende el 85% del tránsito en la calle principal excede de 60 kilómetros por hora, o si la intersección queda dentro de la zona urbana de una población aislada de 10000 habitantes o menos, el requisito de volumen se reduce al 70% del indicado en la tabla.

2.13.3.2 Interrupción al tránsito continuo (condición B)

La condición de interrupción del tránsito continuo se entiende que es para ser aplicada en donde las condiciones de operación de una calle sean tales, que el tránsito de la calle secundaria sufra un retardo o riesgo indebido al entrar en la calle principal o al cruzarla. Este requisito se satisface cuando, durante cada una de las ocho horas de un día representativo, en la calle principal y en la aproximación de mayor volumen de la calle secundaria, se tienen los volúmenes mínimos indicados en la tabla 1 y si la instalación de semáforos no trastorna la circulación progresiva del tránsito. Tabla 2 Condición B. Interrupción del tránsito continuo.

Tabla 2: Condición B. Interrupción del tránsito continuo

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

Fuente: Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones Rafael Cal y Mayo R.

Los volúmenes en las calles principal y secundaria corresponden a las mismas ocho horas. Durante esas ocho horas, el sentido de circulación del volumen mayor de la calle secundaria puede ser hacia una dirección durante algunas horas y hacia la otra durante las demás. Si la velocidad dentro de la cual está comprendido el 85% del tránsito de la calle principal excede a 60.

2.13.3.3 Volumen mínimo de peatones (condición C)¹⁶

Se satisface esta condición, si durante un día representativo en la calle principal se verifican los siguientes volúmenes de tránsito, para un período de dos horas:

Si entran 1200 o más vehículos en la intersección (total para ambos accesos), o si 1600 o más vehículos entran a la intersección en la calle principal, cuando existe separador central con ancho mínimo de 1.20 m.

Si durante el mismo período pico, cruzan 250 o más peatones en el cruce de mayor volumen correspondiente a la calle principal.

Cuando la velocidad que comprende el 85% de vehículos exceda de 60 kilómetros por hora, o si la intersección está en zona urbana de una población con 10000 habitantes o menos, el requisito de volumen mínimo de peatones se reduce al 70% de los valores indicados, en reconocimiento de las diferencias en la naturaleza y características de

¹⁶ OEP 2013 Especialidad: Gestión Técnica del Tráfico Elaborado en 2011.

operación del tránsito en medios urbanos y rurales de municipios pequeños.

Un semáforo instalado bajo la anterior condición en una intersección aislada, debe ser del tipo semiactivado por el tránsito con botones operados por los peatones que cruzan la calle principal.

En conexión con semáforos para el control del tránsito instalados en cruces escolares, queda entendido que un semáforo no es el único remedio ni necesariamente la solución correcta del problema complejo de los conflictos del tránsito entre los vehículos y los escolares.

Los períodos cortos durante los cuales los riesgos son inusualmente altos, con frecuencia son mejor dirigidos mediante el control de un agente de tránsito o patrullas escolares.

En algunas circunstancias, los alumnos responden a las indicaciones del semáforo en forma tan inadecuada que el semáforo puede convertirse en un factor que contribuya a aumentar los accidentes, en vez de disminuirlos. La reacción ante el control de un agente de tránsito o las patrullas escolares usualmente es menos incierta.

Por consiguiente, se considera que los semáforos para el control del tránsito ordinariamente no deben ser instalados en cruces escolares donde puedan ser usados con efectividad patrulleros escolares, en donde los estudiantes pueden ser dirigidos a cruzar en lugares que ya están controlados por semáforos y agentes de tránsito o donde las islas de refugio de peatones provean de una protección adecuada.

Los hechos completos deben ser recopilados y estudiados por autoridades de ingeniería de tránsito competentes antes de tomar decisiones sobre la instalación de semáforos cerca de las zonas escolares. Como resultado de estos estudios y en consideración a los métodos de control anteriormente enumerados, los semáforos pueden justificarse sí:

Los volúmenes de peatones en un cruce escolar determinado en la calle principal exceden de 250 peatones por hora, durante dos horas.

Durante cada una de las mismas dos horas el tránsito de vehículos por el cruce escolar en cuestión excede de 1600 vehículos.

No hay semáforo a menos de 300 metros del cruce

Los semáforos en cruces de peatones instalados bajo estas condiciones deben ser del tipo activado por los peatones.

2.13.3.4 Movimiento o circulación progresiva (condición D)

El control del movimiento progresivo a veces demanda la instalación de semáforos en intersecciones en donde en otras condiciones no serían necesarios, con el objeto de regular eficientemente las velocidades de grupos compactos de vehículos.

Se satisface el requisito correspondiente a movimiento progresivo en los dos siguientes casos:

En calles con circulación en un solo sentido o en calles en las que prevalece la circulación en un solo sentido y en las que los semáforos adyacentes están demasiado distantes para conservar el agrupamiento compacto y las velocidades deseadas de los vehículos.

En las calles de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no proveen el adecuado agrupamiento de vehículos ni el control de la velocidad y el semáforo propuesto junto con los adyacentes pueden conformar un sistema progresivo de semáforos.

Un semáforo instalado atendiendo este requisito debe basarse en la velocidad que comprende el 85% del tránsito, a menos que un estudio del caso específico indique otra situación. En ningún caso debe considerarse la instalación de un semáforo de acuerdo a este requisito, si la separación entre semáforos resultase ser inferior a 300 metros.

2.13.3.5 Antecedentes y experiencia sobre accidentes (condición E)

La opinión general de que los semáforos reducen considerablemente el número de accidentes, rara vez se comprueba en la práctica. En algunos casos, ocurren más accidentes después de instalar los semáforos que antes de su instalación. Por lo tanto, si ninguno de los requisitos, exceptuando el relativo a los accidentes, se satisface, debe suponerse que no será necesario instalar el semáforo¹⁷.

Los semáforos no deben instalarse con base en un solo accidente espectacular ni con base en demandas irrazonables o predicciones de accidentes que pudieran ocurrir.

Los requisitos relativos a los antecedentes sobre accidentes se satisfacen sí:

Una prueba adecuada de que otros procedimientos menos restrictivos, que se han experimentado en otros casos satisfactoriamente, no han reducido la frecuencia de los accidentes.

Ocurrieron cinco o más accidentes en los últimos doce meses, cuyo tipo sea susceptible

¹⁷ Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones Rafael Cal.

de corregirse con semáforos y en los que hubo heridos o daños a la propiedad con valor mayor a treinta veces el salario mínimo mensual legal vigente en el país.

Existe un volumen de tránsito de vehículos y peatones no menor del 80% de los requerimientos especificados en la condición de volumen mínimo de vehículos, en la condición de interrupción del tránsito continuo o en la condición de volumen mínimo de peatones.

La instalación no interrumpe considerablemente el flujo progresivo del tránsito.

Cualquier semáforo instalado bajo la condición de experiencia de accidentes debe ser semiactivado por el tránsito, con dispositivos que provean una coordinación apropiada, si es instalado en una intersección dentro de un sistema coordinado, y normalmente debe ser totalmente activado por el tránsito si es instalado en una intersección aislada.

2.13.3.6 Combinación de las condiciones anteriores (condición F)

Cuando ninguno de los requisitos anteriores se cumple en un 100%, pero dos o más se satisfacen en un 80% del valor indicado para cada uno de ellos, se puede considerar justificada la instalación de semáforos. Las decisiones en estos casos excepcionales deben apoyarse en un análisis completo de todos los factores que intervienen, debiendo estudiarse la conveniencia de emplear otros métodos que ocasionen menos demoras al tránsito.

Una prueba adecuada de otras medidas correctivas que causen menos demora e inconvenientes al tránsito debe preceder a la instalación de semáforos bajo esta condición.

2.14 Señalización

2.14.1 Señalización vertical

Las señales son símbolos, figuras y palabras, que se constituyen en un mensaje visual a los conductores de los vehículos, tratándose de estructuras conformadas por tableros metálicos pintados en diversos colores, colocados en postes de hormigón armado. Estas señales transmiten mensajes al conductor para su reacción, de manera de evitar accidentes; cualquier otro mensaje publicitario le quita la efectividad a la señal y se convierte en foco de distracción incrementando el riesgo de accidentes. (manual de señalización Invias 2015).

Las señales verticales deben de ser instaladas en postes individuales de hormigón armado o de tubo galvanizado, la altura de la señal medida desde su extremo inferior hasta la cota

del borde de la acera no será menos de 2.0 m. la distancia de la señal media desde su extremo inferior hasta el borde de la acera no será menos de 30 cm.

Figura 14:Señal de ceda el paso



Los vehículos entrantes ceden el paso antes de entrar a la rotonda

Fuente: Manual de señalización Invias 2015.

2.14.2 Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias se utilizan para indicar la existencia de limitaciones o prohibiciones reglamentarias que el conductor debe respetar y obedecer, la violación a una de estas señales acarrea las sanciones previstas en el reglamento general de tránsito.

Figura 15:SR-1 pare



Fuente: Manual de señalización Invias 2015.

Figura 16:SR-2 Ceda el paso



Fuente: Manual de señalización Invias 2015.

2.14.3 Señales preventivas

Las señales preventivas o de prevención tienen por objeto advertir al usuario de la vía la existencia de una condición peligrosa y la naturaleza de esta. Se utiliza el color amarillo para el fondo de la señal y el color negro para los símbolos que representan la prevención, alguna de estas señales va seguida por una señal restrictiva que indica la existencia de las limitaciones o prohibiciones de la señal preventiva.

Figura 17:SP-20 rotonda



Fuente: Manual de señalización Invias 2015.

CAPÍTULO III
APLICACIÓN PRÁCTICA

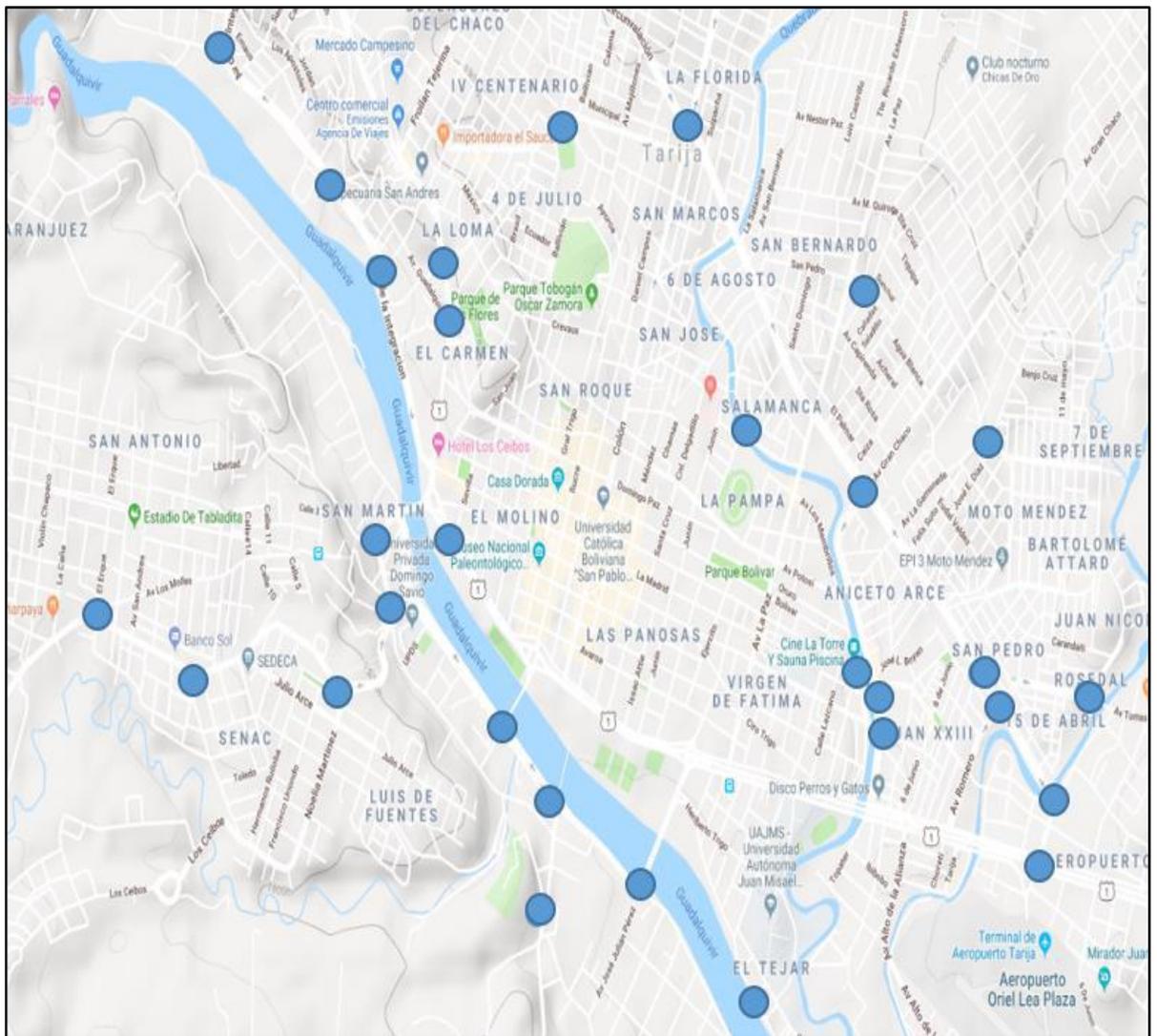
CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1 Ubicación del área de estudio

La ubicación del área de estudio donde se realizó el proyecto comprende toda la zona urbana, consistente en el sistema de rotondas de la ciudad de Tarija.

Figura 18: Ubicación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2 Análisis del proceso de relevamiento

Para el procedimiento del análisis y la interpretación de la información se realizará el uso del método de la estadística descriptiva, que consistirá en la realización de mediciones a 30 rotondas que cuenta la ciudad de Tarija.

Para conocer el funcionamiento de tráfico, es necesario realizar estudios y medidas en los accesos de las rotondas, cuyos datos que se obtengan se utilizarán como base de la evaluación y análisis para la regulación del tráfico.

Las principales características que se estudiaron son: Velocidad de punto, volumen vehicular, capacidad y nivel de servicio.

Con el propósito de conocer la demanda actual, se realizaron volúmenes de tráfico y velocidades en cada una de las rotondas que contemplan la ciudad de Tarija, los volúmenes como las velocidades se realizaron en horas pico, tres horas por día hábiles lo que nos permite conocer el movimiento vehicular en cada rotonda y con sus accesos con el tipo de (vehículos pesados, medianos, livianos) y sus movimientos (giro derecho, recto, giro izquierdo) según corresponda.

3.3 Ubicación de rotondas para conteo vehicular en horas pico

Rotonda

Av. J.D. Echazu-Héroes del Chaco

1



Rotonda

Av. J.M. Belgrano-av. Los Membrillos

2



Rotonda

Av. Los Membrillos-c. Ingavi

3



Rotonda

Av. D. Zamora-c. Ernesto Trigo

4



Rotonda

Av. J. M. Belgrano-Av. Los Membrillos

5



Rotonda

Av. Circunvalación-Av. Baldivezo

6



Fuente: Elaboración propia

Rotonda

Av. Ballivian-c. Perú

7



Rotonda

Av. Circunvalación-Av. Colón

8



Rotonda

Av. Héroes de la Independencia-Av. Los Sauces

9



Rotonda

Av. Héroes de la Independencia-Av. Los Molles

10



Rotonda

Av. Héroes de la Independencia-Av. Hnos. Uriondo

11



Rotonda

Av. La Banda-Puente Bicentenario

12



Fuente: Elaboración propia

Rotonda

Av. J. M. Avilez-c. Mario Cossío

13



Rotonda

Rotonda

Av. Gamoneda-c. J. E. Díaz

14



Rotonda

Av. Circunvalación-av. J. D. Echazu

15



Rotonda

Av. La banda-Av. Hnos. Uriondo

16



Rotonda

Av. Circunvalación-Av. Fuerza Aérea Boliviana

17



Av. Fuerza Aérea Boliviana-Av. Jaime Paz Zamora

18



Fuente: Elaboración propia

Rotonda

Av. Panamericana-c. Cochabamba

19



Rotonda

Av. La Banda-Puente Bolívar

21



Rotonda

Av. Integración-c. Centro América

23



Rotonda

Av. Panamericana-Av. Guadalquivir

20



Rotonda

Av. Circunvalación-M. Font

22



Rotonda

Av. Edmundo Torrejón Cardozo-Av. España

24



Fuente: Elaboración propia

Rotonda

Av. Los Callejones-Av. Los Sauces

25



Rotonda

Av. Integración-Av. Guadalquivir

27



Rotonda

**Av. Héroes de la Independencia-c.
Manuel Rojas**

29



Rotonda

Av. Integración-Av. Jerusalén

26



Rotonda

**Av. Humberto Arce-c. Andrés
Zamora**

28



Rotonda

**Av. Baldiviezo-Av. Fuerza Aérea
Boliviana**

30



Fuente: Elaboración propia

3.4 Estudio del tráfico

3.4.1 Determinación de horas pico

Tabla 3: Resumen de horas pico en la rotonda más crítica av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana

Horas	Punto de aforo 1	Punto de aforo 2	Punto de aforo 3	Punto de aforo 4	Punto de aforo 5
07:00-08:00	2770	2163	840	2617	2530
12:00-13:00	2739	2190	828	2640	2561
18:00-19:00	2729	2200	837	2643	2589

Fuente: Elaboración propia

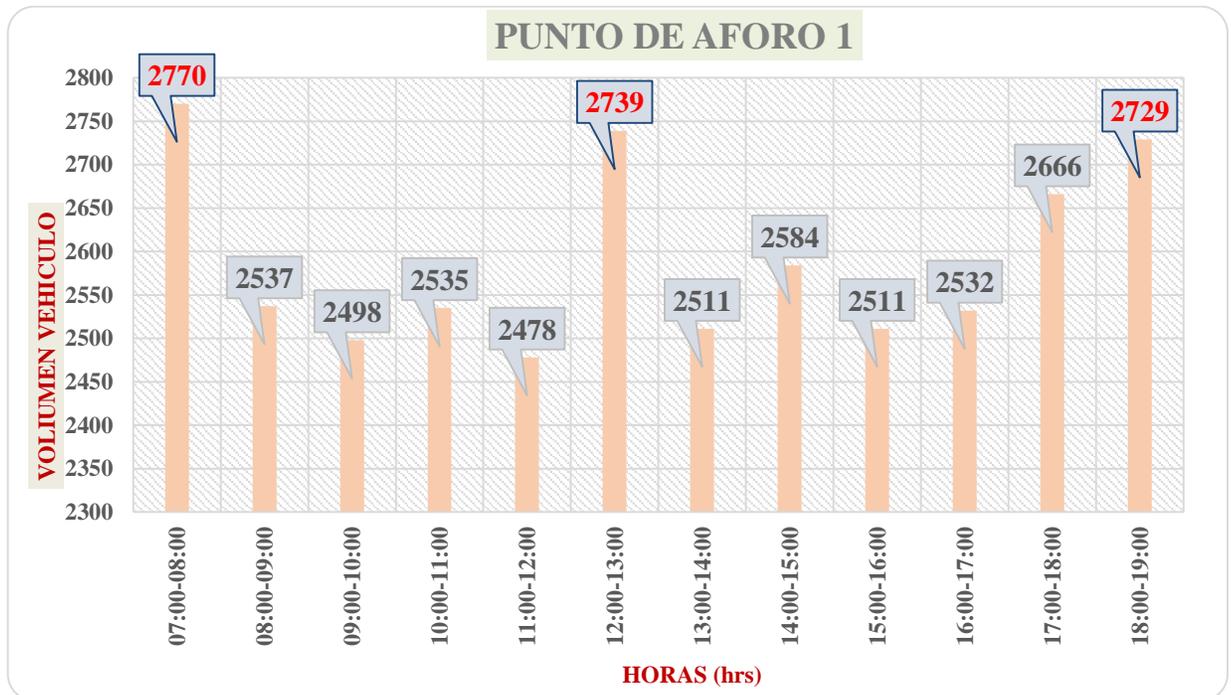
Con estas horas picos se trabajó todas las rotondas en estudio.

Tabla 4: Aforo vehicular av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana

Horas	Punto de aforo 1			Punto de aforo 2			Punto de aforo 3			Punto de aforo 4			Punto de aforo 5		
	Frente	Giros		Frente	Giros		Frente	Giros		Frente	Giros		Frente	Giros	
		Izq.	Der.		Izq.	Der.		Izq.	Der.		Izq.	Der.		Izq.	Der.
07:00-08:00	2535	83	152	1986	177	0	0	295	545	2486	21	110	2354	27	149
08:00-09:00	2343	68	126	1938	147	0	0	280	519	2433	27	126	2209	21	119
09:00-10:00	2292	67	139	1893	163	0	0	261	482	2448	38	135	2076	26	135
10:00-11:00	2317	61	157	1903	159	0	0	268	436	2387	36	134	1968	42	154
11:00-12:00	2245	70	163	1966	174	0	0	287	509	2399	38	143	2095	36	157
12:00-13:00	2466	97	176	1997	193	0	0	296	532	2414	52	174	2328	57	176
13:00-14:00	2271	59	181	1902	170	0	0	275	410	2351	35	173	2062	50	181
14:00-15:00	2362	61	161	1937	155	0	0	274	425	2355	68	151	1904	50	161
15:00-16:00	2292	53	166	1880	156	0	0	271	410	2364	38	154	2018	53	166
16:00-17:00	2299	68	165	1878	152	0	0	275	402	2370	36	164	2073	50	123
17:00-18:00	2443	57	166	1960	186	0	0	309	481	2379	69	179	2067	51	166
18:00-19:00	2447	97	185	2013	187	0	0	328	509	2415	64	164	2367	51	171

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19: Variación vehicular durante 12 horas continuas av. Jaime Paz-av.
Fuerza Aérea Boliviana**



Fuente: Elaboración propia

3.5 Determinación de parámetros de tráfico

3.5.1 Velocidad de punto

En primer lugar, se procedió a la ubicación de los puntos de medición los cuales fueron variando según las rotondas y sus accesos que tenían, se adoptaron líneas bases de 25m, las cuales se delimitaron con marca de pintura. La toma de los tiempos se realizó con cronómetros con aproximación de centésimas de Segundo, en periodos de 15 minutos en tres horarios al día: a las 07:00 am, 12:00 pm y 19:00 pm. El estudio tuvo una duración de dos días, seguidamente presentaremos una estructura del estudio de la velocidad de punto. El cálculo de las velocidades de punto para todas las rotondas se realice de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{d}{t} \text{ en (m/s)} \quad V = 3.6 * \frac{d}{t} \text{ en (km/s)}$$

Donde:

V = Velocidad de punto (m/seg)

d = Línea base

t = Tiempo (seg)

Tabla 5: Resumen de velocidades de punto en las rotondas

N°	Rotondas	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5
1	Av. J. D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)	44.00	36.26	41.72	40.69	
2	Av. J. M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)	38.30	38.98	38.57	39.91	
3	Av. Los membrillos (c. Daniel Sossa-c. Ingavi)	40.58	36.43	41.05		
4	Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)	40.28	35.91	38.20	39.46	
5	Av. J. M. Belgrano (av. J. D. Echazu-Badén)	41.65	42.70	35.62	39.66	
6	Av. Circunvalación (av. Baldviezo-av. Romero)	40.89	38.49	41.43	38.90	
7	Av. Ballivian (c. Perú-Cementerio)	38.62	38.20	39.70		
8	Av. Circunvalación-av. Colón	39.15	37.46	40.74	39.62	
9	Av. Héroes de la Independencia-av. Los Sauces	40.50	38.33	40.63		
10	Av. H.D. Independen. (av. El Erque-av. Los Molles)	40.55	44.55	40.06	33.74	34.38
11	Av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)	39.86	37.29	40.88	39.87	
12	Av. La Banda-Puente Bicentenario	40.44	38.08	40.22	38.28	
13	Av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío- c. Z. W. De Ruíz)	41.29	39.54	40.28	37.18	
14	Av. Gamoneda (av. santa cruz-c. J. Díaz-av. Romero)	40.65	36.04	36.40	40.13	36.76
15	Av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)	39.04	37.2	40.76	38.11	
16	Av. La Banda-av. Hnos. Uriondo	40.83	38.28	40.30		
17	Av. Circunvalación (av. Fuerza Aérea B.-Puente)	40.24	35.43	41.04	36.76	
18	Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	40.91	38.27	40.07	40.64	42.26
19	Av. Panamericana-c. Cochabamba	42.41	40.79	40.80		
20	Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pj. Azucena)	42.34	35.55	42.02	40.66	41.67
21	Av. La Banda-Puente Bolívar	40.55	40.90	34.03	40.64	
22	Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)	42.83	42.59	43.06		
23	Av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)	41.35	36.76	40.24	36.12	
24	Av. Edmundo Torrejón Cardoso-av. España	38.35	35.09	35.03		
25	Av. Los Callejones-av. Los Sauces	40.31	39.85	40.04		
26	Av. Integración-av. Jerusalén	41.31	37.65	37.8		
27	Av. Integración-av. Guadalquivir	40.98	37.86	36.15		
28	Av. Humberto Arce-c. Andrés Zamora	36.47	38.70	33.90	39.99	
29	Av. H. De la Indepen. (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)	38.48	33.88	40.25	39.80	
30	Av. Baldviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana	37.21	30.81	35.97		

Fuente: Elaboración Propia

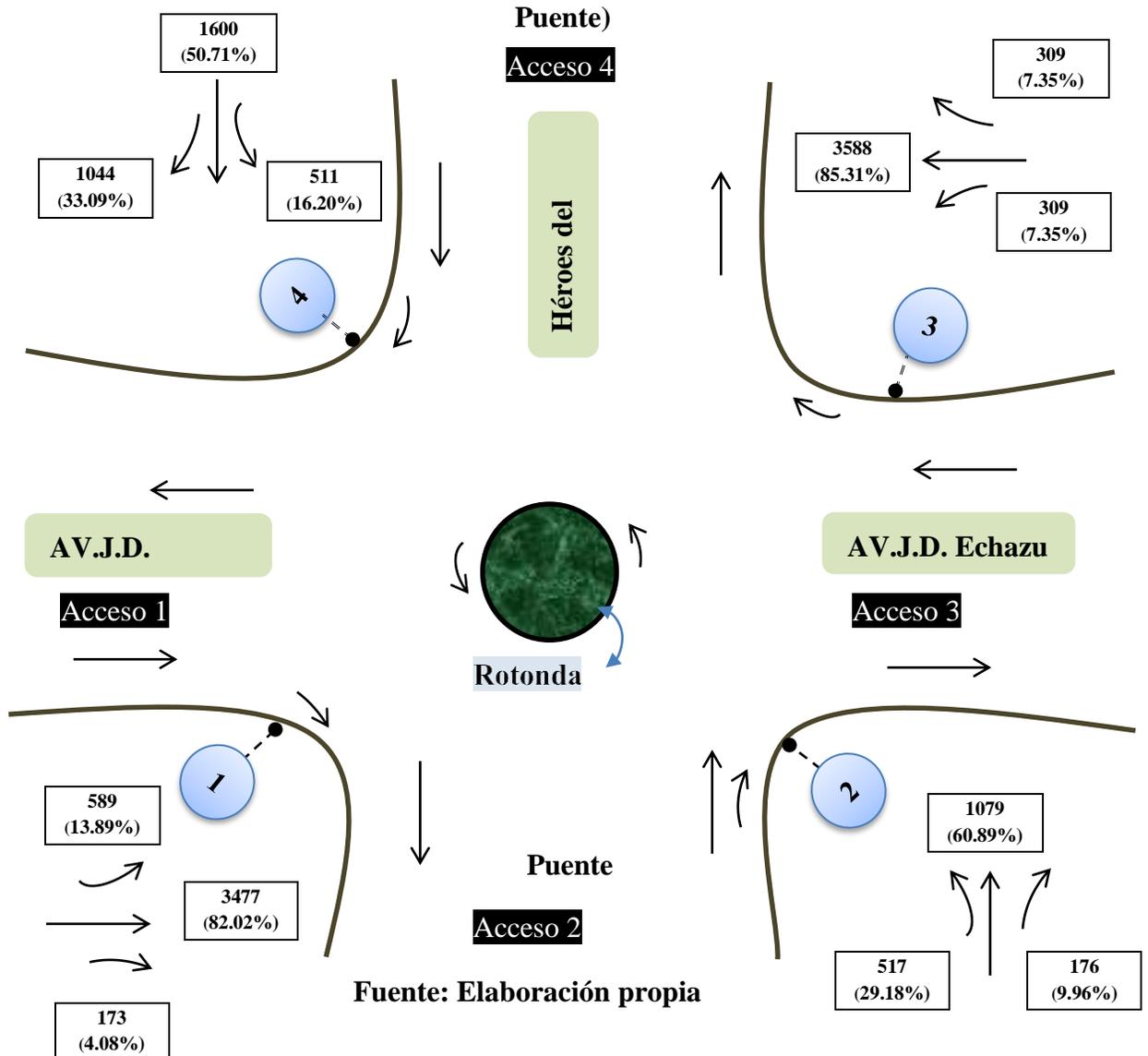
3.5.2 Volumen vehicular

El estudio del volumen vehicular en las rotondas tubo como objeto principal el recuento de vehículos en horas pico. Se llevó a cabo en tres horas al día de (07:00 am-08:00 am, 12:00 pm-13:00 pm y 18:00 pm-19:00 pm).

Para la realización de los conteos se empleó el método manual, debido a la no existencia de contadores automáticos en nuestro medio.

El análisis que se efectuó a los datos de los aforos de volúmenes de tráfico, en los distintos puntos de aforo de las rotondas, fue para encontrar los volúmenes que sean indicadores de las condiciones de operación actual de los accesos.

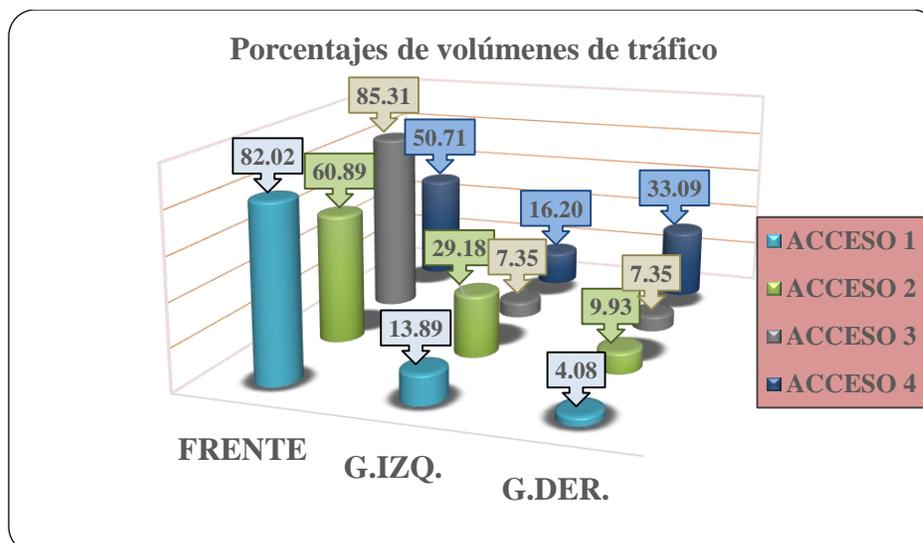
Figura 20: Resumen de volúmenes para la rotonda av. J.D. Echazu (Héroes del Chaco-



**Tabla 6: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada entre la av. J.D. Echazu
(Héroes del Chaco-Puente)**

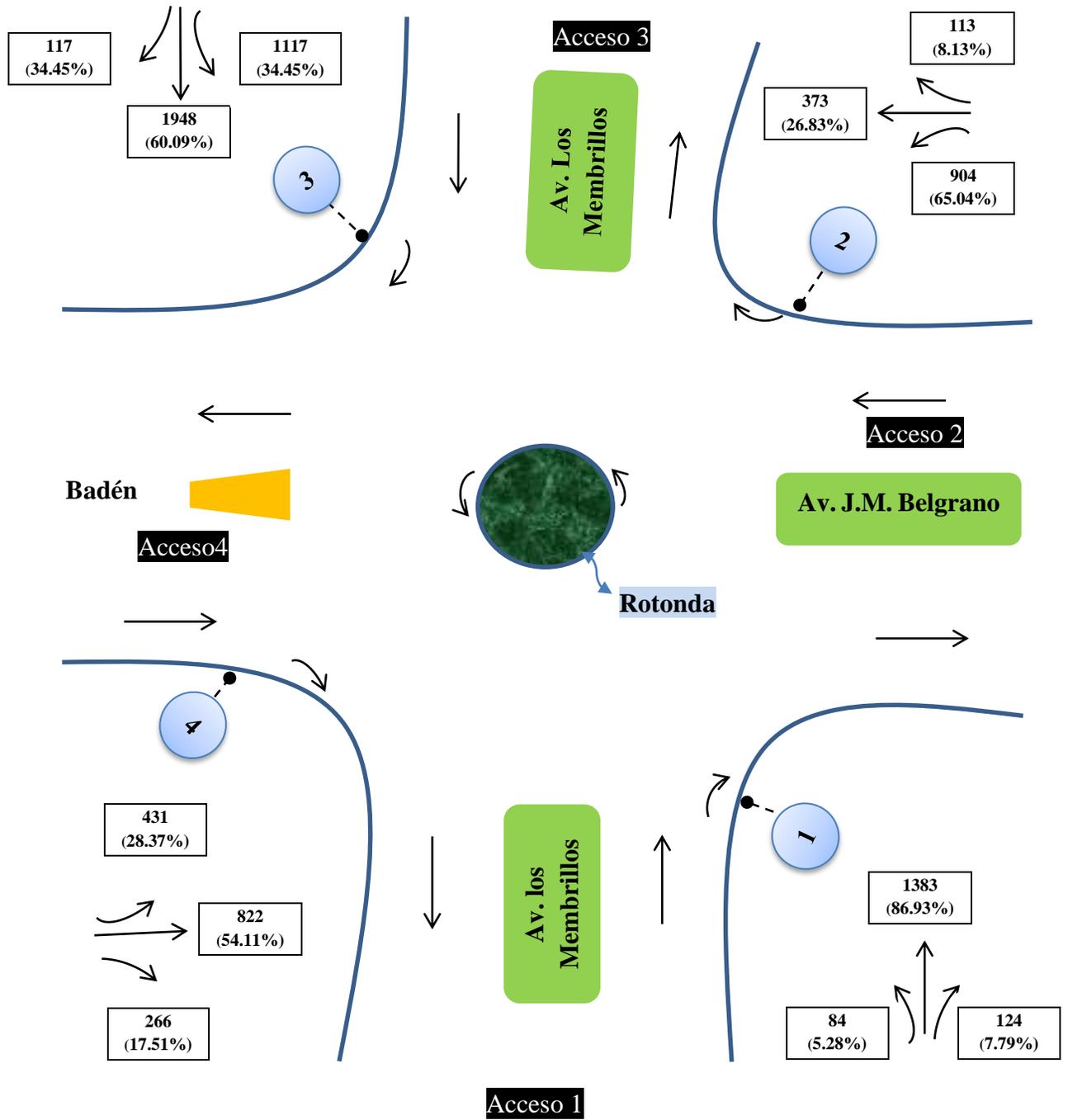
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3477	589	173	4239
Total %	82.02	13.89	4.08	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1079	517	176	1772
Total %	60.89	29.18	9.93	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3588	309	309	4206
Total %	85.31	7.35	7.35	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1600	511	1044	3155
Total %	50.71	16.20	33.09	100

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 21: Resumen de volúmenes para la rotonda av. J.M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)

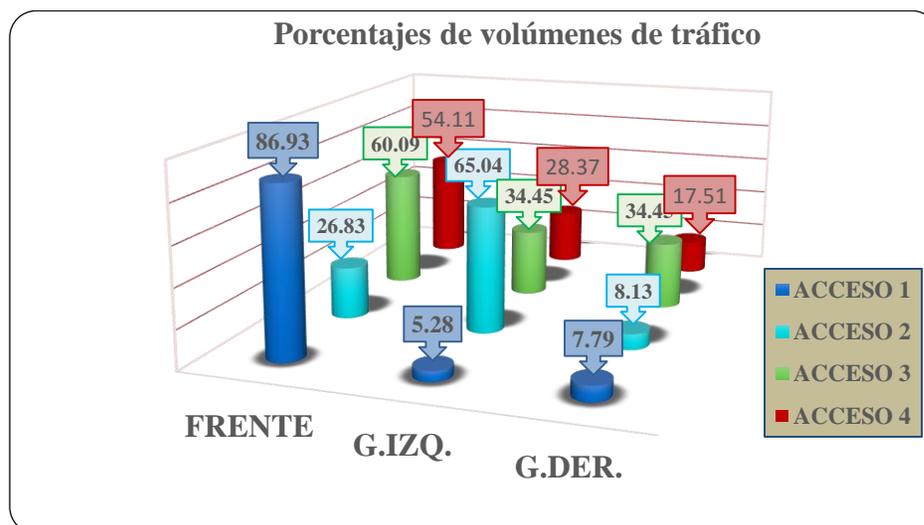


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. J.M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1383	84	124	1591
Total %	86.93	5.28	7.79	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	373	904	113	1390
Total %	26.83	65.04	8.13	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1948	1117	177	3242
Total %	60.09	34.45	34.45	129
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	822	431	266	1519
Total %	54.11	28.37	17.51	100

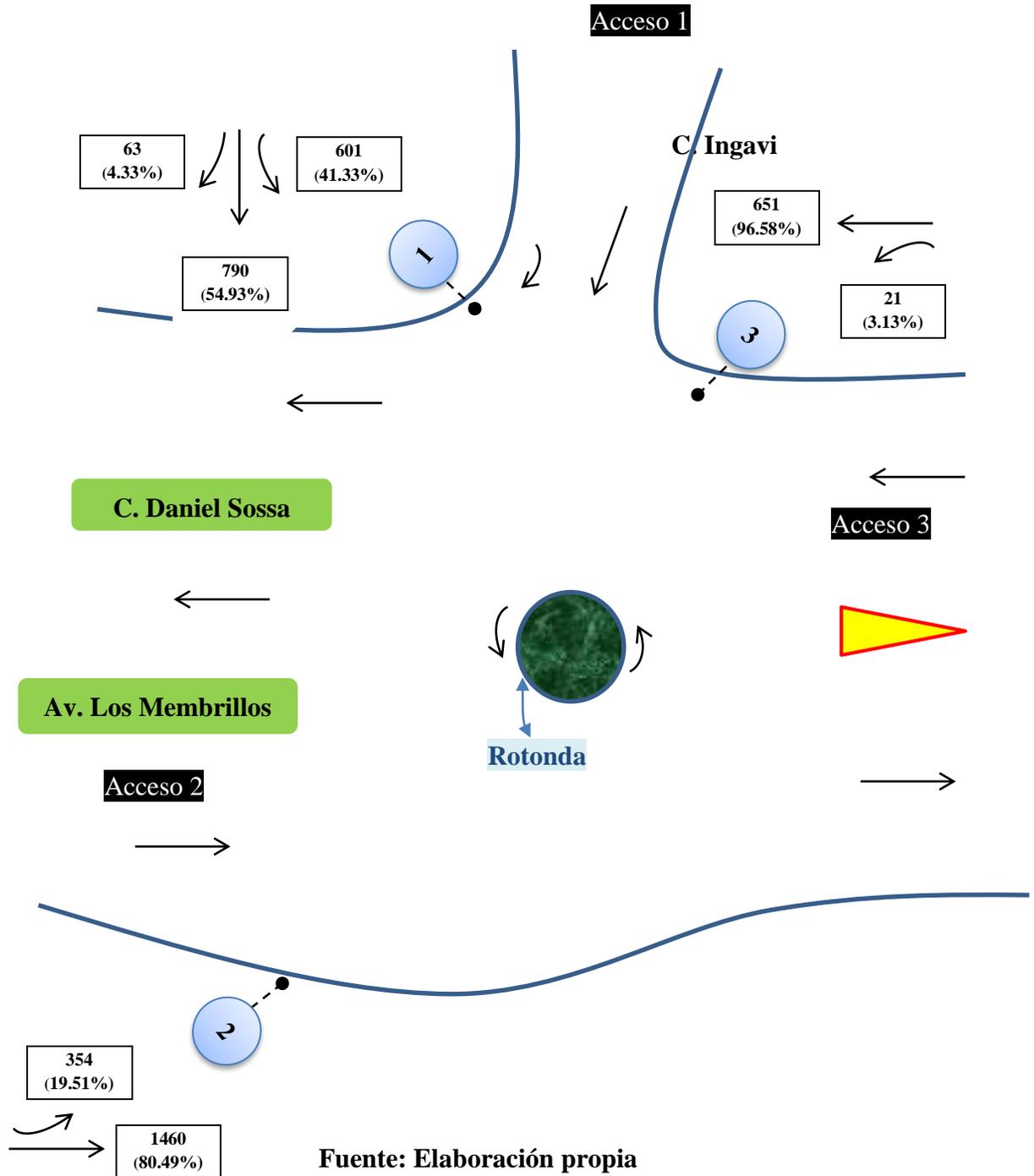
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Los Membrillos (c.

Daniel Sossa- c. Ingavi)

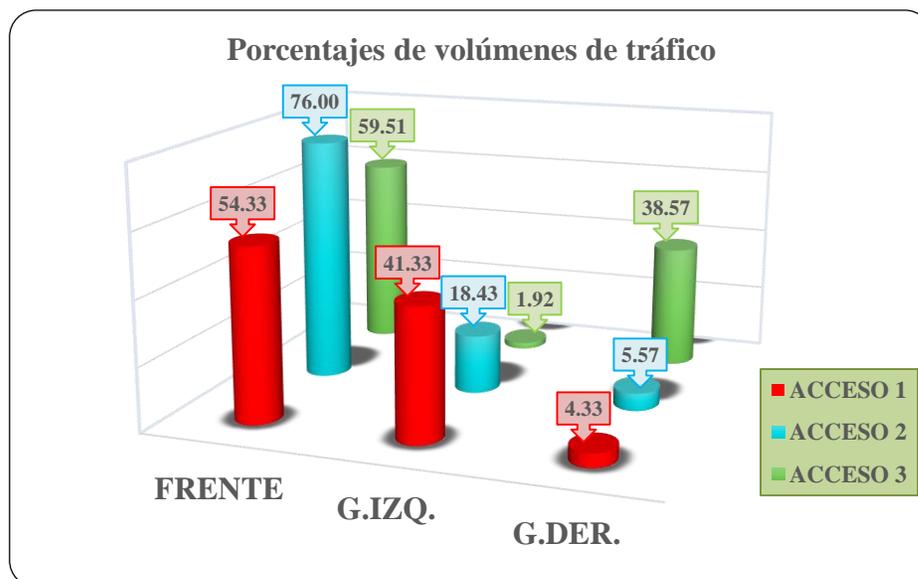


Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Los Membrillos (c. Daniel Sossa- c. Ingavi)

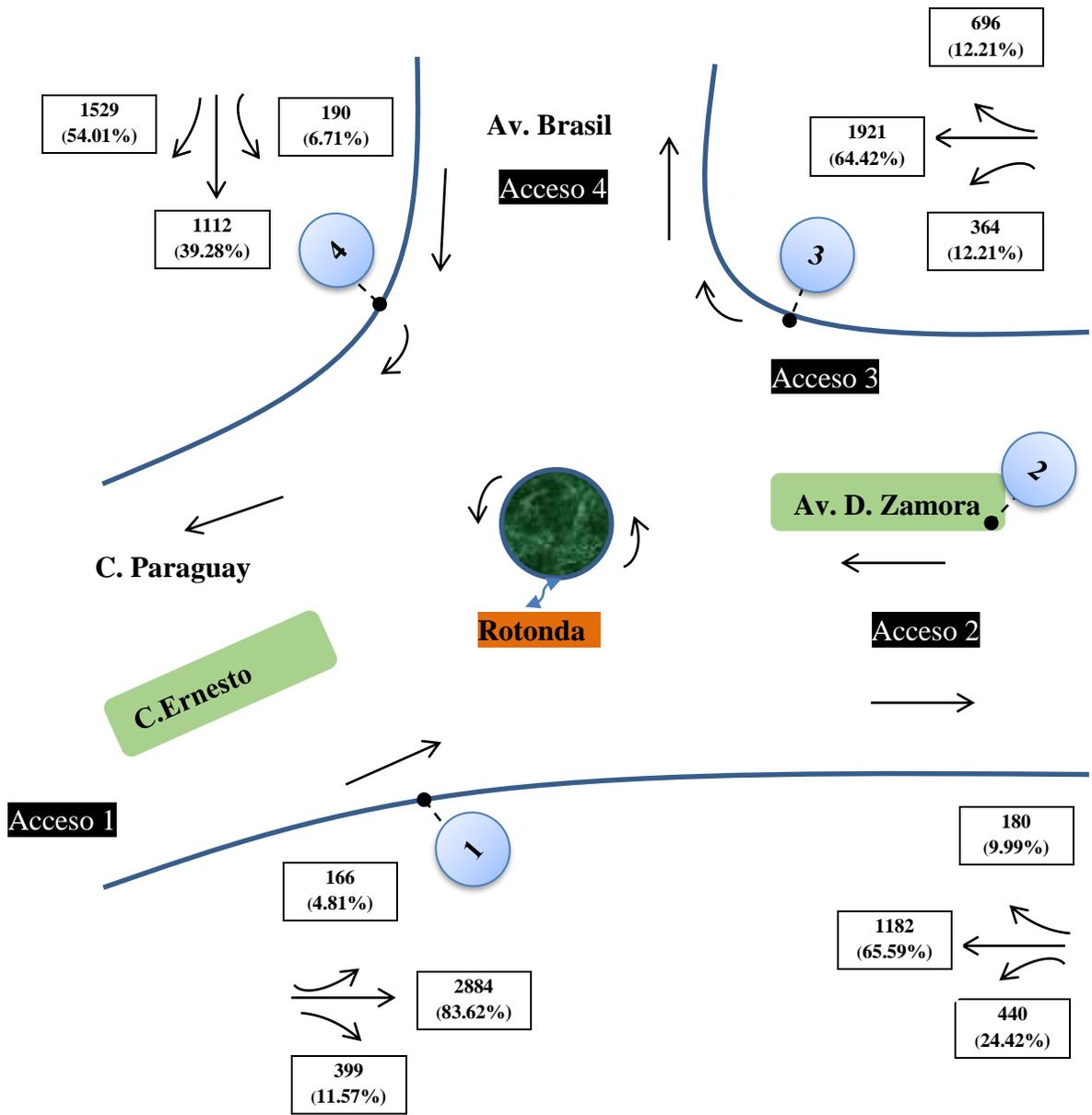
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	790	601	63	1454
Total %	54.33	41.33	4.33	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1460	354	0	1814
Total %	80.49	19.51	0.00	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	651	21	0	672
Total %	96.88	3.13	0.00	100

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Resumen de volúmenes para la rotonda av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)

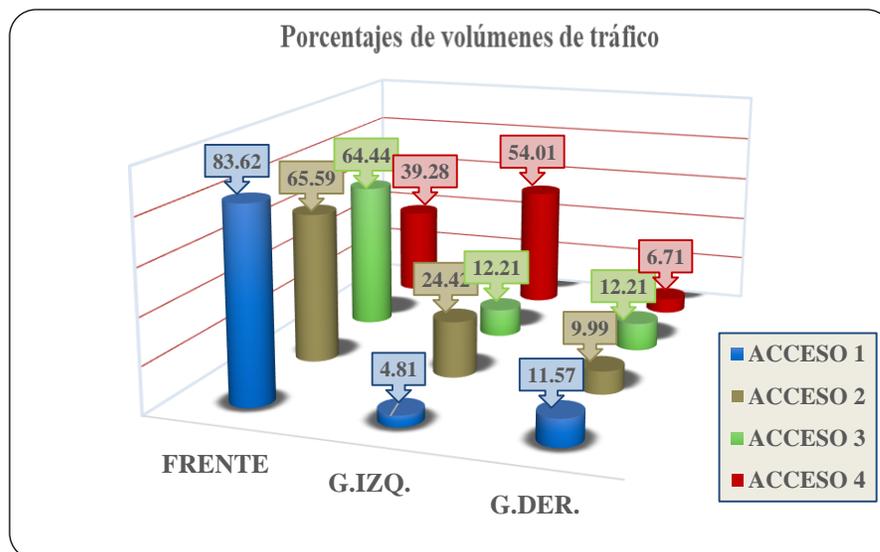


Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)

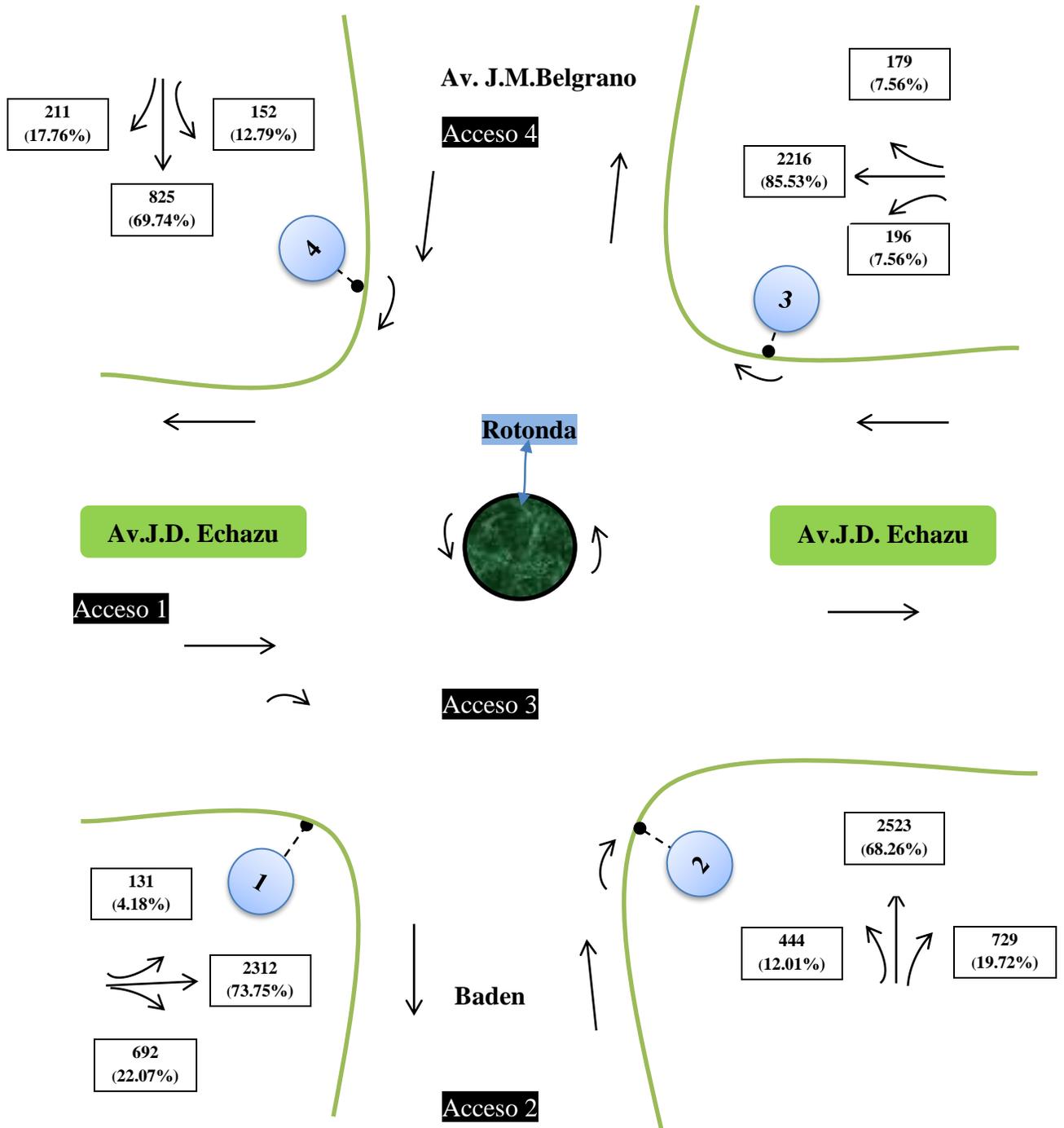
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2884	166	399	3449
Total %	83.62	4.81	11.57	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1182	440	180	1802
Total %	65.59	24.42	9.99	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1921	364	696	2981
Total %	64.44	12.21	12.21	89
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1112	1529	190	2831
Total %	39.28	54.01	6.71	100

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Resumen de volúmenes para la rotonda av. J.M. Belgrano (av. J.D. Echazu-Badén)

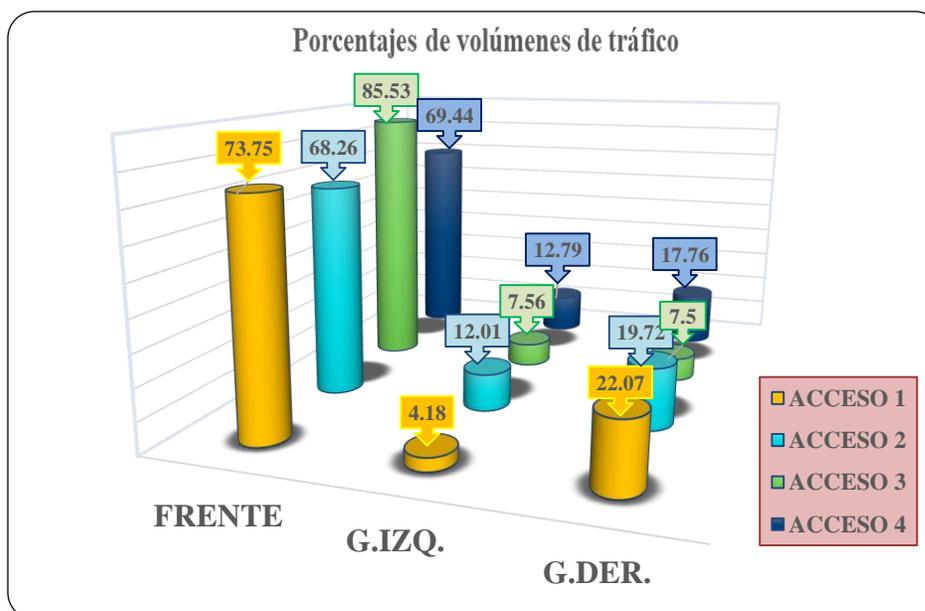


Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. J.M. Belgrano (av. J.D. Echazu-Badén)

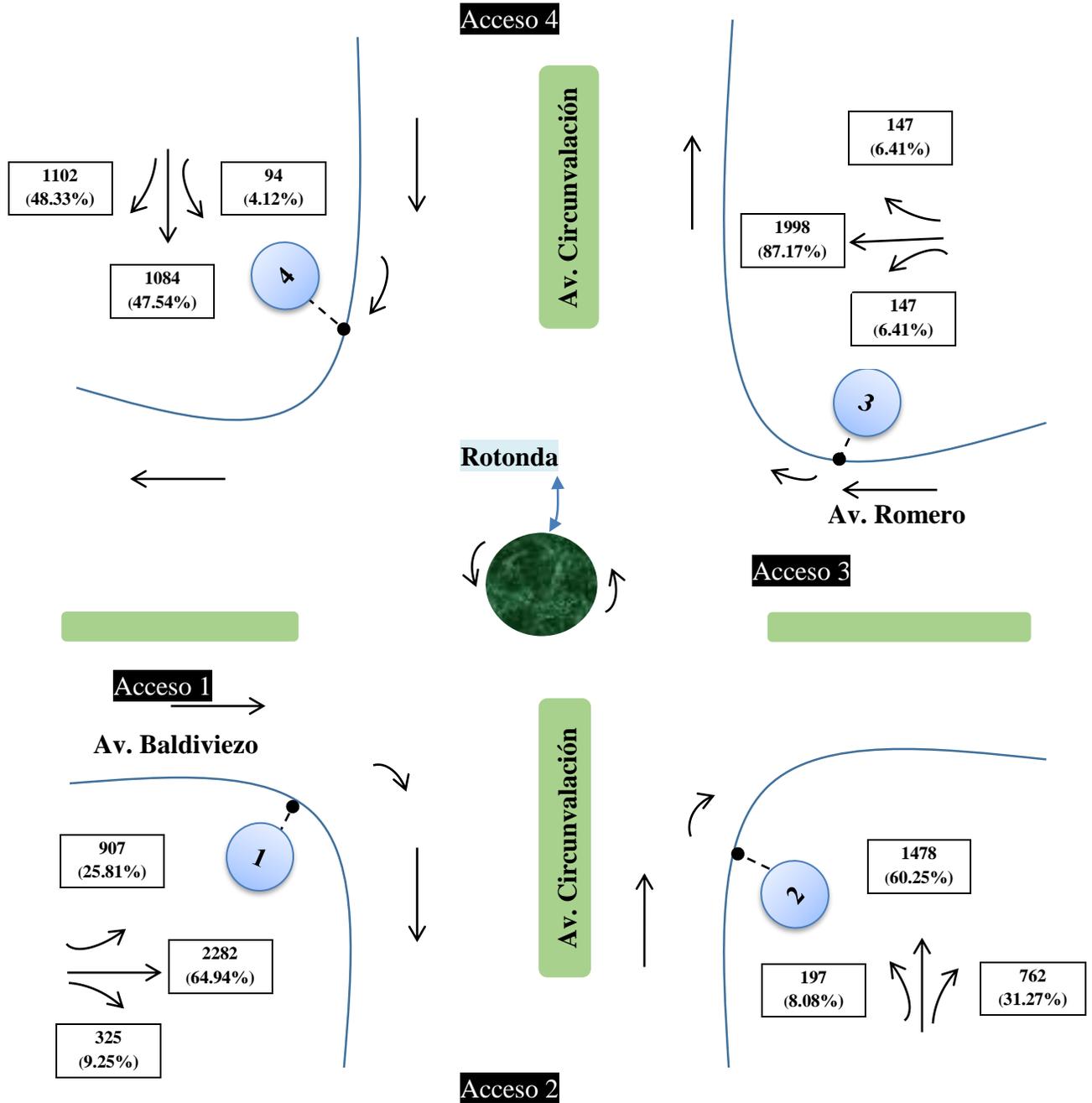
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2312	131	692	3135
Total %	73.75	4.18	22.07	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2523	444	729	3696
Total %	68.26	12.01	19.72	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2216	196	179	2591
Total %	85.53	7.56	7.56	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	825	152	211	1188
Total %	69.44	12.79	17.76	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura 25: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Circunvalación
(av. Baldivezo-av. Romero)**

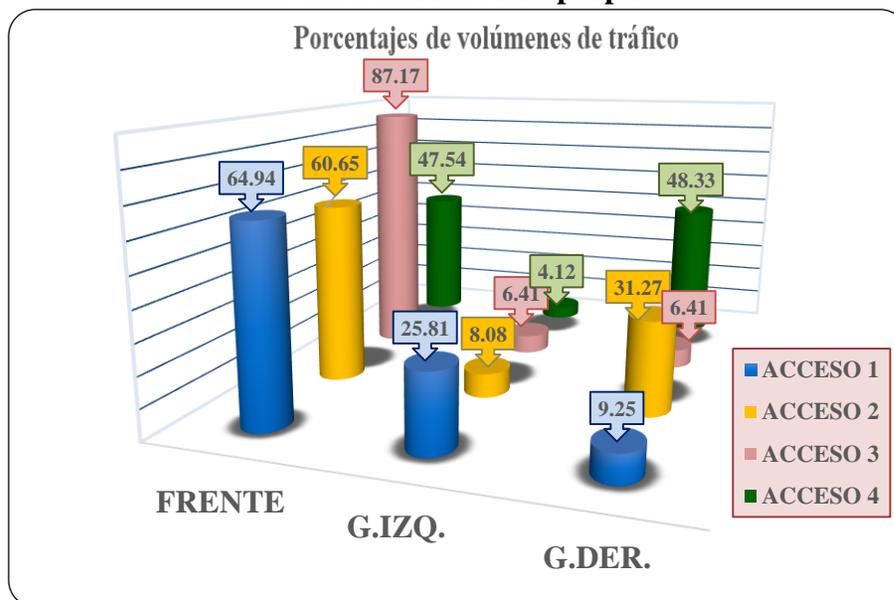


Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Circunvalación (av. Baldiviezo- Av. Romero)

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2282	907	325	3514
Total %	64.94	25.81	9.25	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1478	197	762	2437
Total %	60.65	8.08	31.27	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1998	147	147	2292
Total %	87.17	6.41	6.41	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1084	94	1102	2280
Total %	47.54	4.12	48.33	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 26: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Ballivian (c. Perú- Cementerio)

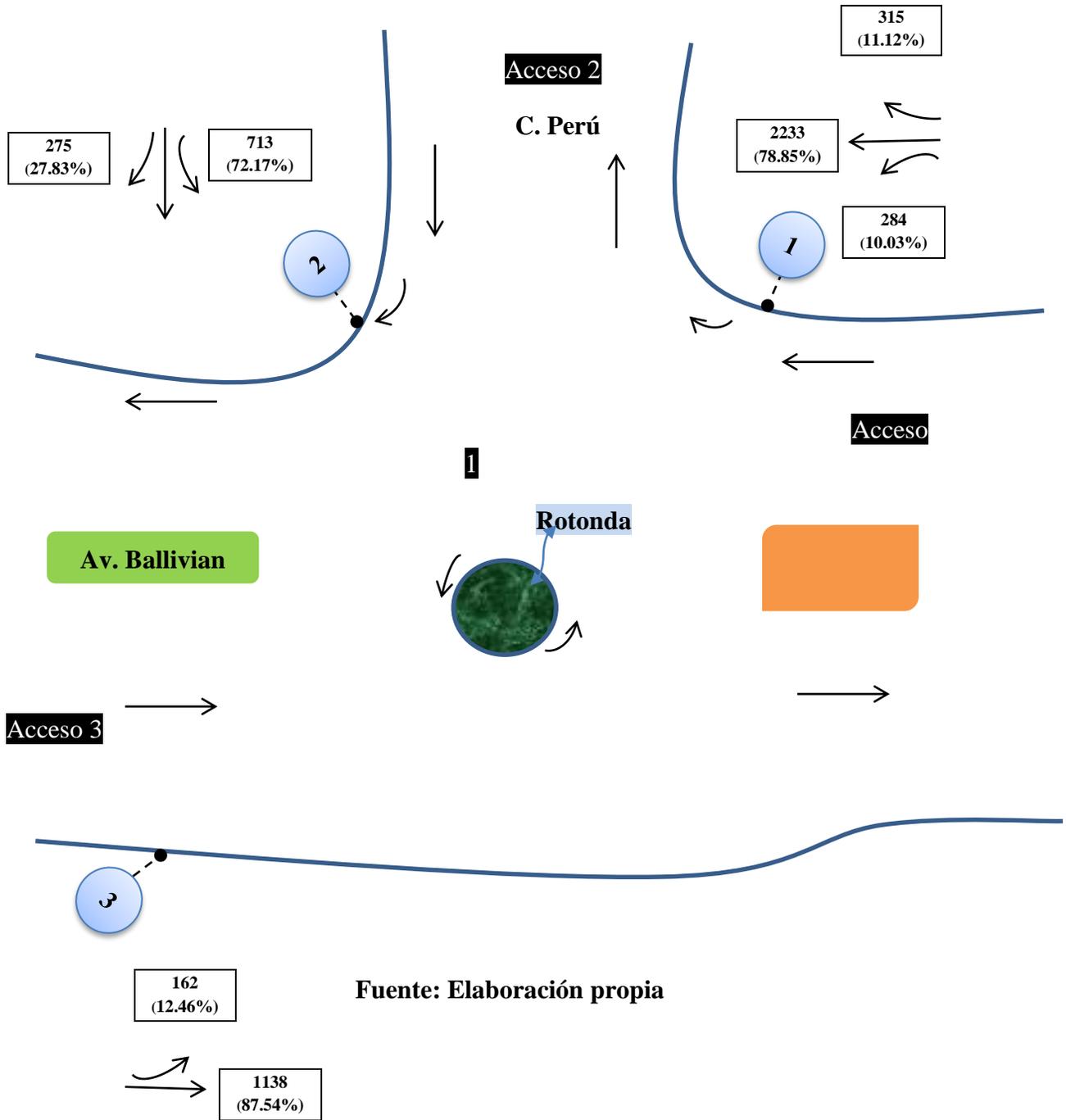
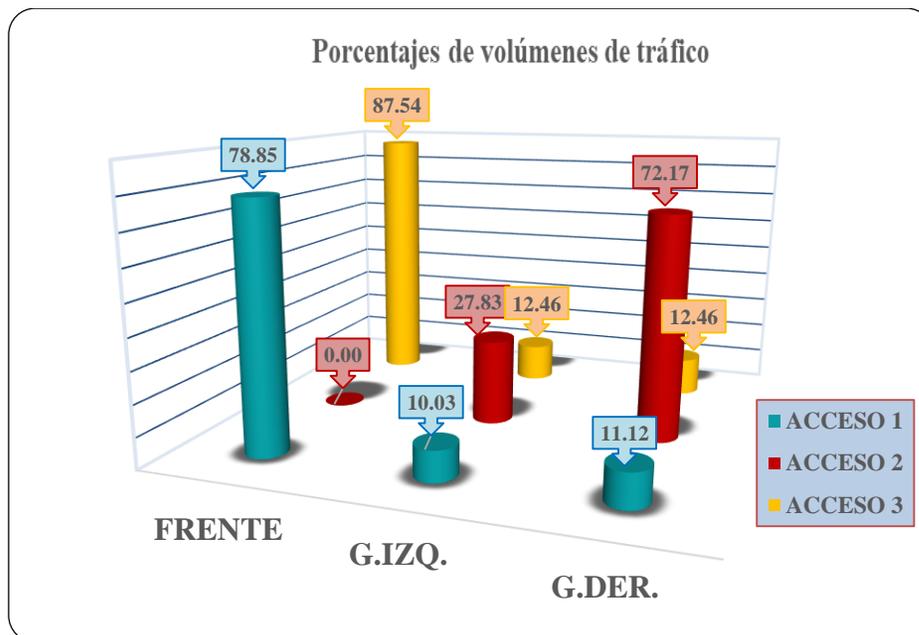


Tabla 12: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Ballivian (c. Perú-Cementerio)

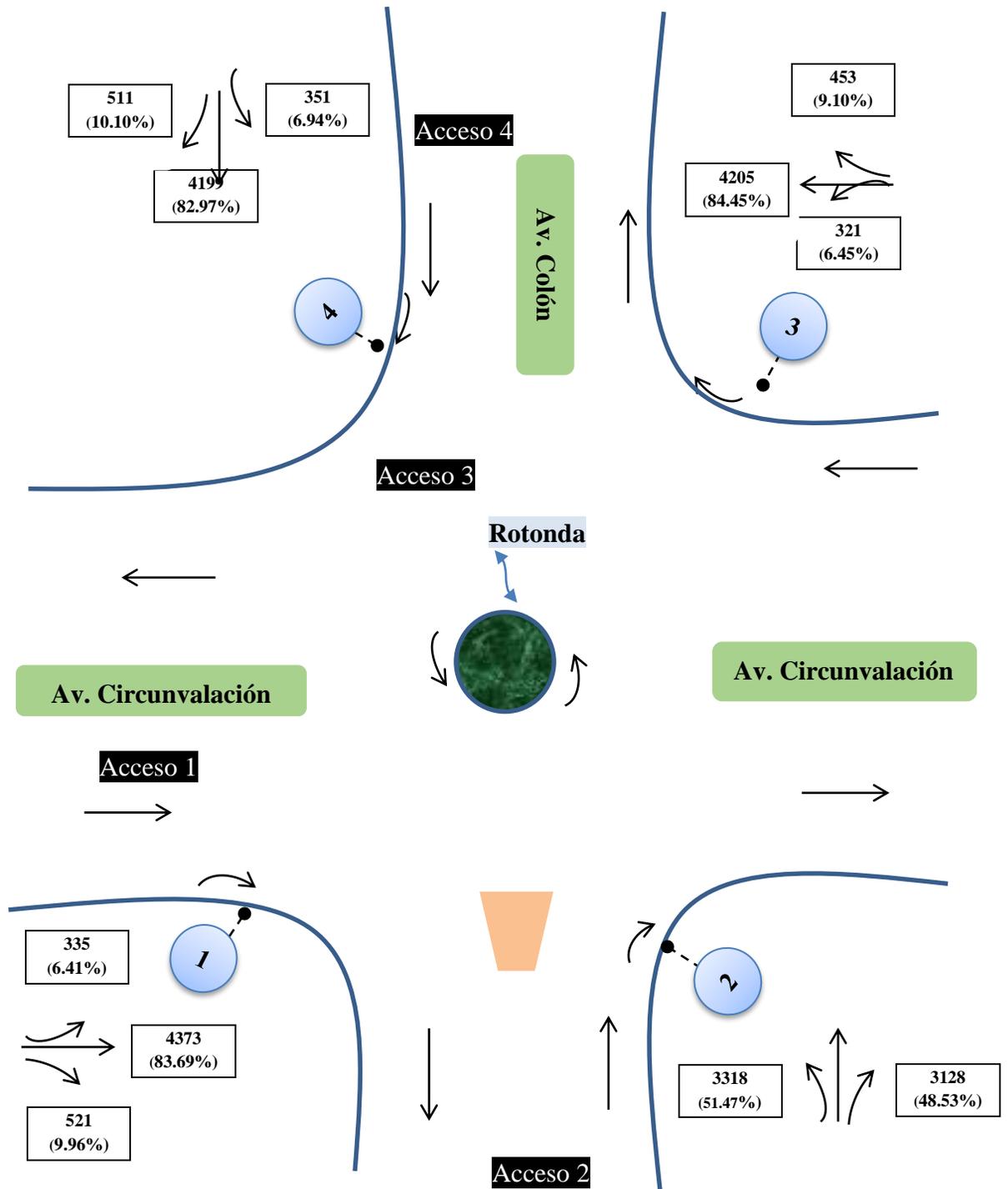
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2233	284	315	2832
Total %	78.85	10.03	11.12	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	275	713	988
Total %	0.00	27.83	72.17	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1138	162	0	1300
Total %	87.54	12.46	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 27: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Circunvalación-av. Colón



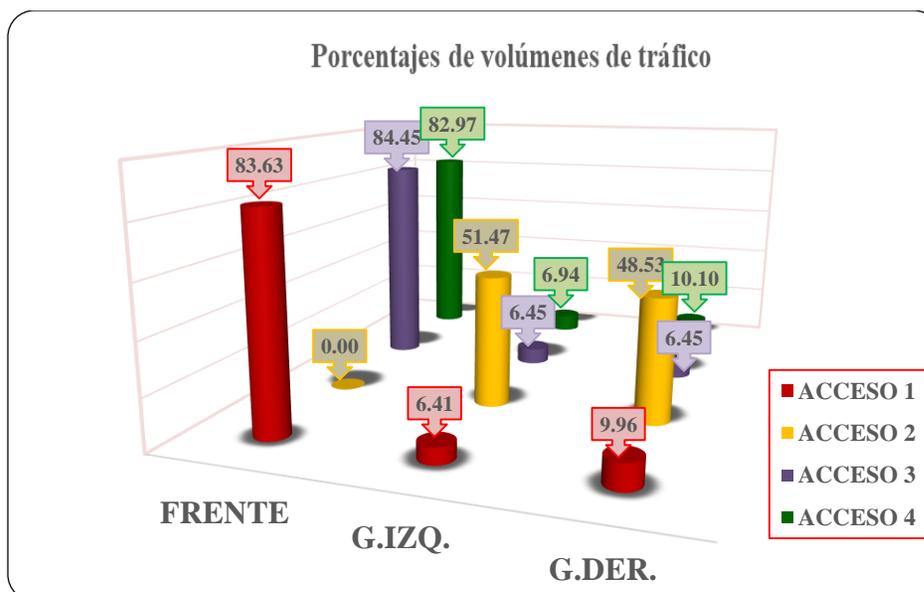
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Circunvalación-av.

Colón

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	4373	335	521	5229
Total %	83.63	6.41	9.96	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	3318	3128	6446
Total %	0.00	51.47	48.53	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	4205	321	453	4979
Total %	84.45	6.45	9.10	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	4199	351	511	5061
Total %	82.97	6.94	10.10	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Héroes de la Independencia -av. Los Sauces

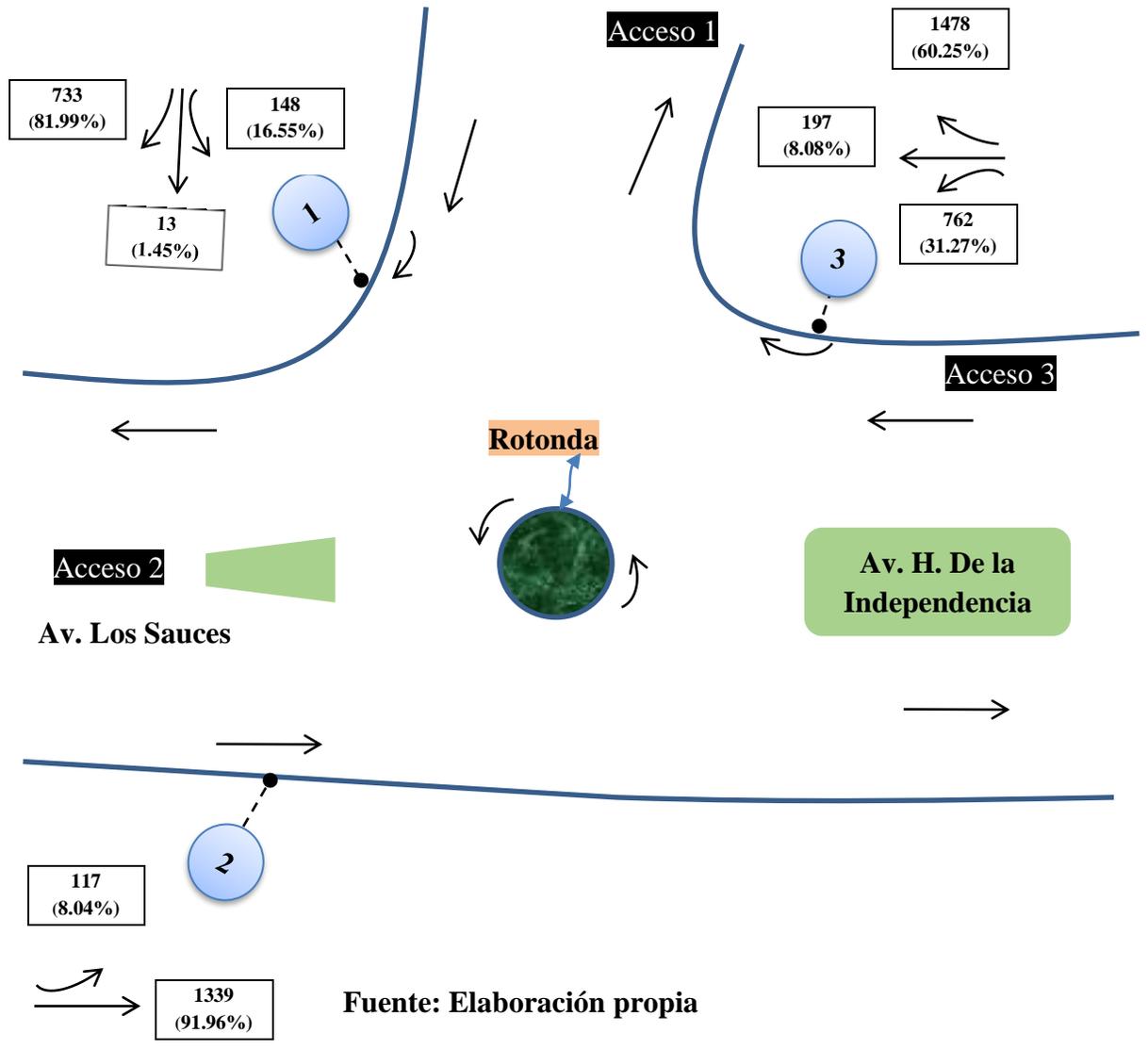
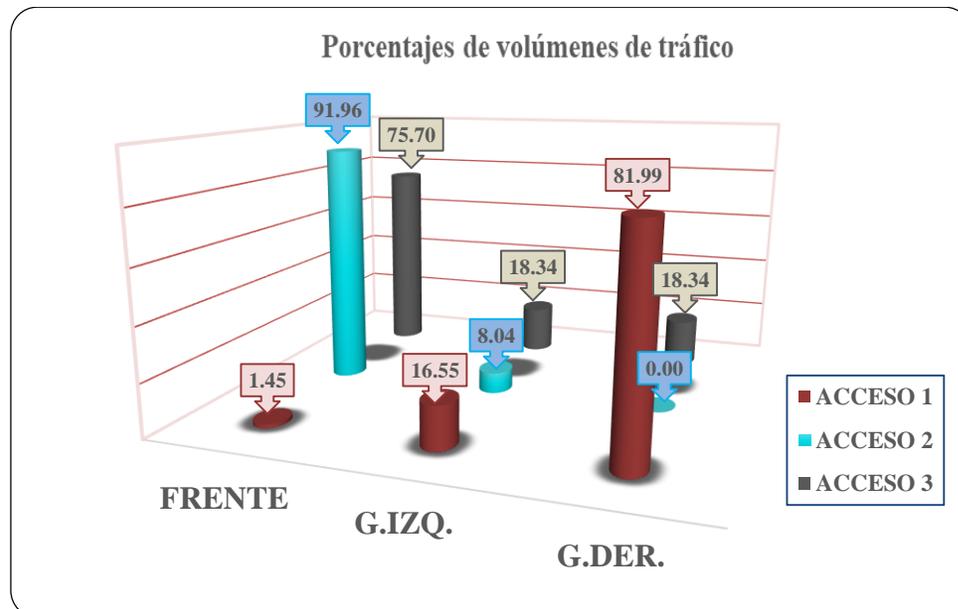


Tabla 14: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Héroes de la Independencia -av. Los Sauces

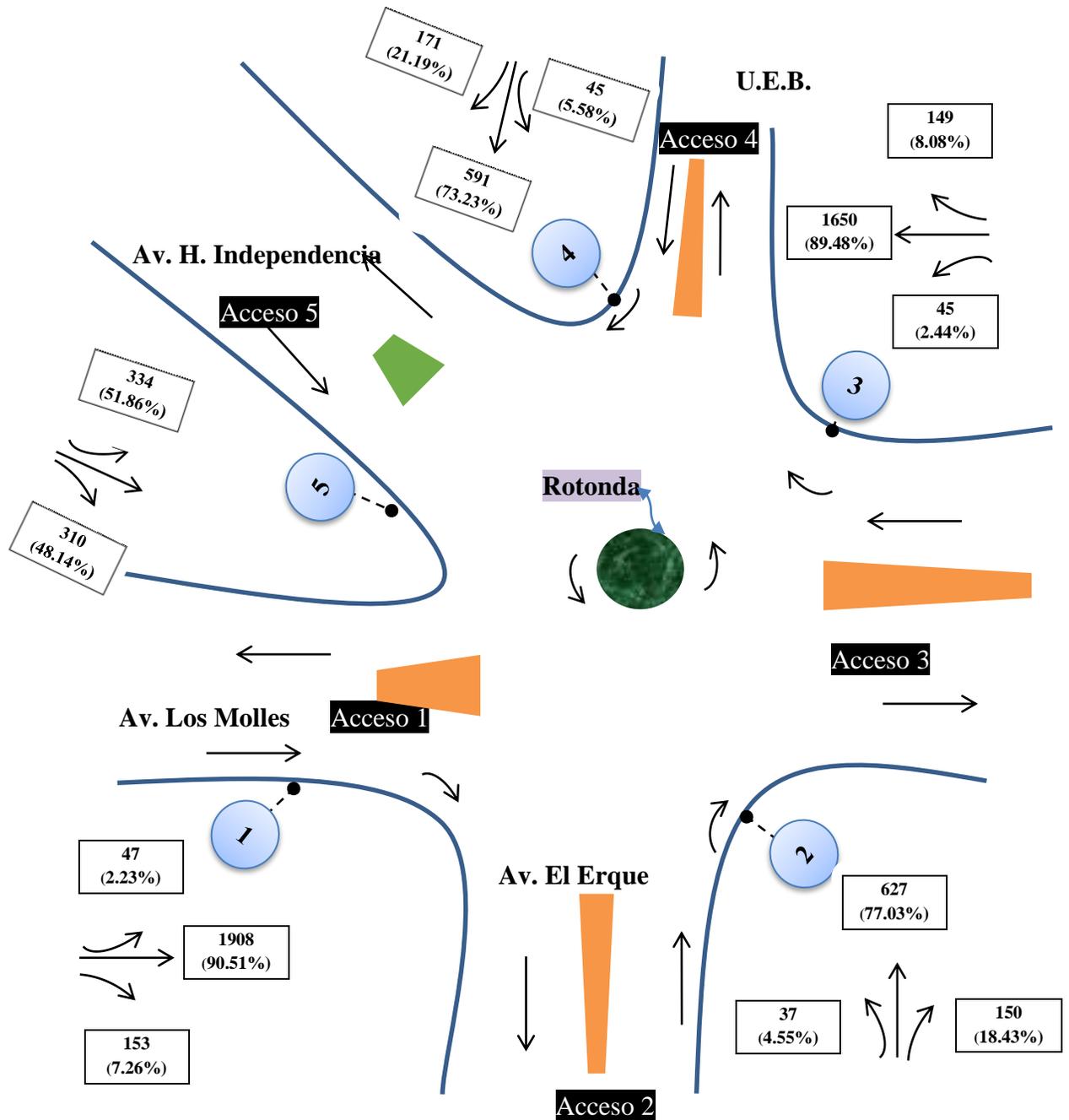
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	13	148	733	894
Total %	1.45	16.55	81.99	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1339	117	0	1456
Total %	91.96	8.04	0.00	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	648	157	51	856
Total %	75.70	18.34	5.96	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura 29: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Héroes de la Independencia
(av. El Erque-av. Los Molles)**

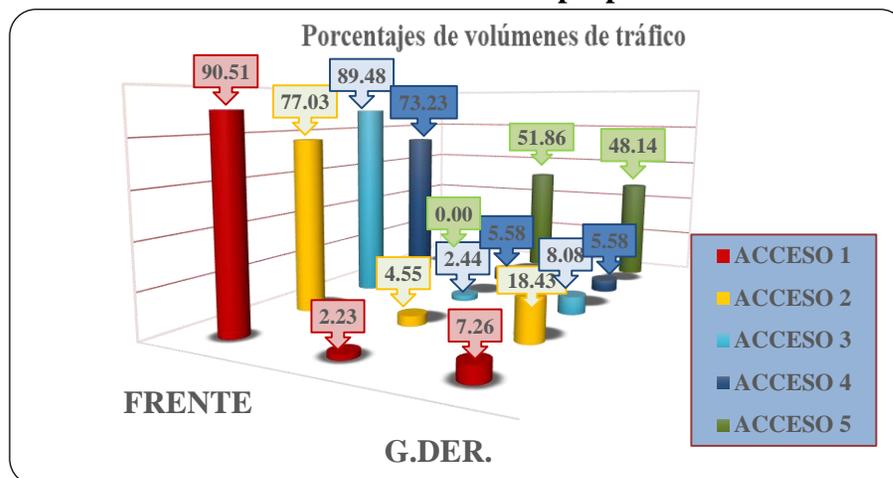


Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Héroes de la Independencia (av. El Erque-av. Los Molles)

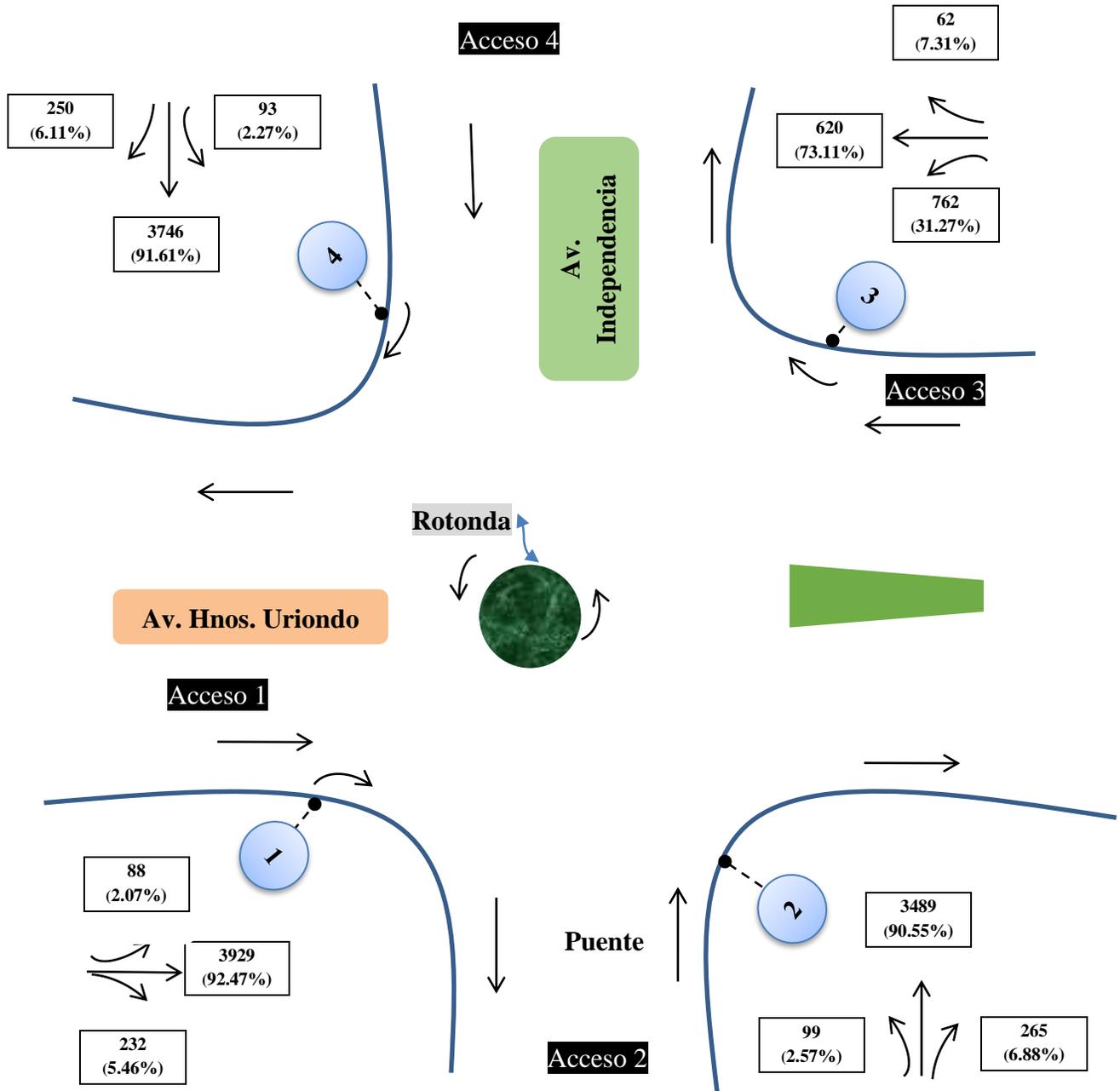
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1908	47	153	2108
Total %	90.51	2.23	7.26	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	627	37	150	814
Total %	77.03	4.55	18.43	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1650	45	149	1844
Total %	89.48	2.44	8.08	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	591	45	171	807
Total %	73.23	5.58	21.19	100
Pto. Aforo 5	Acceso 5			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	334	310	644
Total %	0.00	51.86	48.14	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)

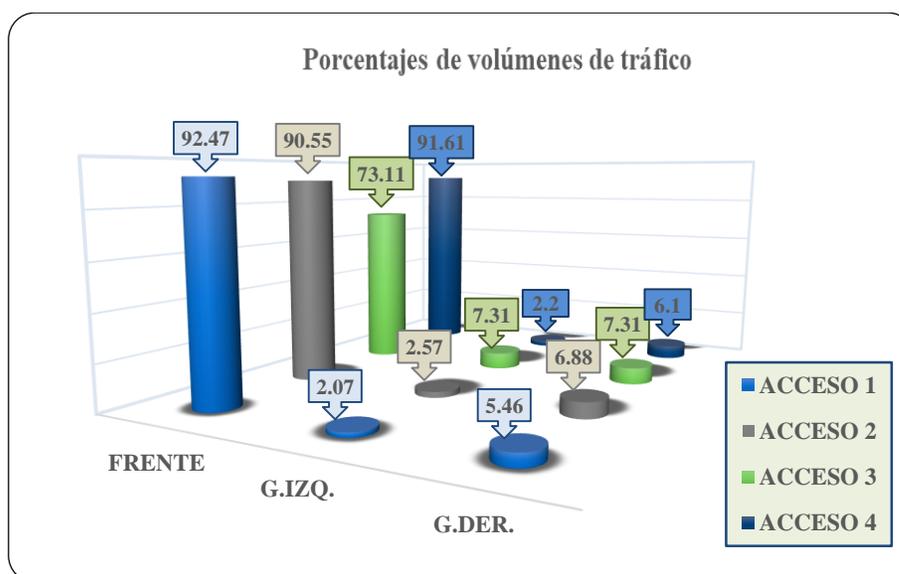


Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)

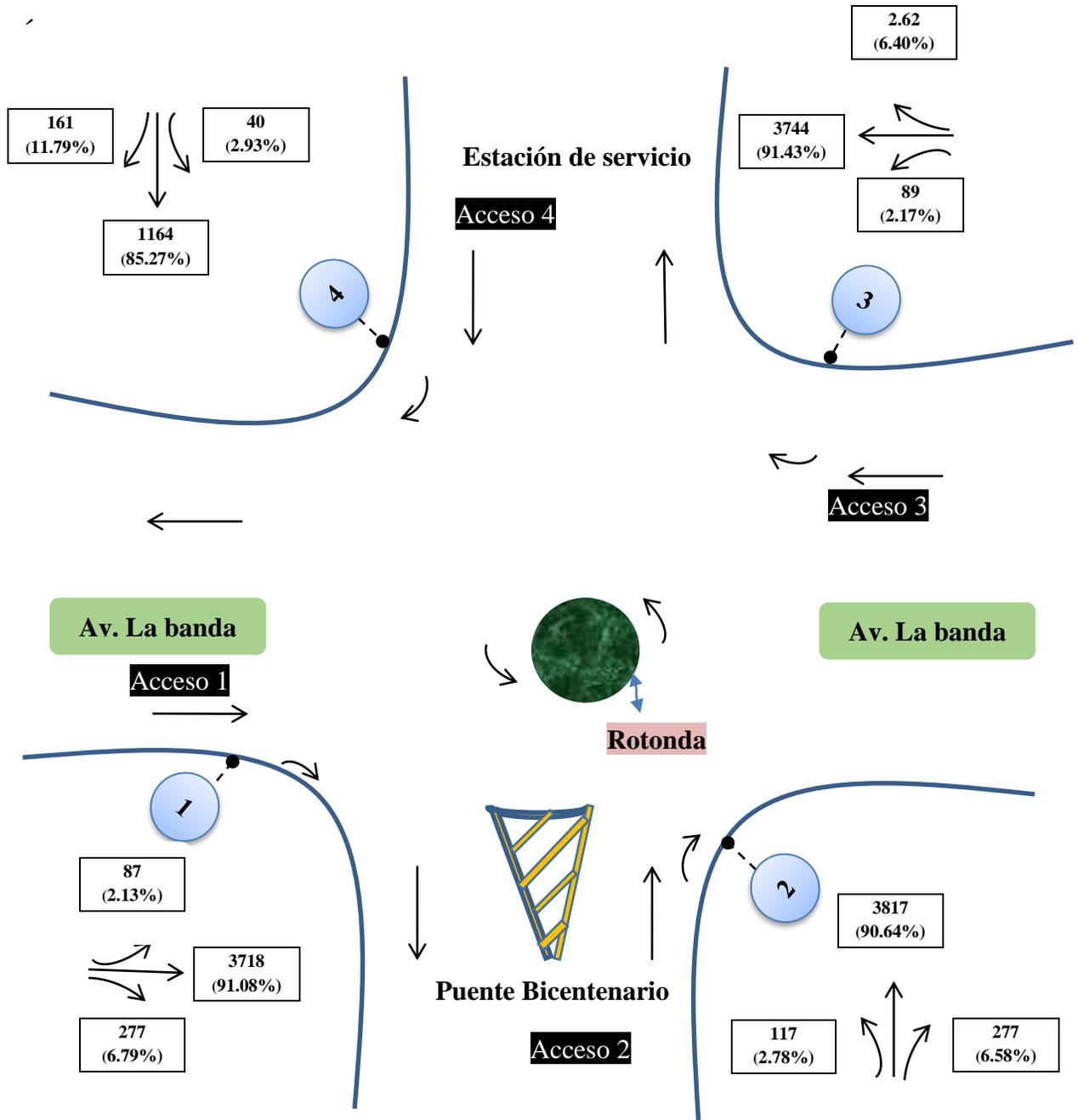
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3929	88	232	4249
Total %	92.47	2.07	5.46	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3489	99	265	3853
Total %	90.55	2.57	6.88	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	620	62	166	848
Total %	73.11	7.31	19.58	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3746	93	250	4089
Total %	91.61	2.27	6.11	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Resumen de volúmenes para la rotonda av. La Banda-Puente Bicentenario

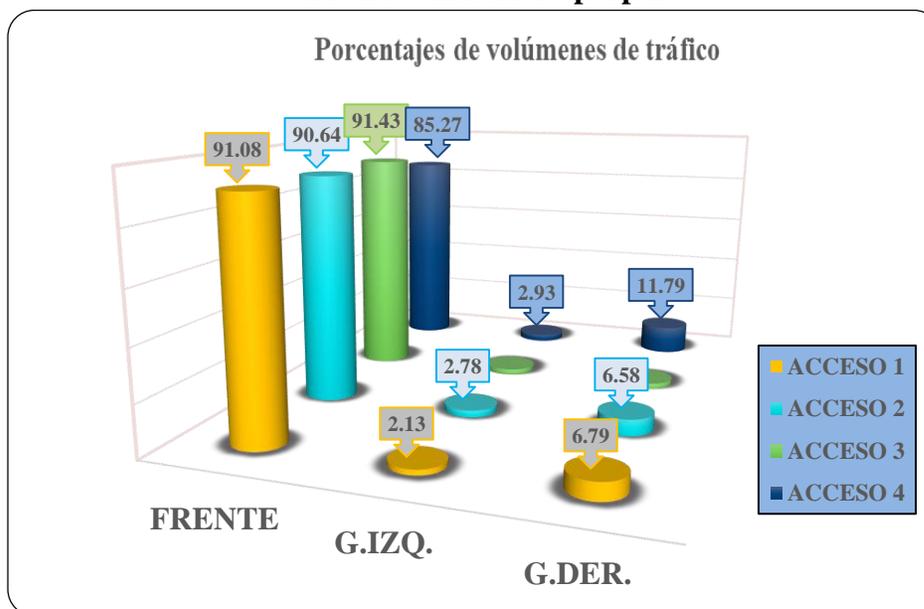


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. La Banda-Puente
Bicentenario**

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3718	87	277	4082
Total %	91.08	2.13	6.79	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3817	117	277	4211
Total %	90.64	2.78	6.58	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3744	89	262	4095
Total %	91.43	2.17	6.40	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1164	40	161	1365
Total %	85.27	2.93	11.79	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Resumen de volúmenes para la rotonda av. J.M. Avilez (c. Mario Cossío-c. Z. W. De Ruiz)

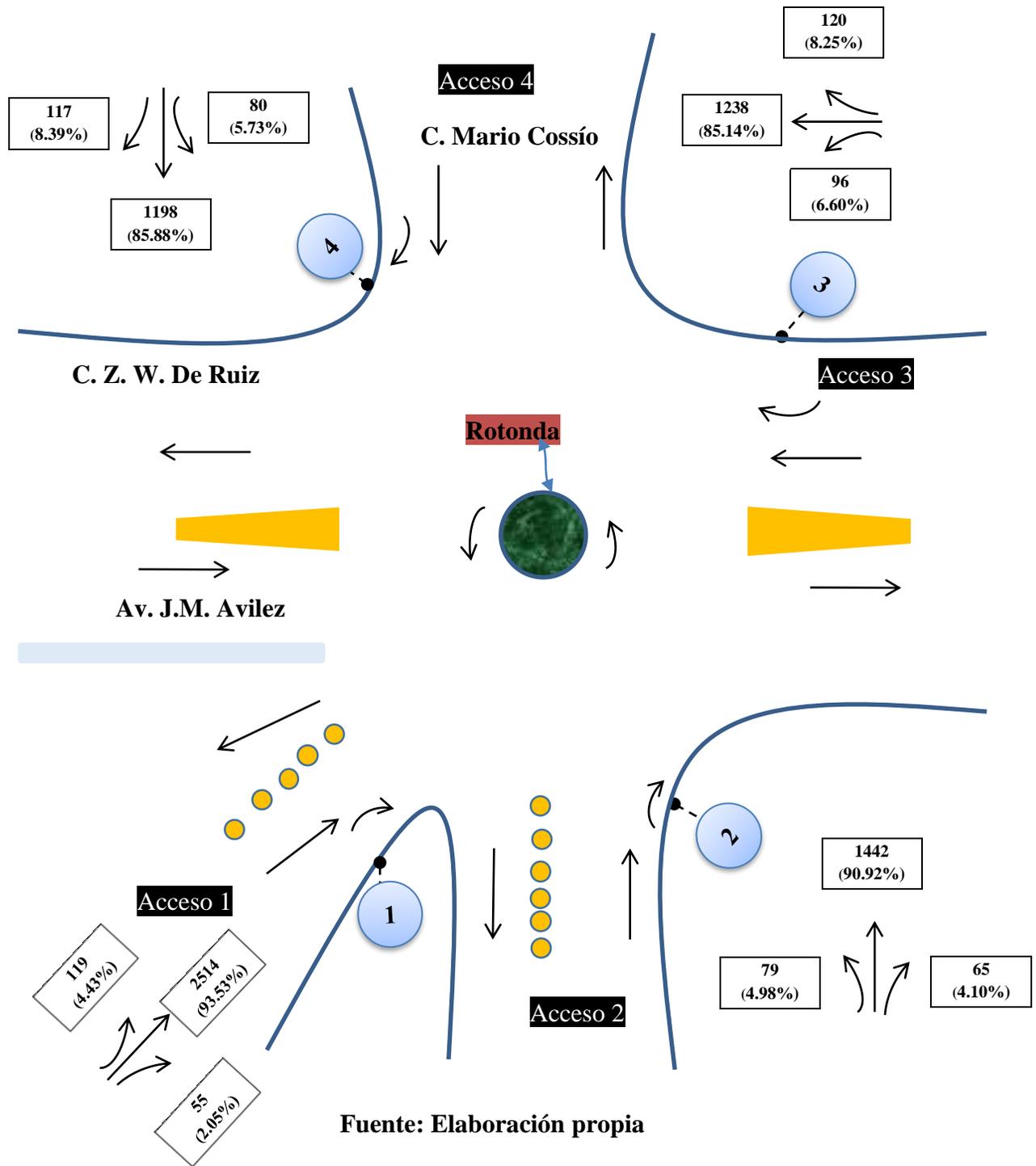
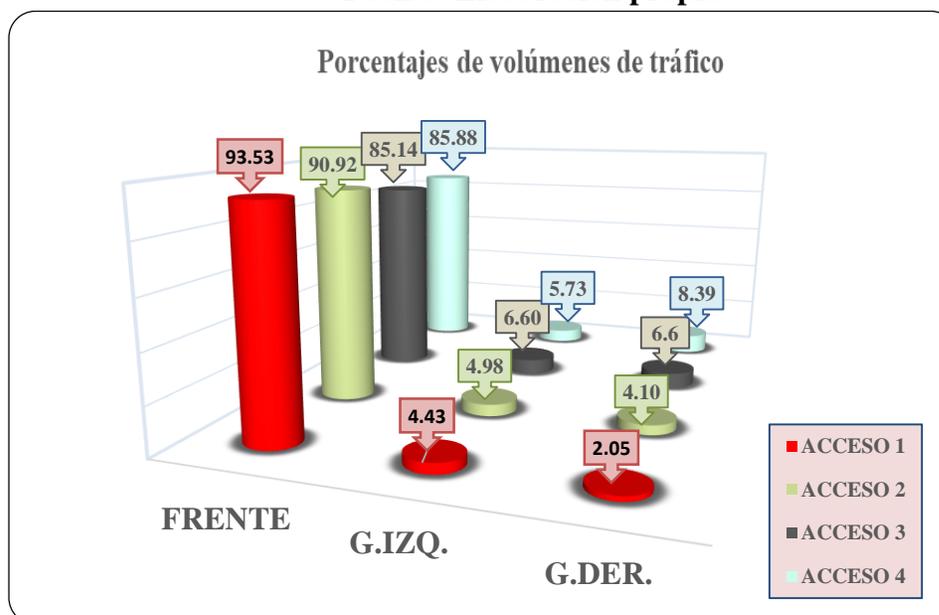


Tabla 18: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. J.M. Avilés (c. Mario Cossío-c. Z. W. De Ruiz)

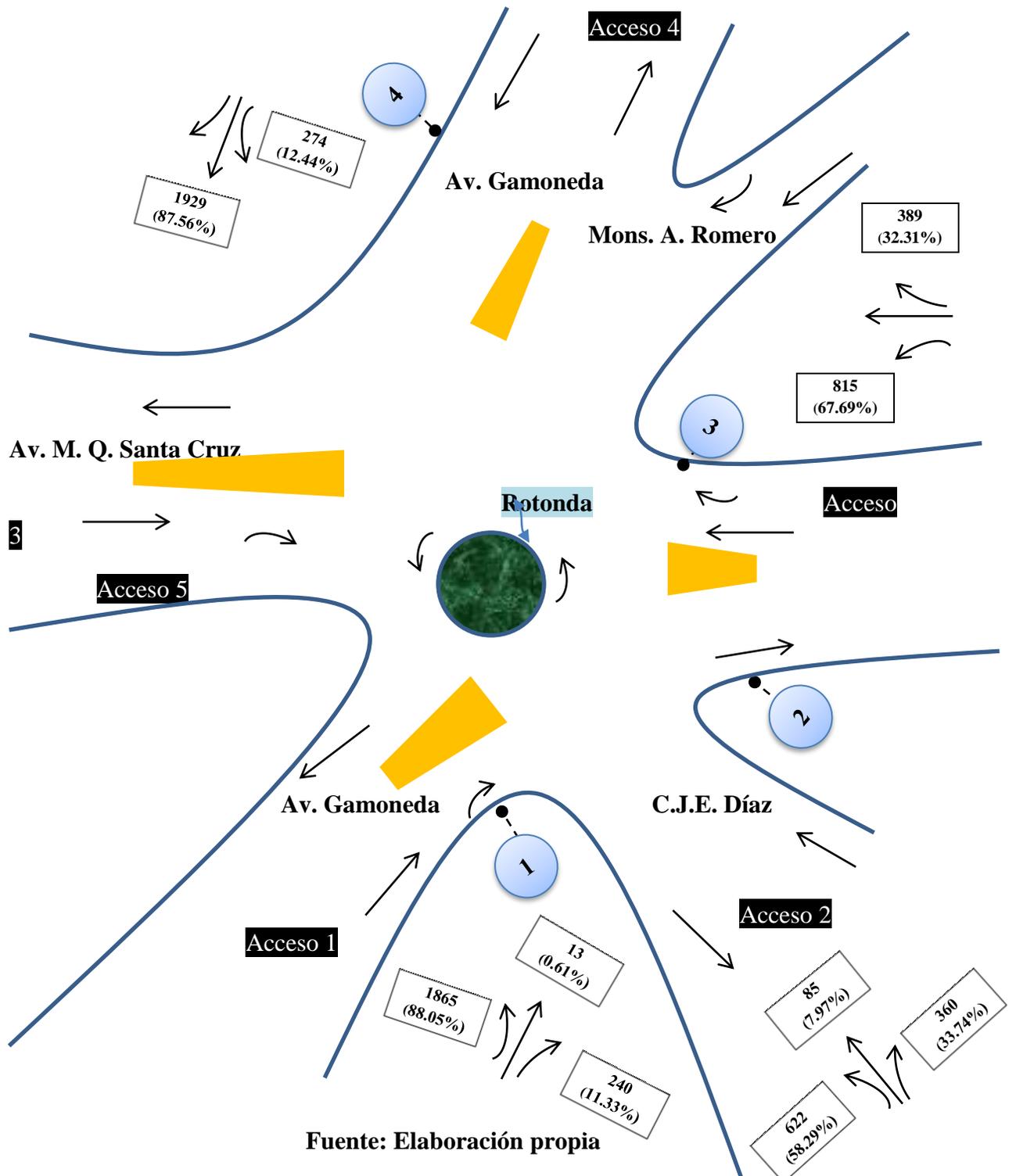
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2514	119	55	2688
Total %	93.53	4.43	2.05	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1442	79	65	1586
Total %	90.92	4.98	4.10	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1238	96	120	1454
Total %	85.14	6.60	8.25	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1198	80	117	1395
Total %	85.88	5.73	8.39	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Gamonedada (av. M.Q. Santa Cruz-c. J.E. Díaz- Mons. A. Romero)

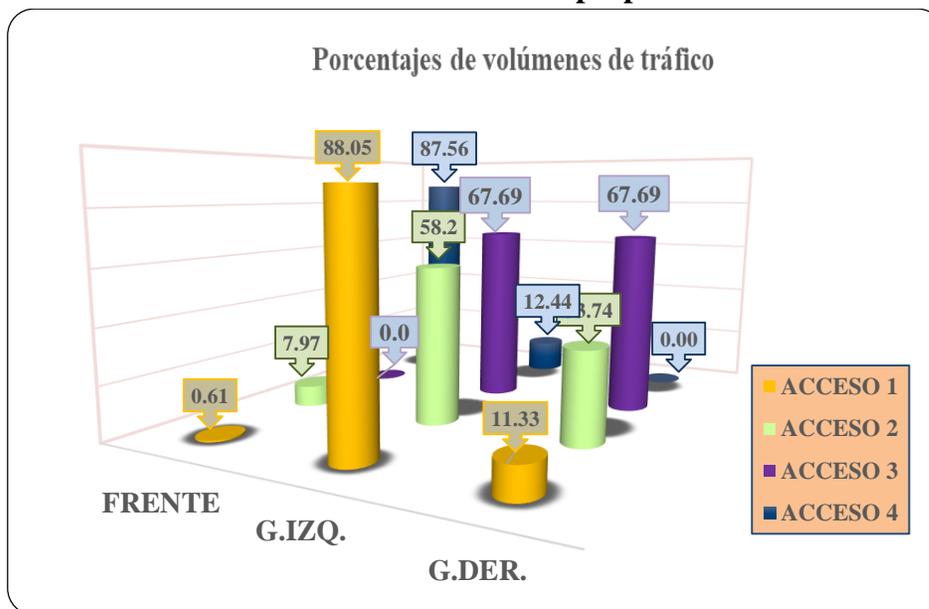


Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Gamonedada (av. M.Q. Santa Cruz-c. J.E. Díaz- Mons. A. Romero)

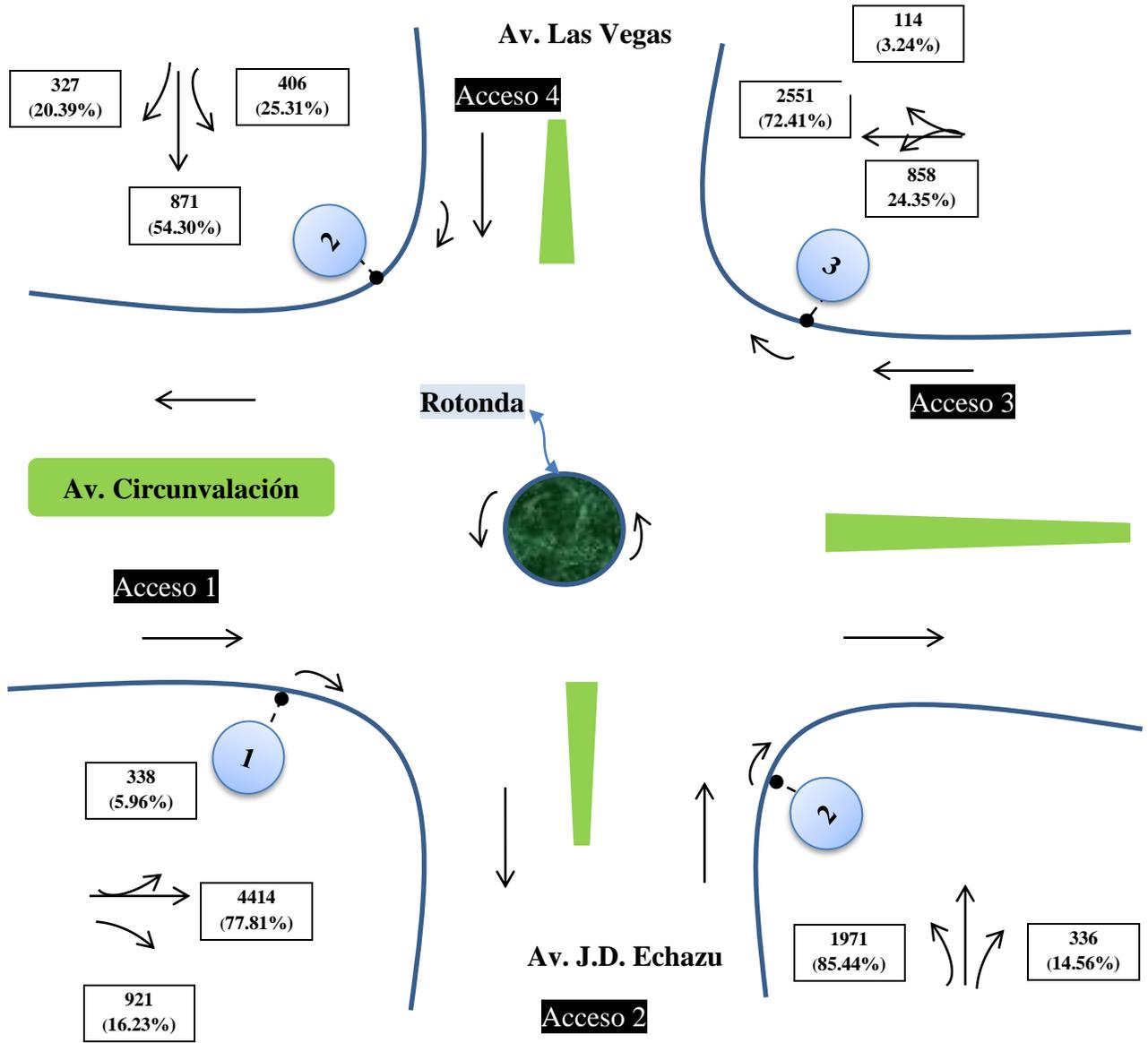
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	13	1865	240	2118
Total %	0.61	88.05	11.33	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	85	622	360	1067
Total %	7.97	58.29	33.74	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	815	389	1204
Total %	0.00	67.69	32.31	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1929	274	0	2203
Total %	87.56	12.44	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)

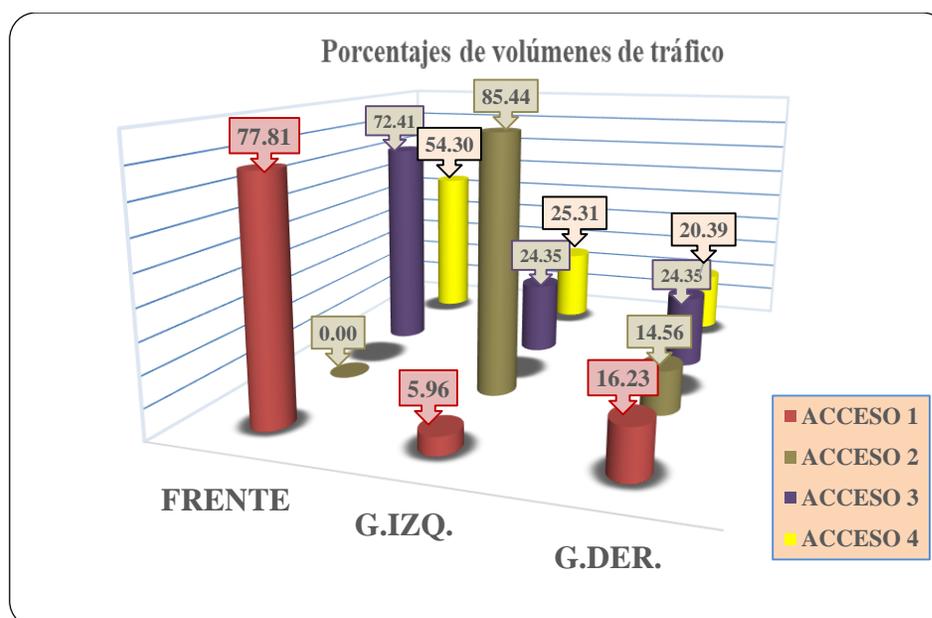


Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)

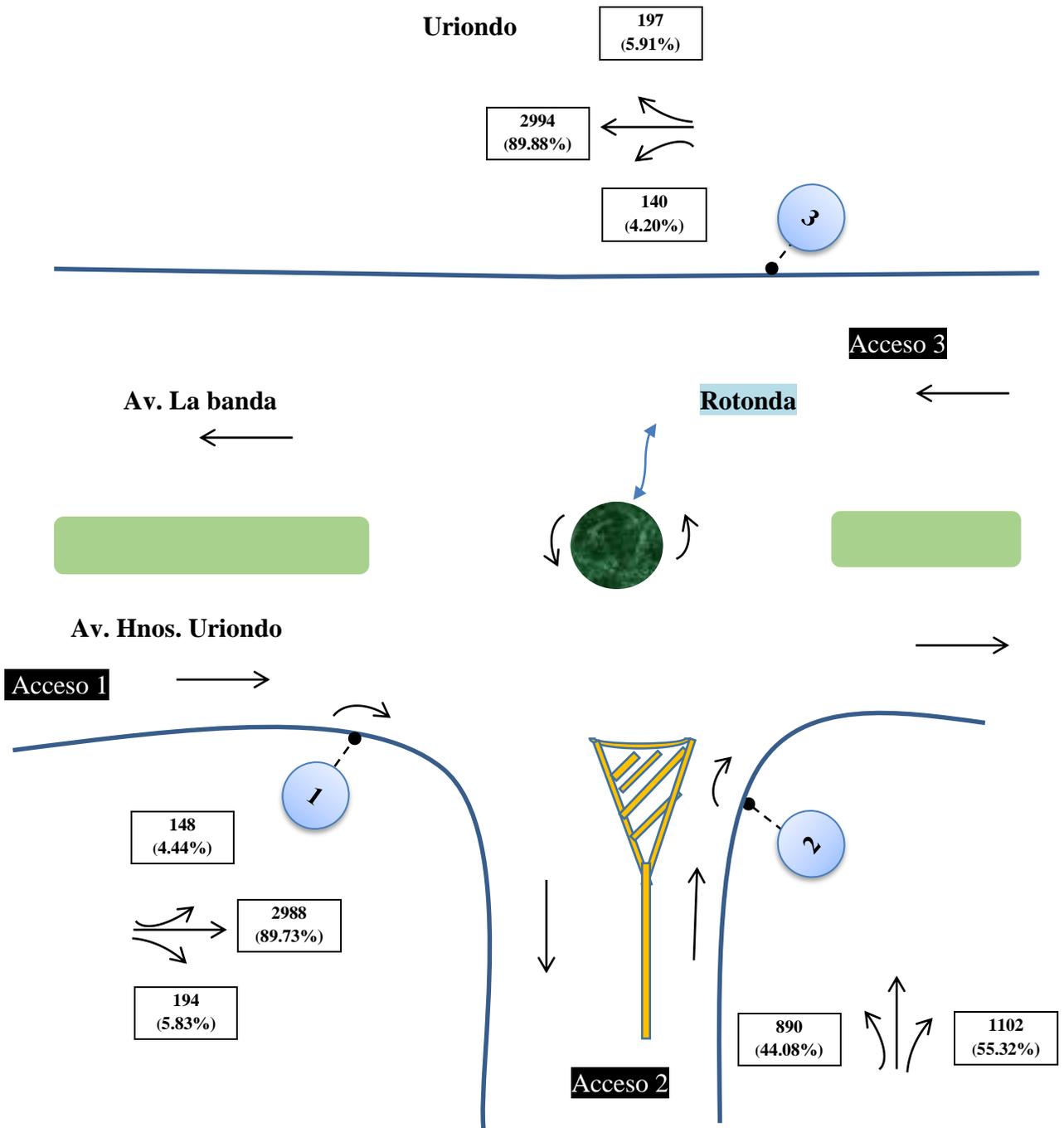
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	4414	338	921	5673
Total %	77.81	5.96	16.23	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	1971	336	2307
Total %	0.00	85.44	14.56	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2551	858	114	3523
Total %	72.41	24.35	3.24	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	871	406	327	1604
Total %	54.30	25.31	20.39	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Resumen de volúmenes para la rotonda av. La Banda-av. Hnos.



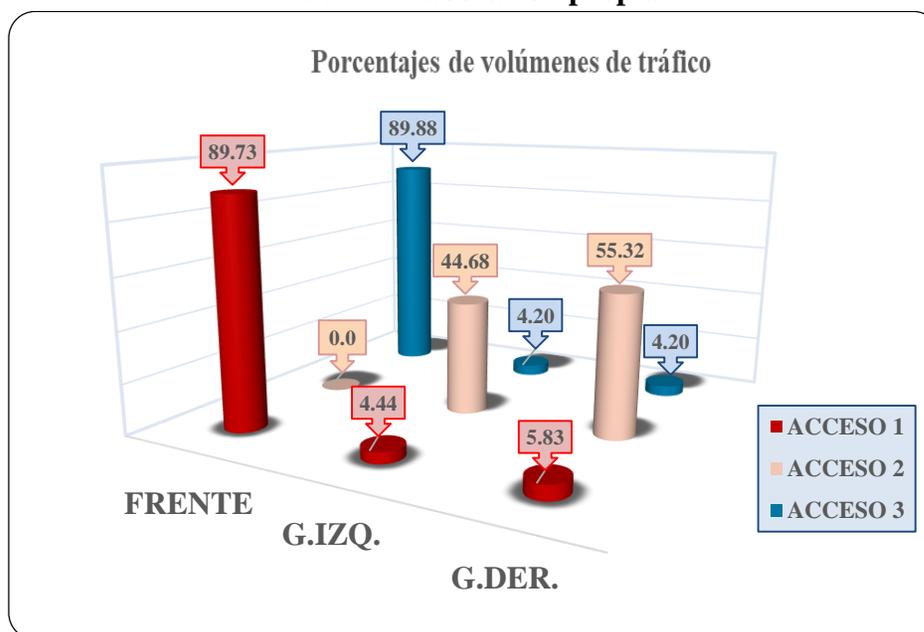
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. La Banda-av. Hnos.

Uriondo

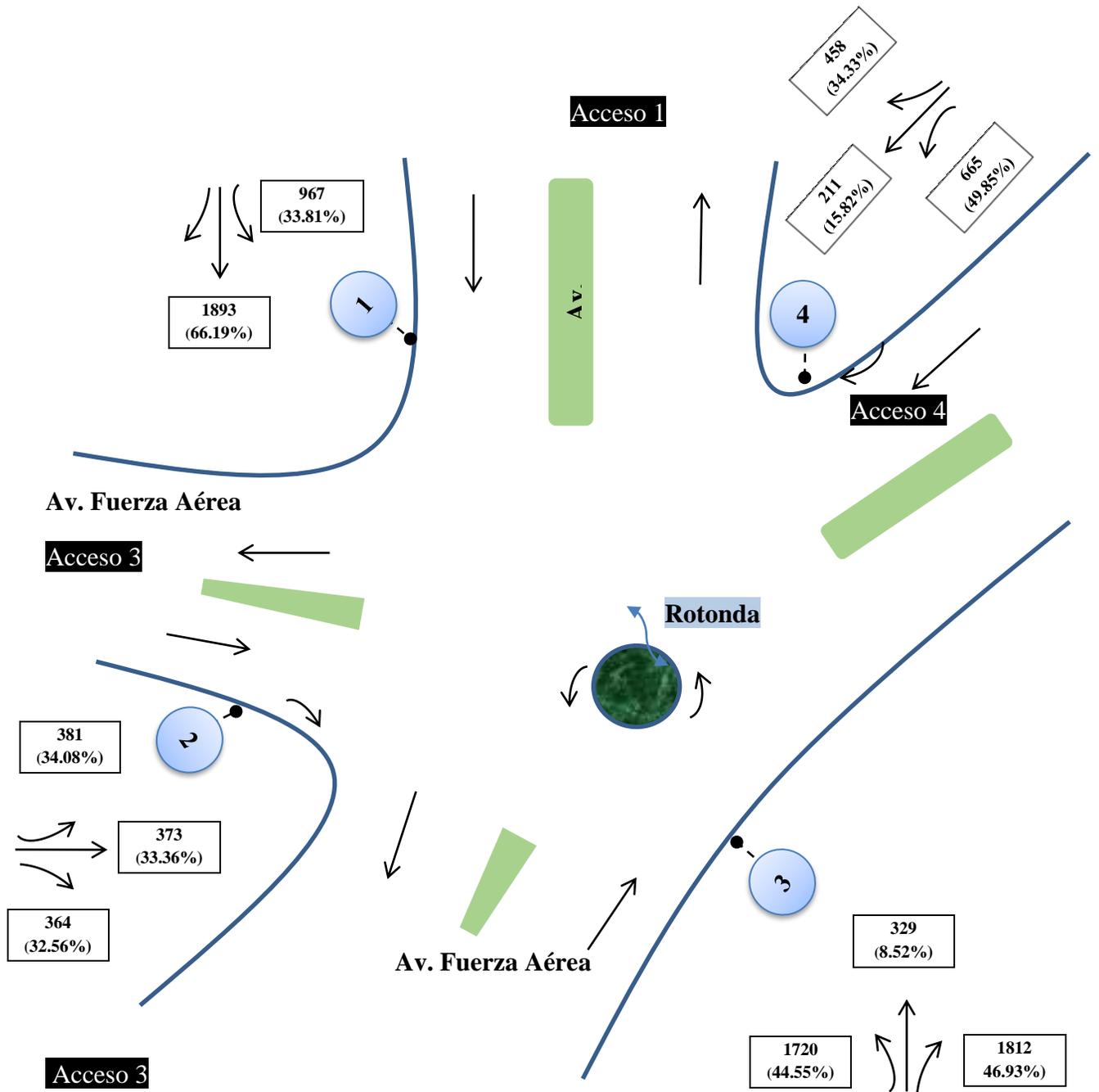
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2988	148	194	3330
Total %	89.73	4.44	5.83	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	890	1102	1992
Total %	0.00	44.68	55.32	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2994	140	197	3331
Total %	89.88	4.20	5.91	100

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Circunvalación-av. Fuerza Aérea Boliviana



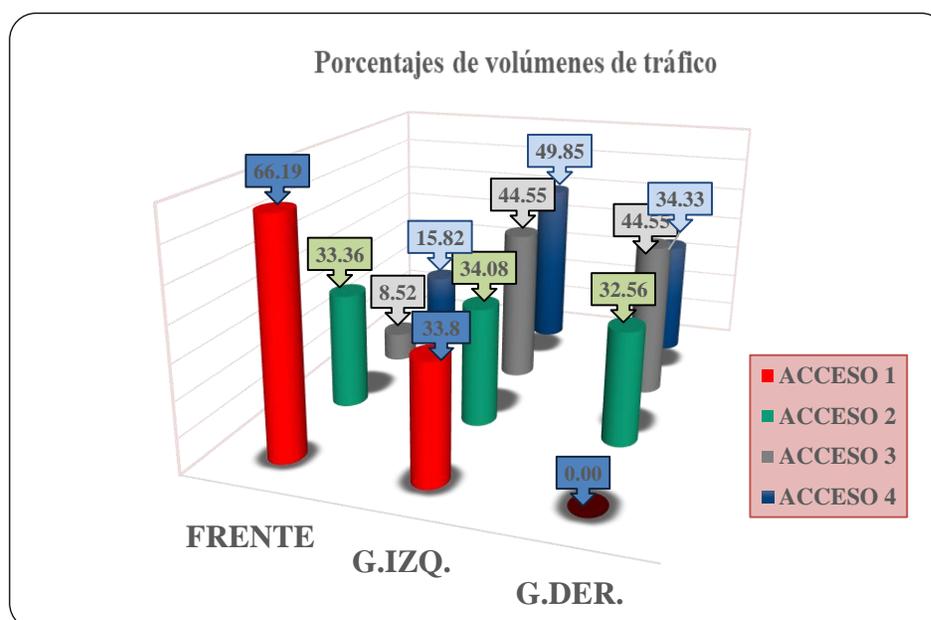
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Circunvalación-av.

Fuerza Aérea Boliviana

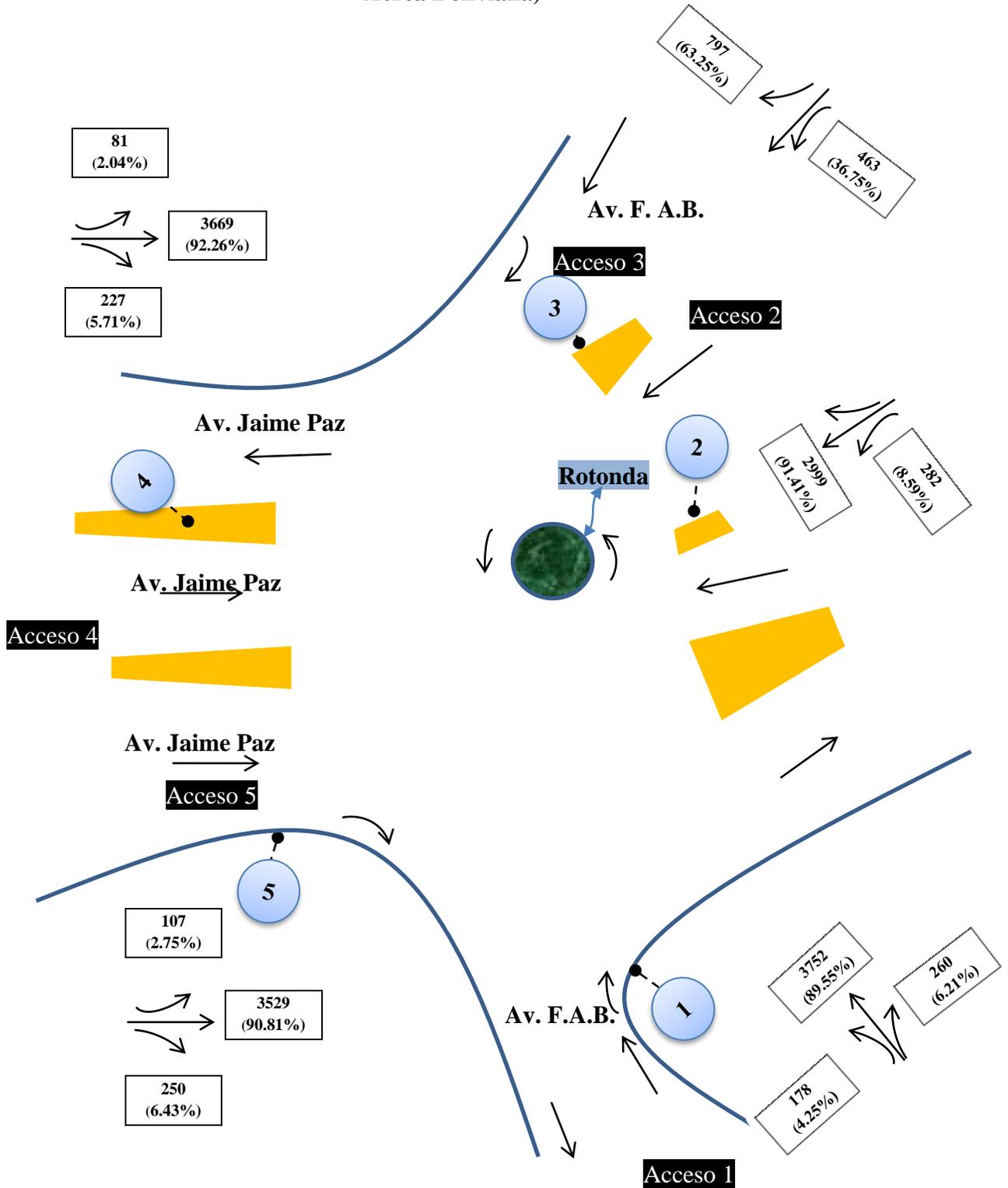
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1893	967	0	2860
Total %	66.19	33.81	0.00	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	373	381	364	1118
Total %	33.36	34.08	32.56	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	329	1720	1812	3861
Total %	8.52	44.55	46.93	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	211	665	458	1334
Total %	15.82	49.85	34.33	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Jaime Paz (av. Fuerza Aérea Boliviana)

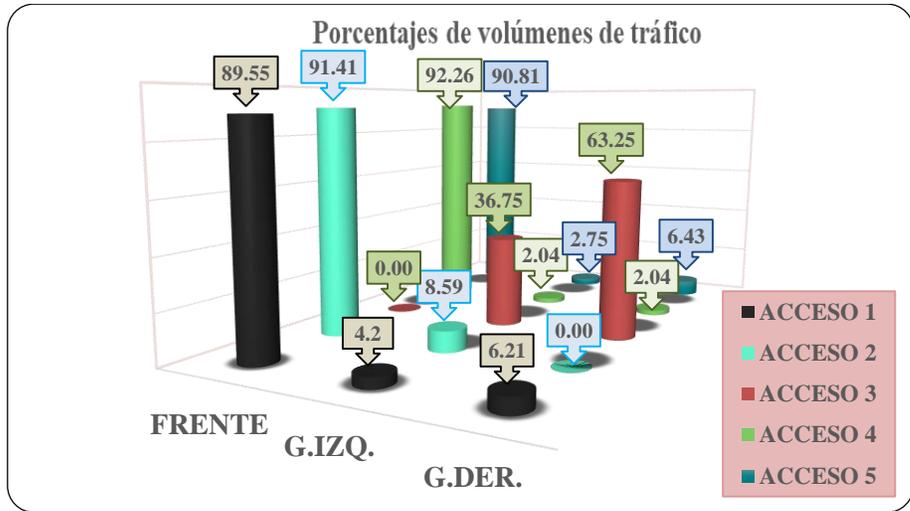


Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Jaime Paz (av. Fuerza Aérea Boliviana)

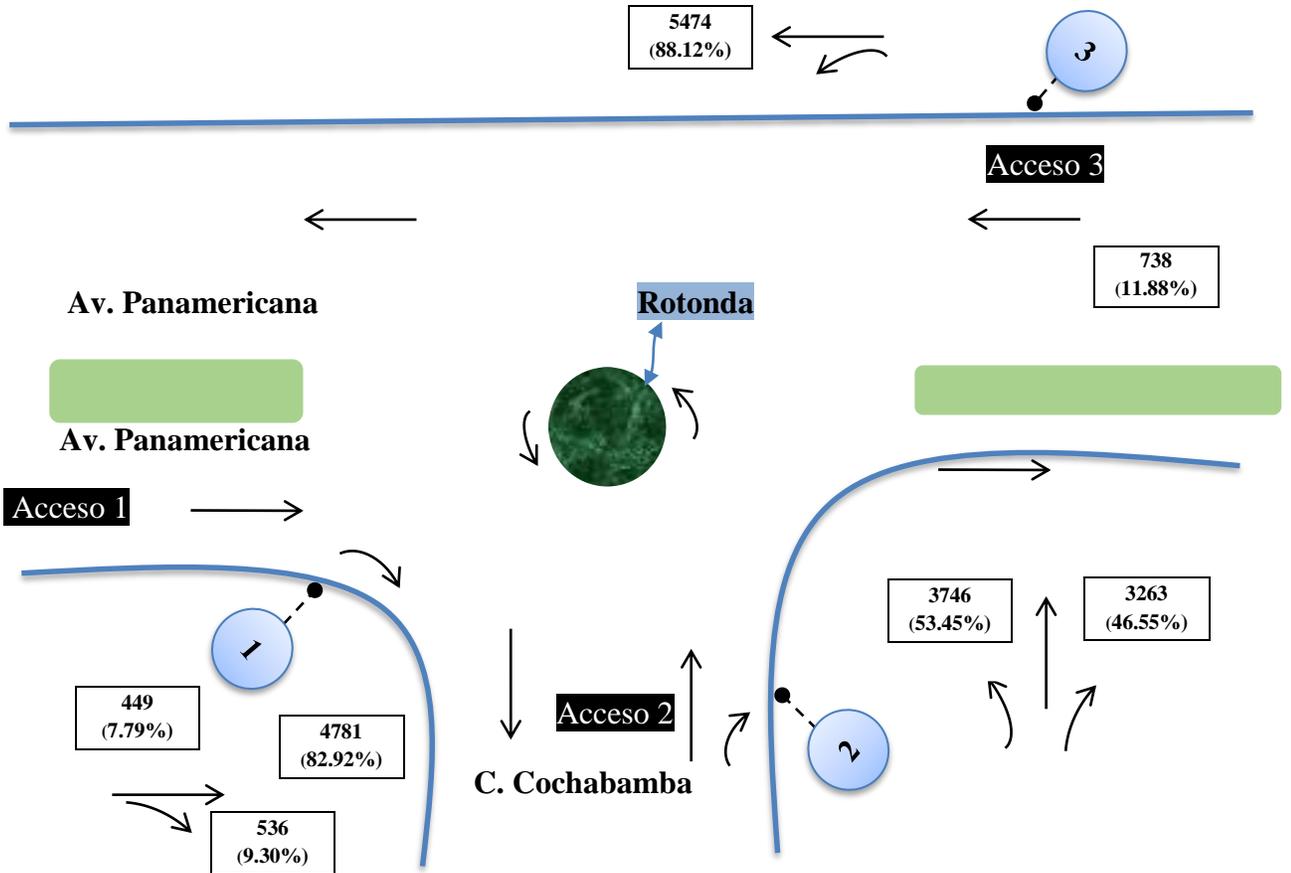
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3752	178	260	4190
Total %	89.55	4.25	6.21	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2999	282	0	3281
Total %	91.41	8.59	0.00	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	463	797	1260
Total %	0.00	36.75	63.25	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3669	81	227	3977
Total %	92.26	2.04	5.71	100
Pto. Aforo 5	Acceso 5			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3529	107	250	3886
Total %	90.81	2.75	6.43	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Panamericana-c. Cochabamba

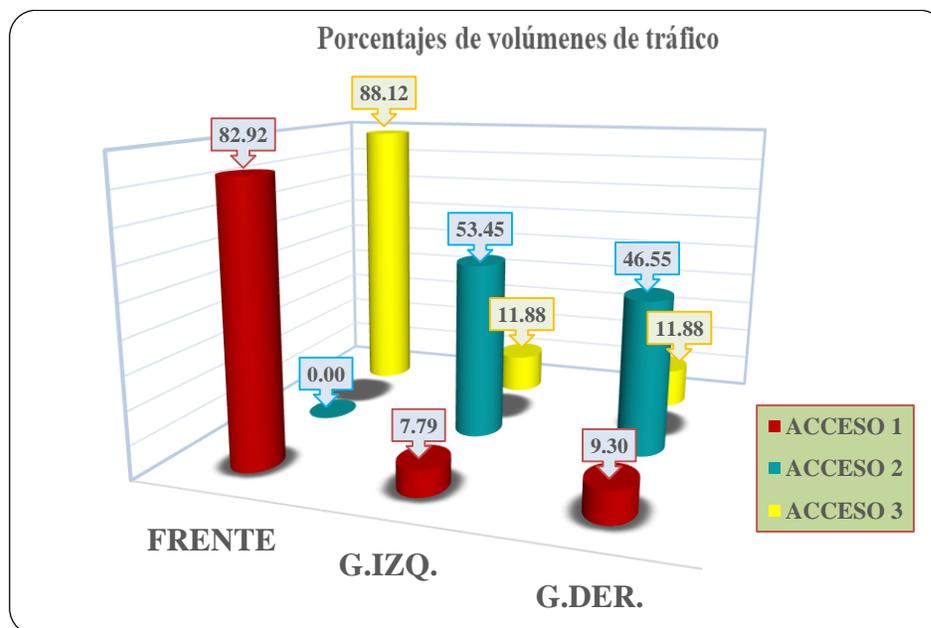


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Panamericana-c.
Cochabamba**

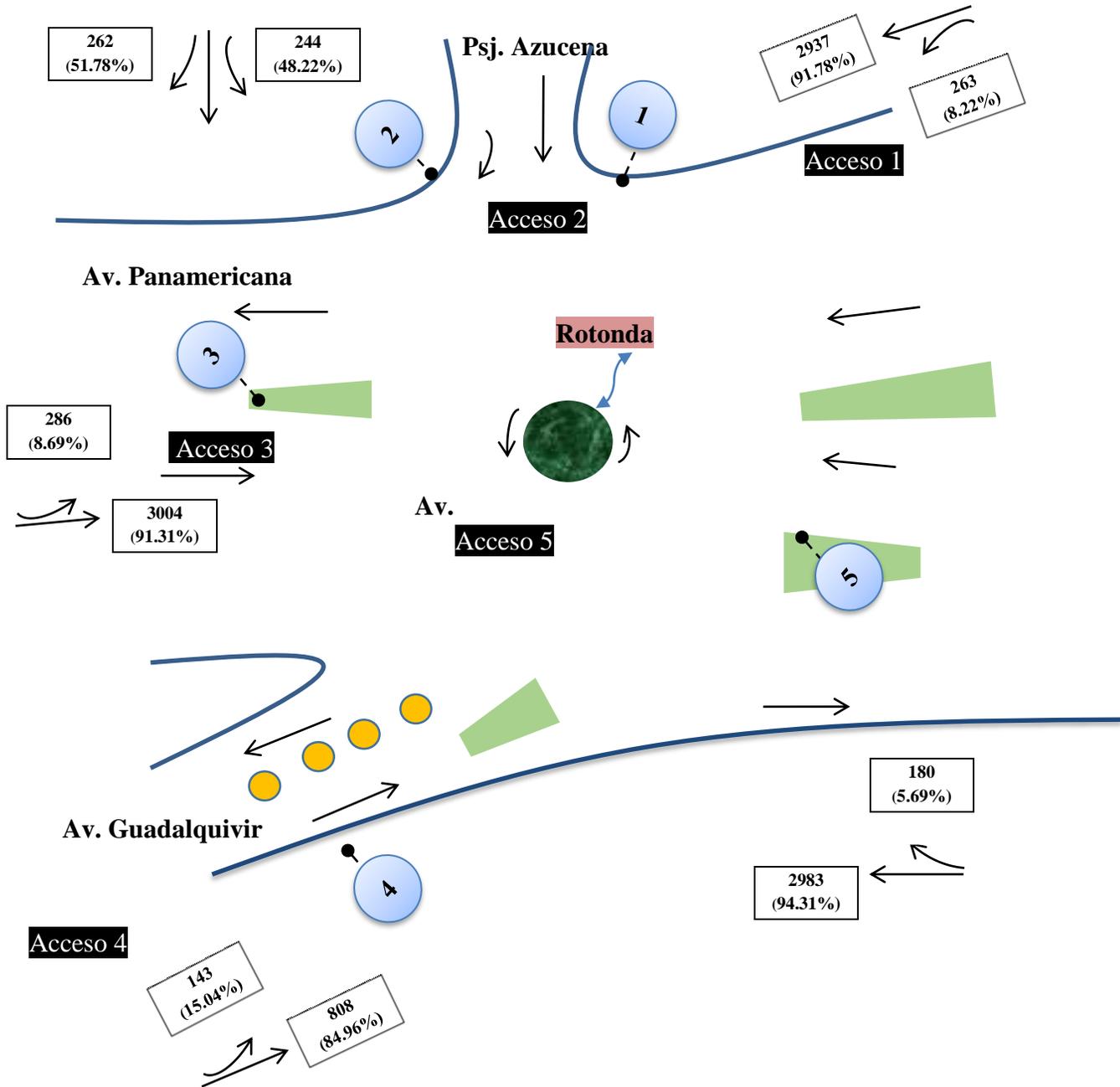
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	4781	449	536	5766
Total %	82.92	7.79	9.30	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	3746	3263	7009
Total %	0.00	53.45	46.55	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	5474	738	0	6212
Total %	88.12	11.88	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Panamericana (av. Guadalquivir-pasaje Azucena)

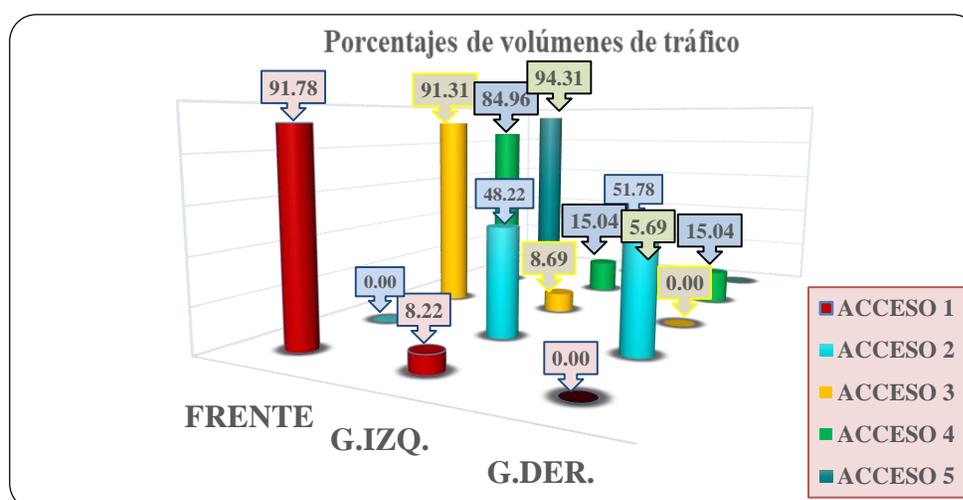


Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Panamericana (av. Guadalquivir-pasaje Azucena)

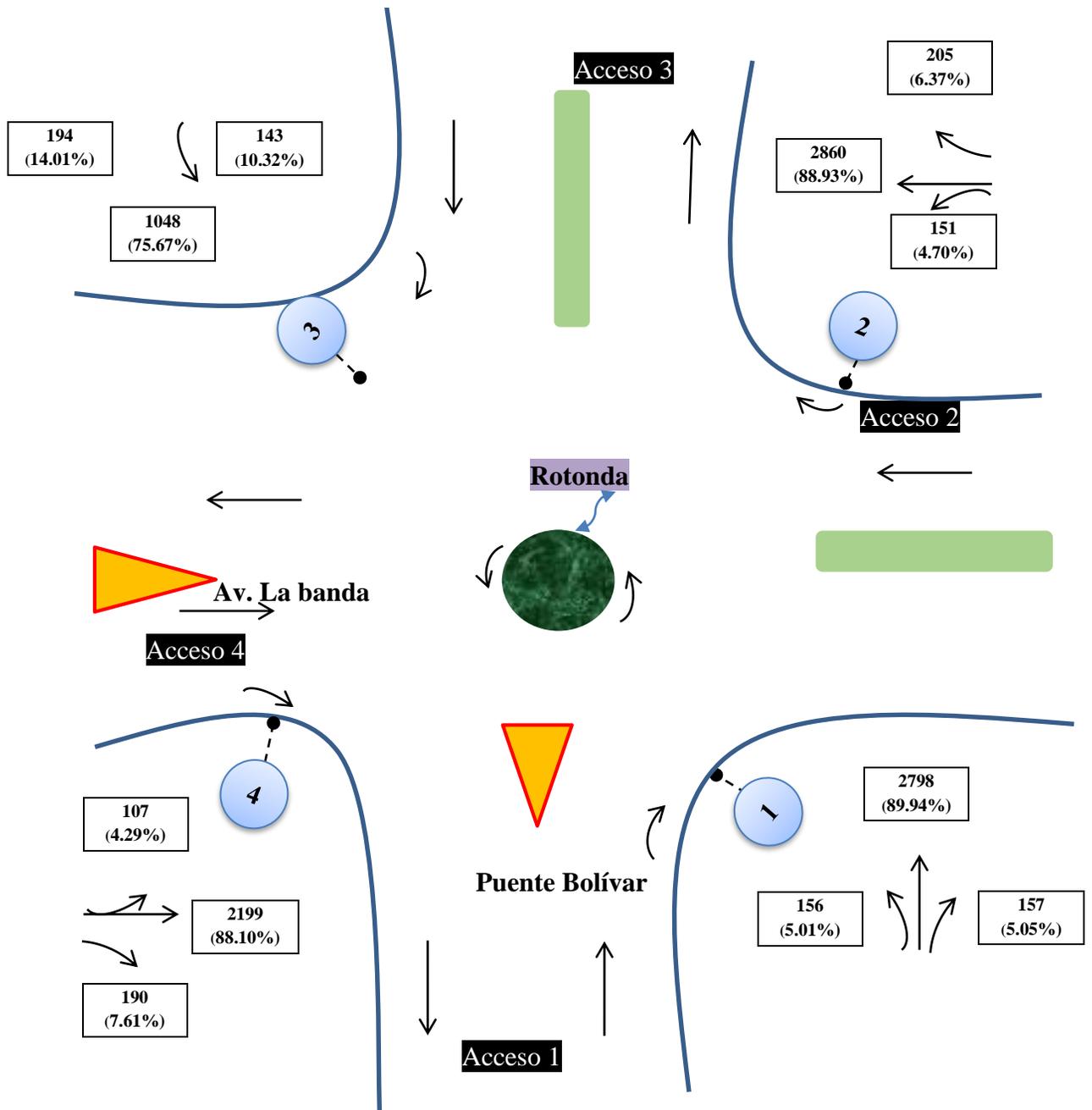
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2937	263	0	3200
Total %	91.78	8.22	0.00	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	244	262	506
Total %	0.00	48.22	51.78	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3004	286	0	3290
Total %	91.31	8.69	0.00	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	808	143	0	951
Total %	84.96	15.04	0.00	100
Pto. Aforo 5	Acceso 5			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2983	180	0	3163
Total %	94.31	5.69	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Resumen de volúmenes para la rotonda av. La Banda-Puente Bolívar

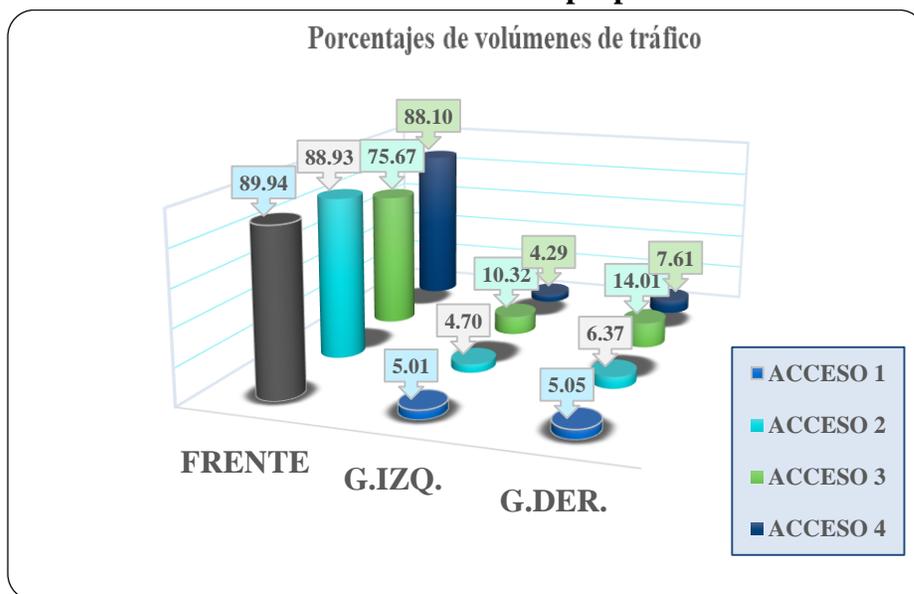


Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. La Banda-Puente Bolívar

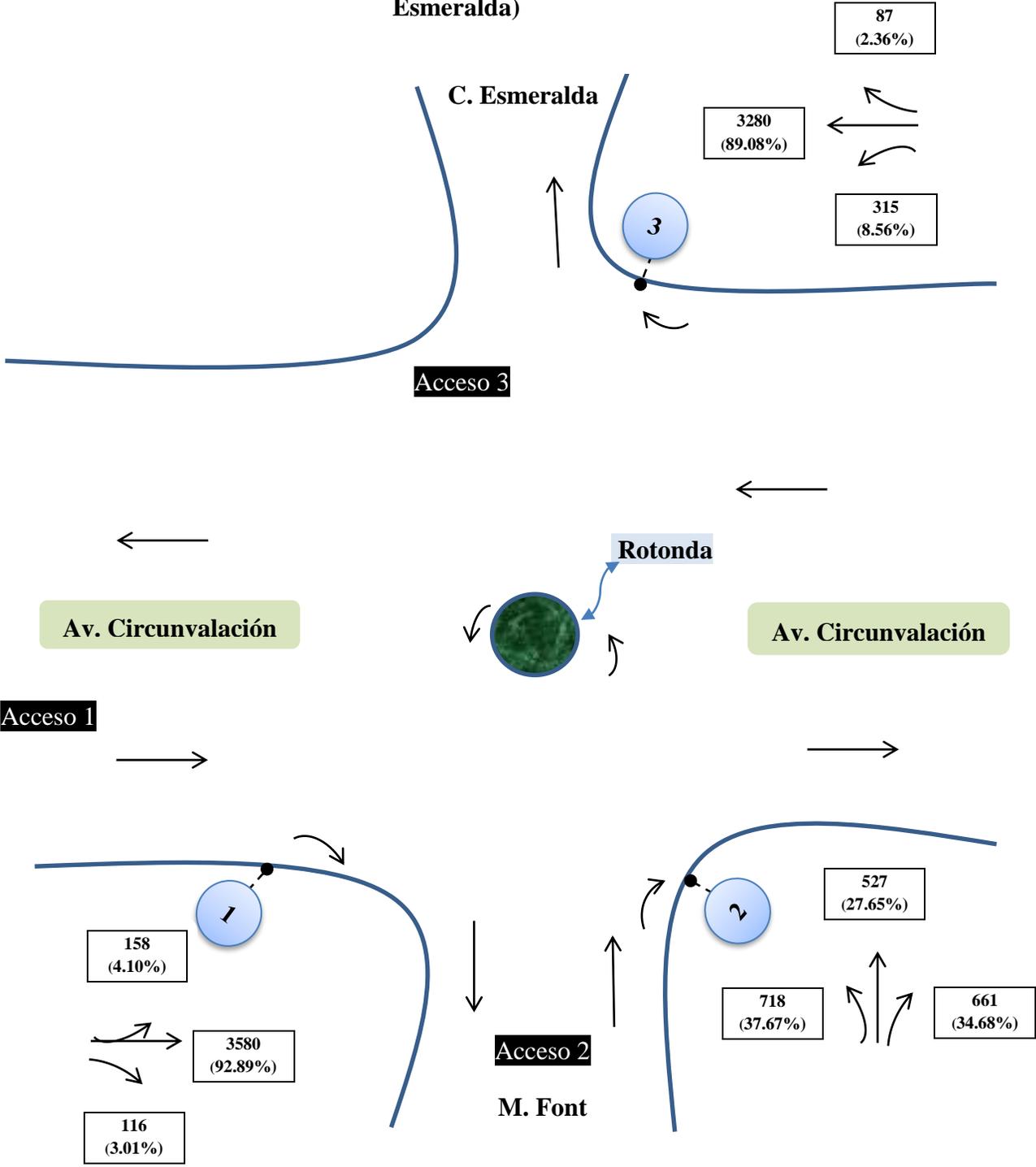
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2798	156	157	3111
Total %	89.94	5.01	5.05	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2860	151	205	3216
Total %	88.93	4.70	6.37	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1048	143	194	1385
Total %	75.67	10.32	14.01	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2199	107	190	2496
Total %	88.10	4.29	7.61	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)

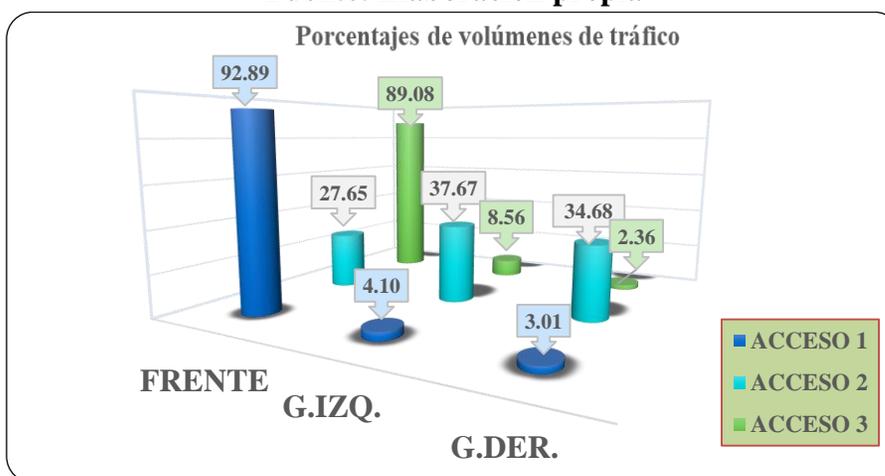


Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda ubicada av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)

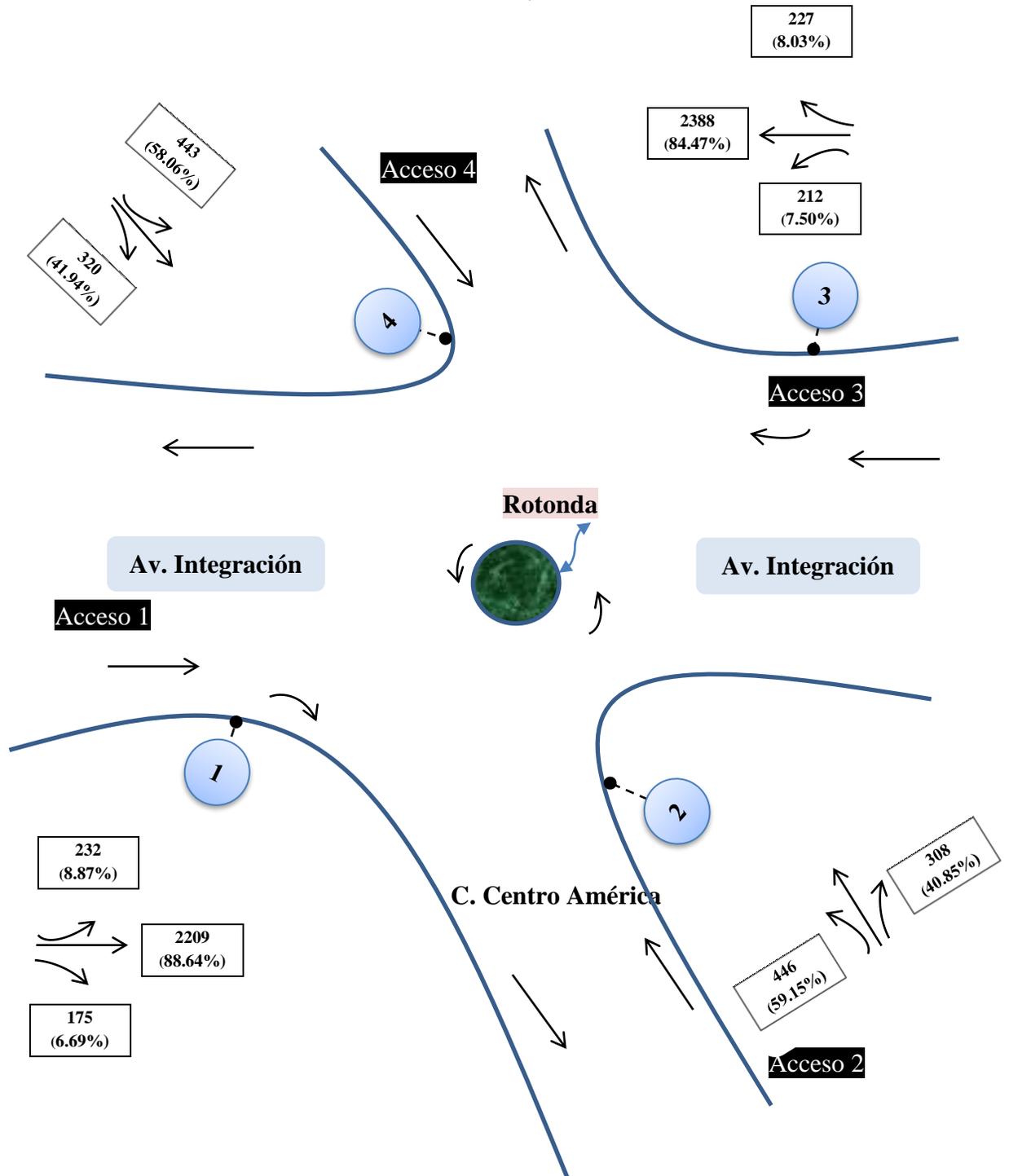
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3580	158	116	3854
Total %	92.89	4.10	3.01	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	527	718	661	1906
Total %	27.65	37.67	34.68	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3280	315	87	3682
Total %	89.08	8.56	2.36	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 42: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Integración (c. Copacabana- c. Centro América)

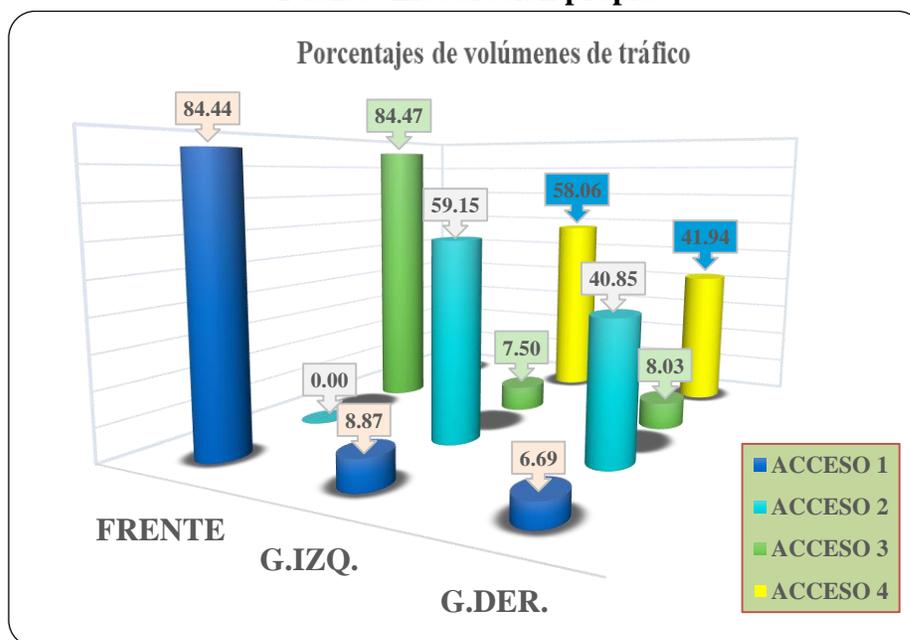


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Integración (c. Copacabana-
c. Centro América)**

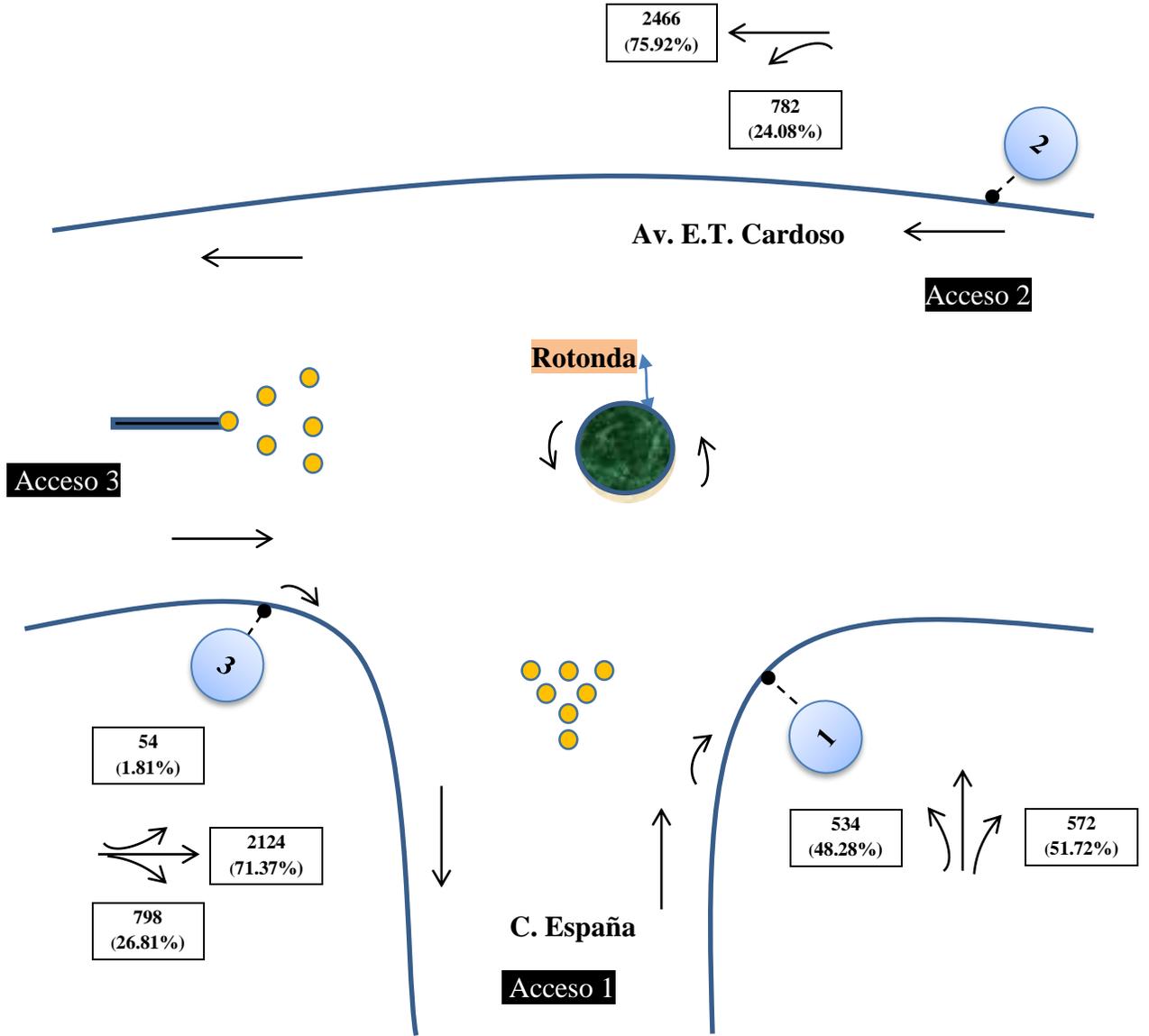
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2209	232	175	2616
Total %	84.44	8.87	6.69	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	446	308	754
Total %	0.00	59.15	40.85	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2388	212	227	2827
Total %	84.47	7.50	8.03	100
Pto. Aforo 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	443	320	763
Total %	0.00	58.06	41.94	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura 43: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Edmundo Torrejón
Cardoso-av. España**

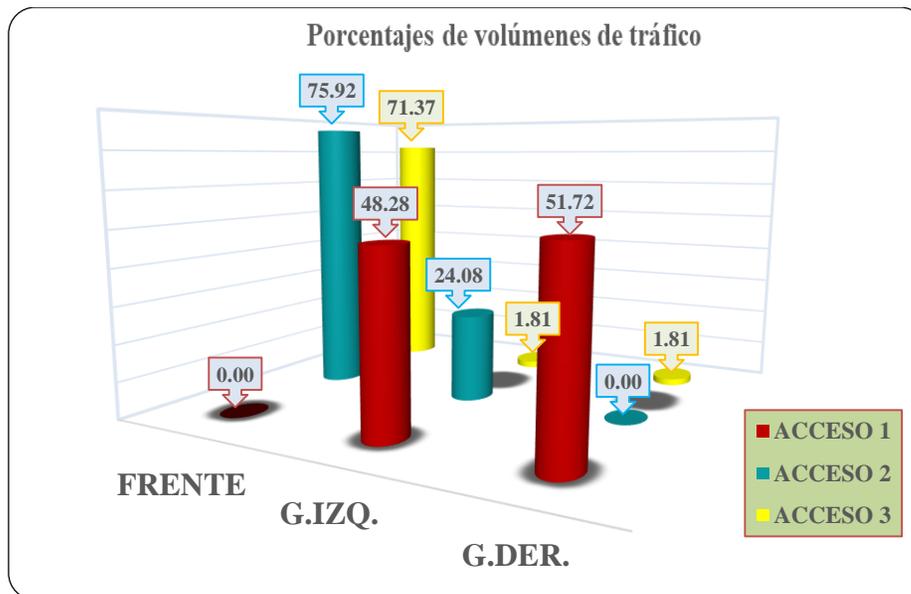


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Edmundo Torrejón
Cardoso-av. España**

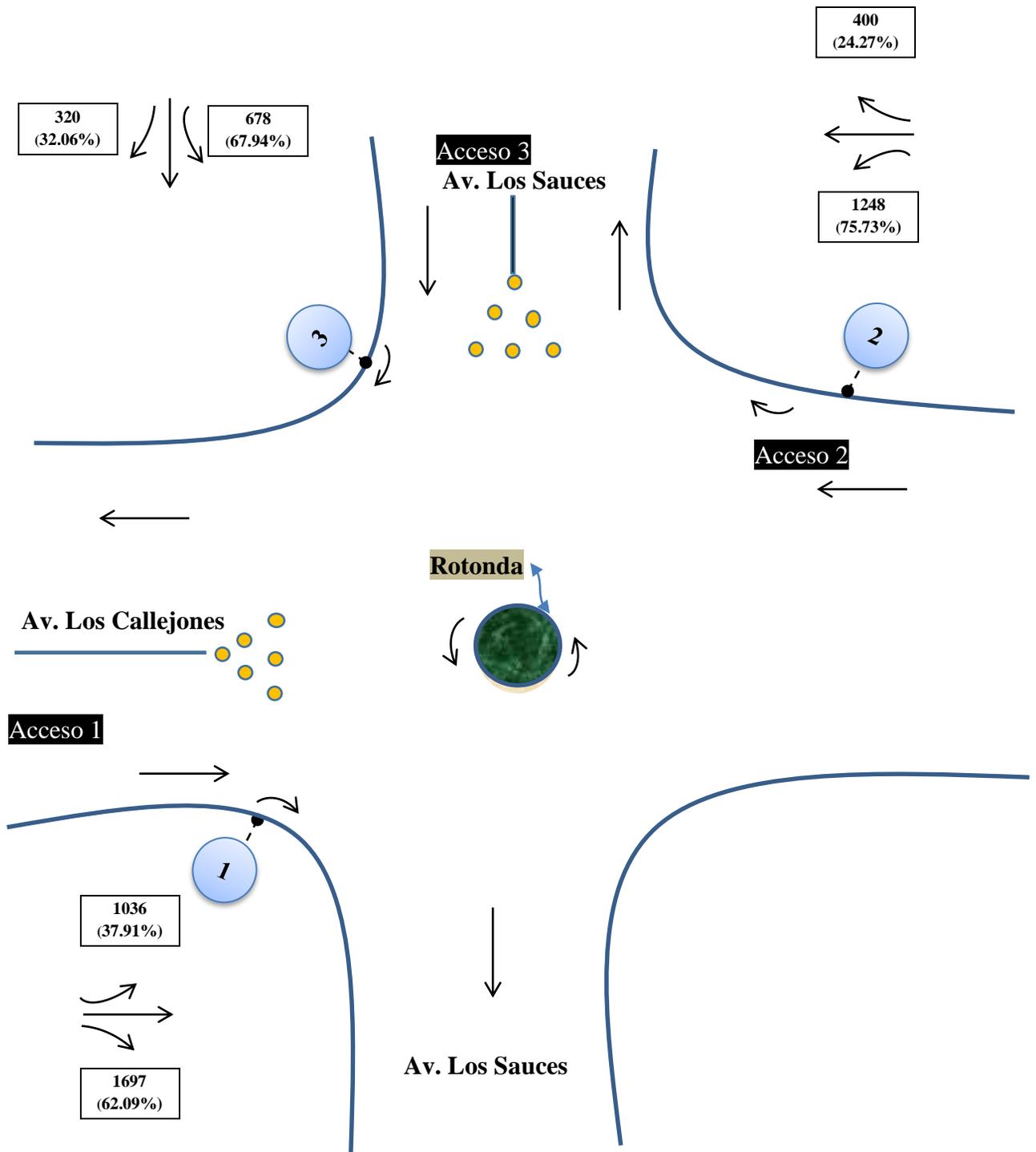
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	534	572	1106
Total %	0.00	48.28	51.72	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2466	782	0	3248
Total %	75.92	24.08	0.00	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2124	54	798	2976
Total %	71.37	1.81	26.81	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Los Callejones-av. Los Sauces

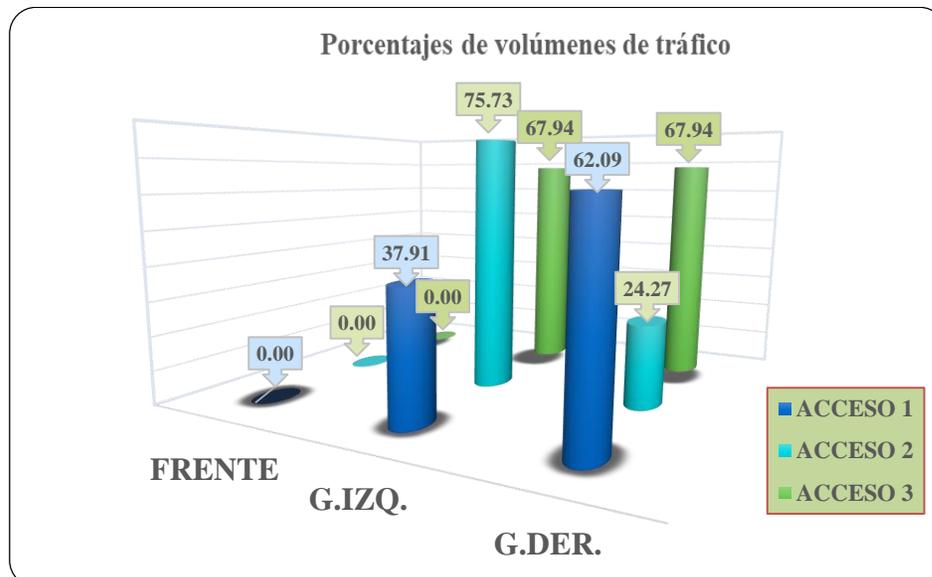


Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Los Callejones-av. Los Sauces

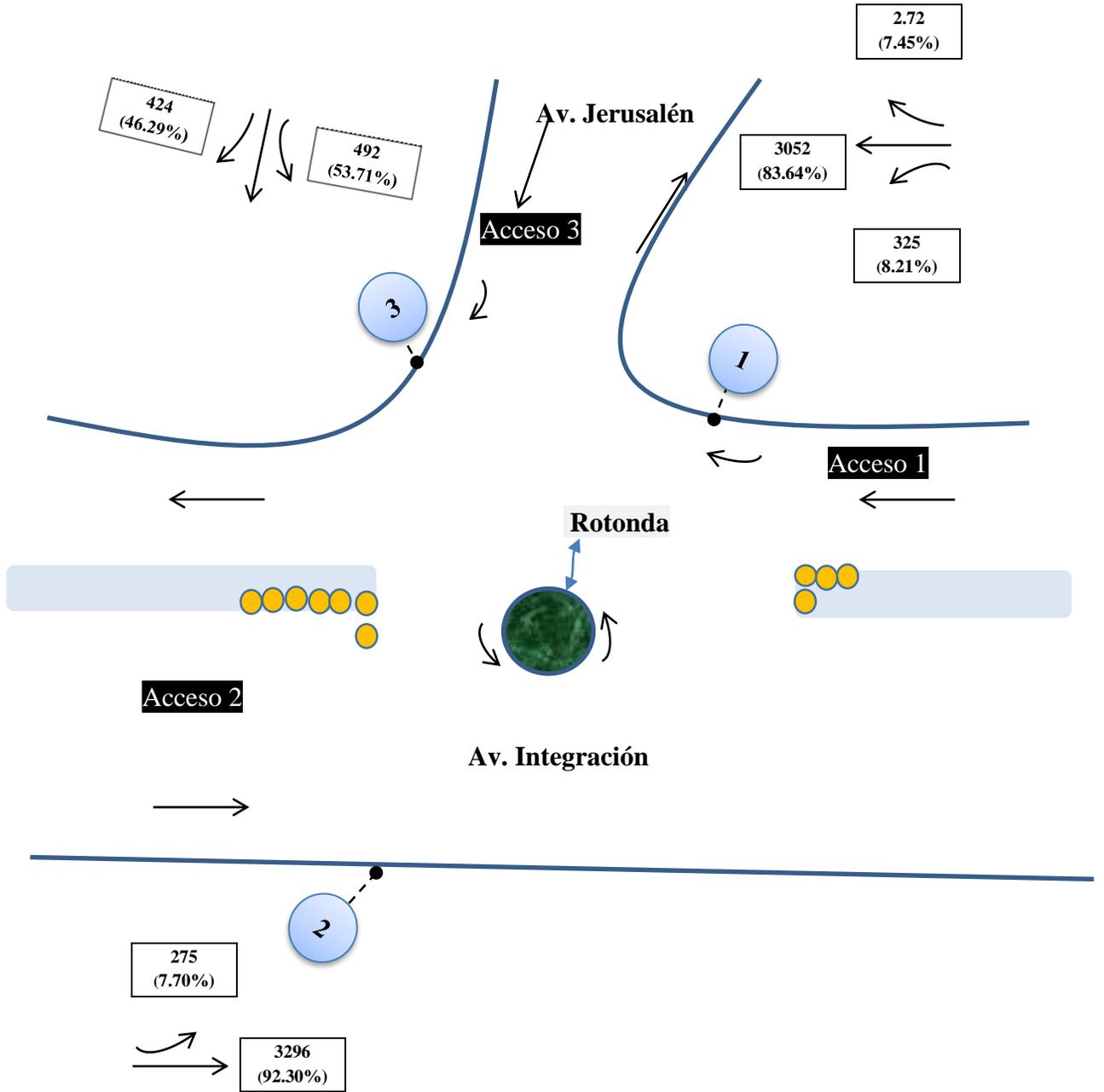
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	1036	1697	2733
Total %	0.00	37.91	62.09	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	1248	400	1648
Total %	0.00	75.73	24.27	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	678	320	998
Total %	0.00	67.94	32.06	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Integración -av. Jerusalén

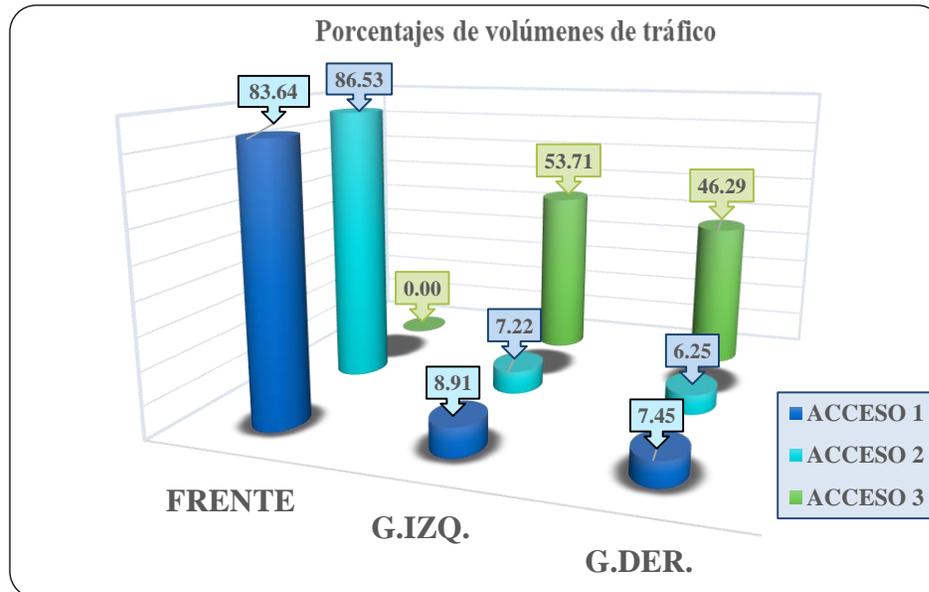


Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Integración -av. Jerusalén

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3052	325	272	3649
Total %	83.64	8.91	7.45	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	3296	275	0	3571
Total %	92.30	7.70	0.00	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G. Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	492	424	916
Total %	0.00	53.71	46.29	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 46: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Integración-av. Guadalquivir

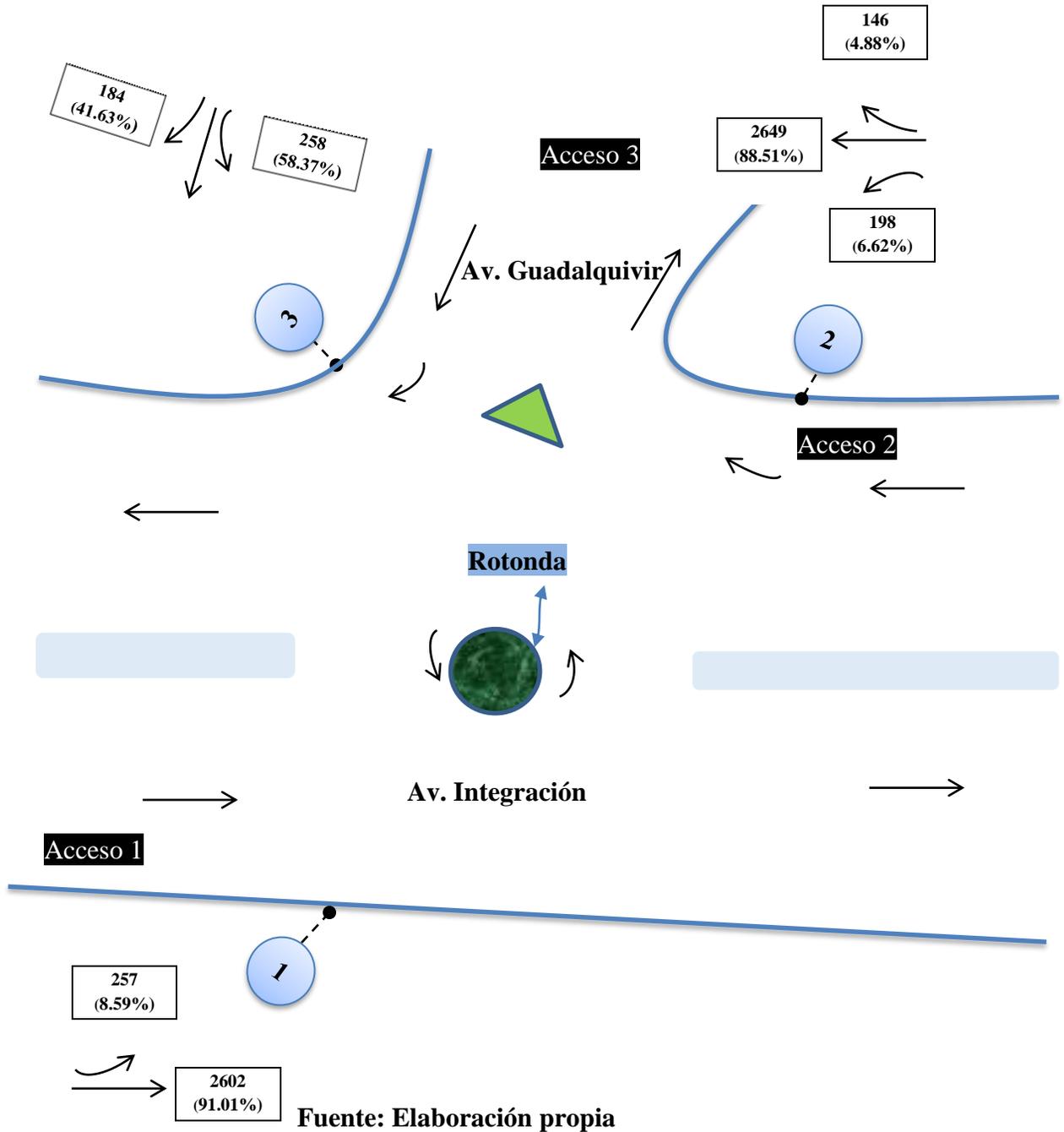
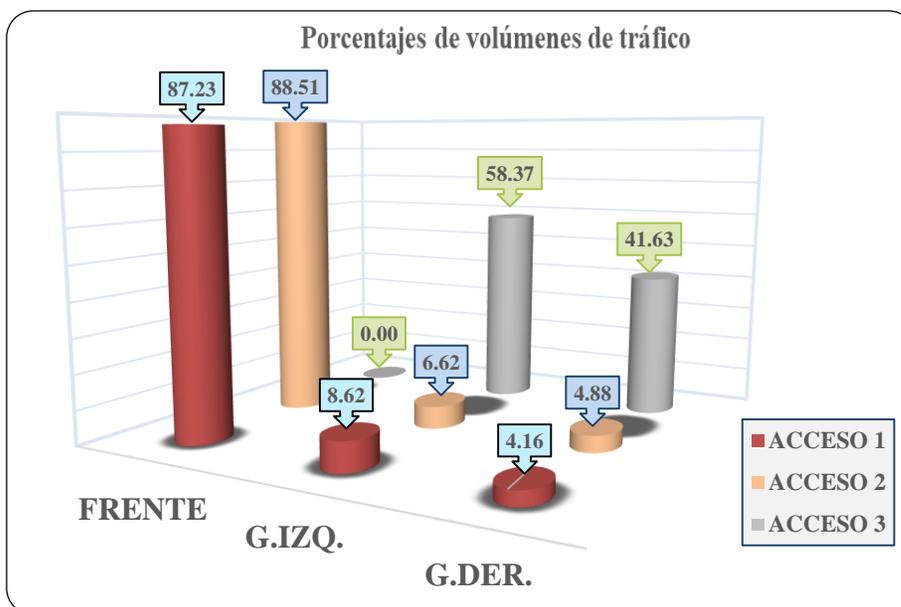


Tabla 32: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Integración-av. Guadalquivir

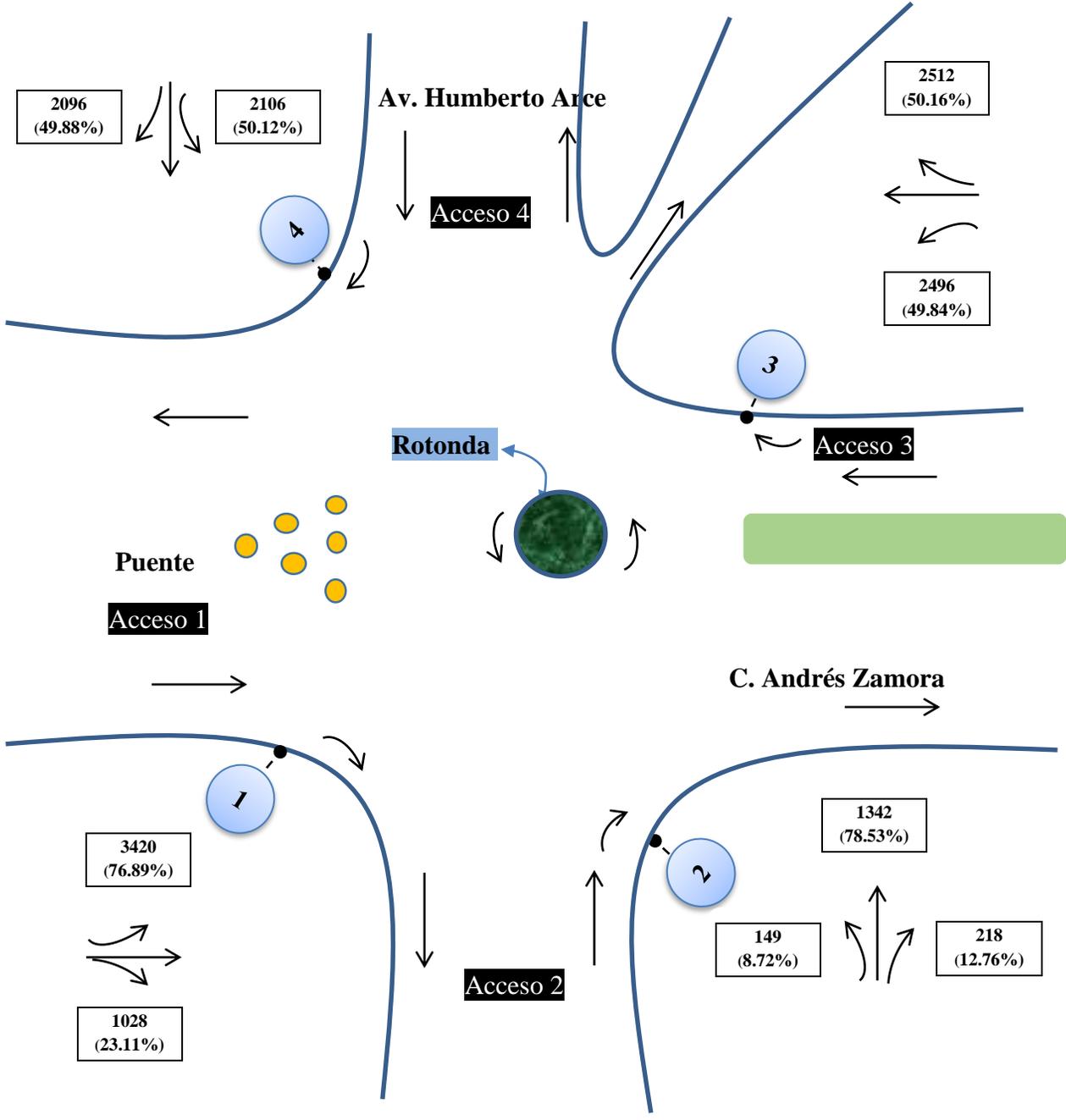
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2602	257	0	2859
Total %	91.01	8.99	0.00	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	2649	198	146	2993
Total %	88.51	6.62	4.88	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	258	184	442
Total %	0.00	58.37	41.63	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 47: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Humberto Arce-c. Andrés Zamora

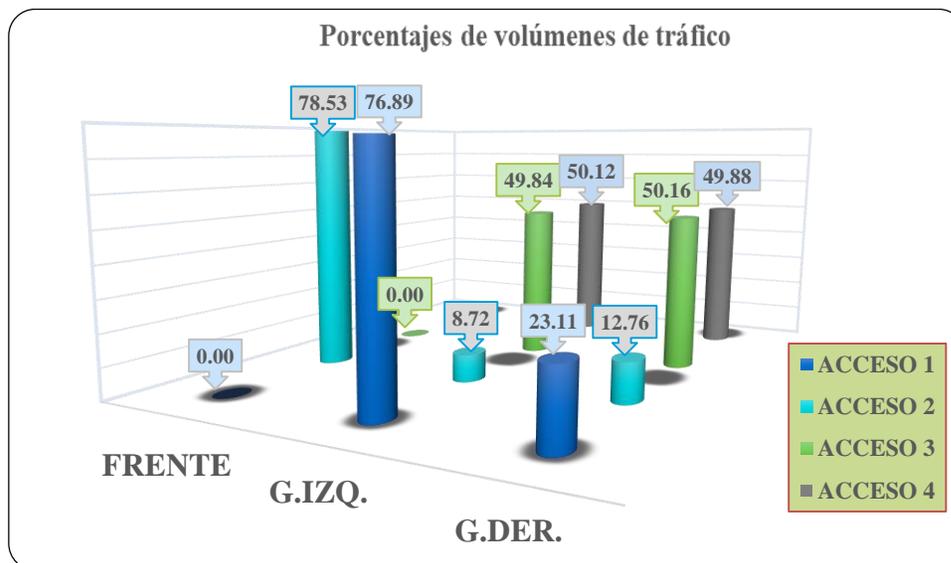


Fuente: Elaboración propia

**Tabla 33: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Humberto Arce-c. Andrés
Zamora**

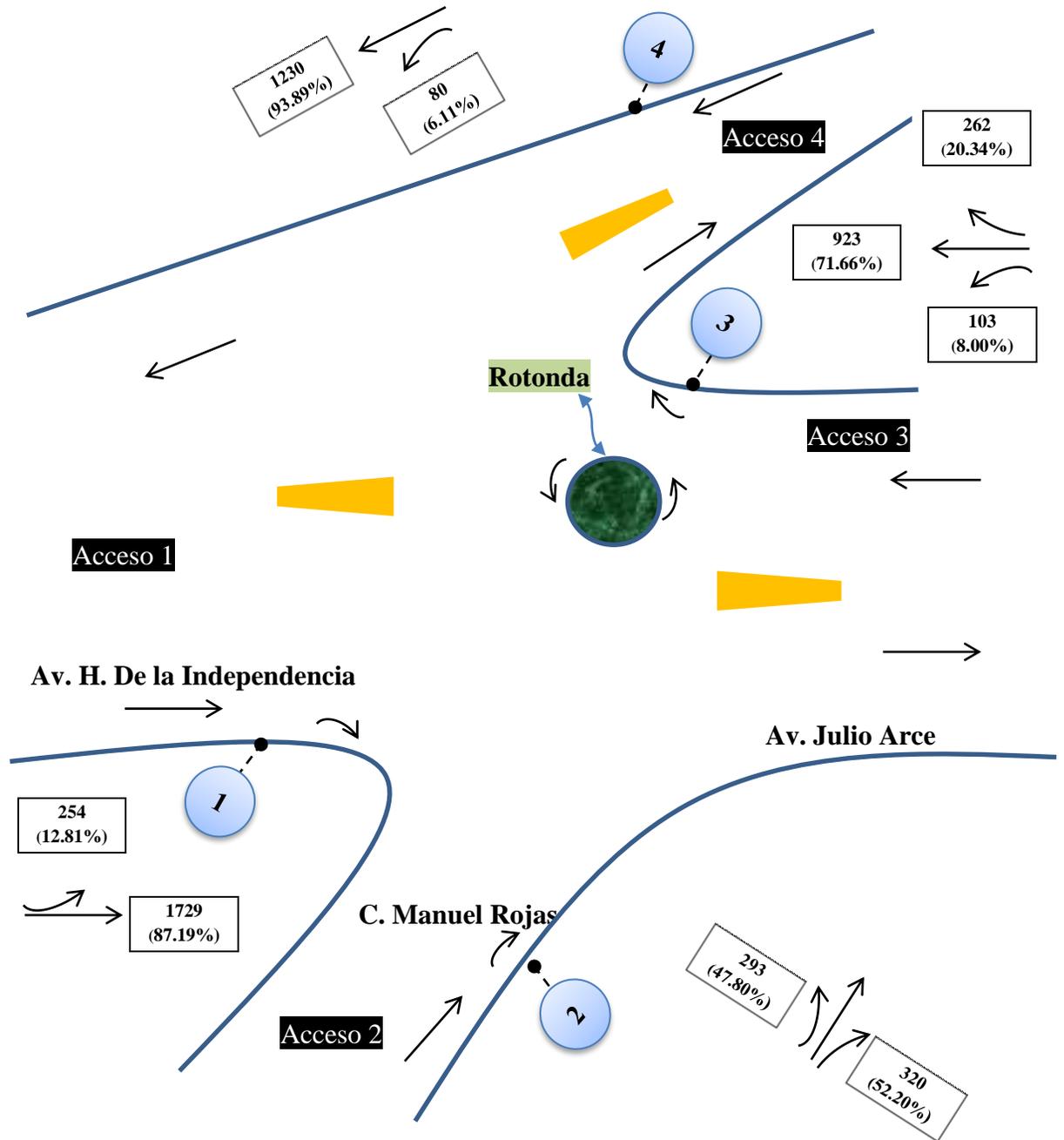
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	3420	1028	4448
Total %	0.00	76.89	23.11	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1342	149	218	1709
Total %	78.53	8.72	12.76	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	2496	2512	5008
Total %	0.00	49.84	50.16	100
ACCESO 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	2106	2096	4202
Total %	0.00	50.12	49.88	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Héroes de la Independencia (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)

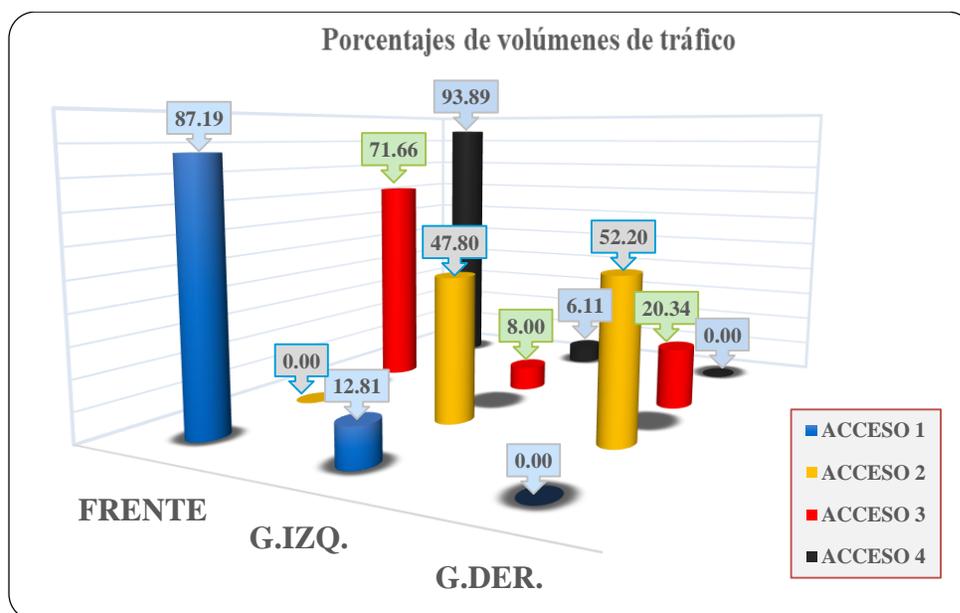


Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 34: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Héroes de la Independencia
(c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)**

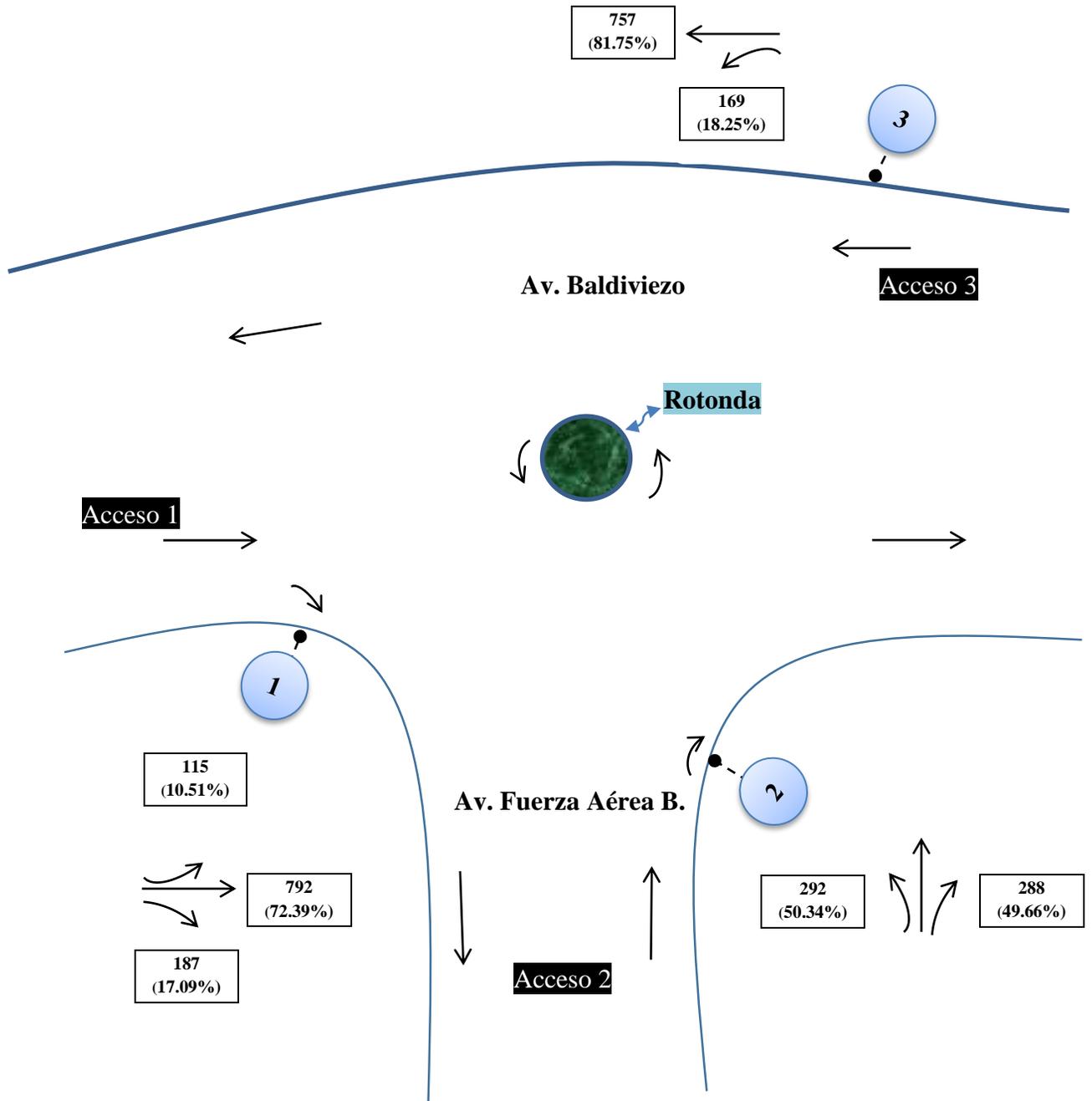
Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1729	254	0	1983
Total %	87.19	12.81	0.00	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	293	320	613
Total %	0.00	47.80	52.20	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	923	103	262	1288
Total %	71.66	8.00	20.34	100
ACCESO 4	Acceso 4			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	1230	80	0	1310
Total %	93.89	6.11	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 49: Resumen de volúmenes para la rotonda av. Baldviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana

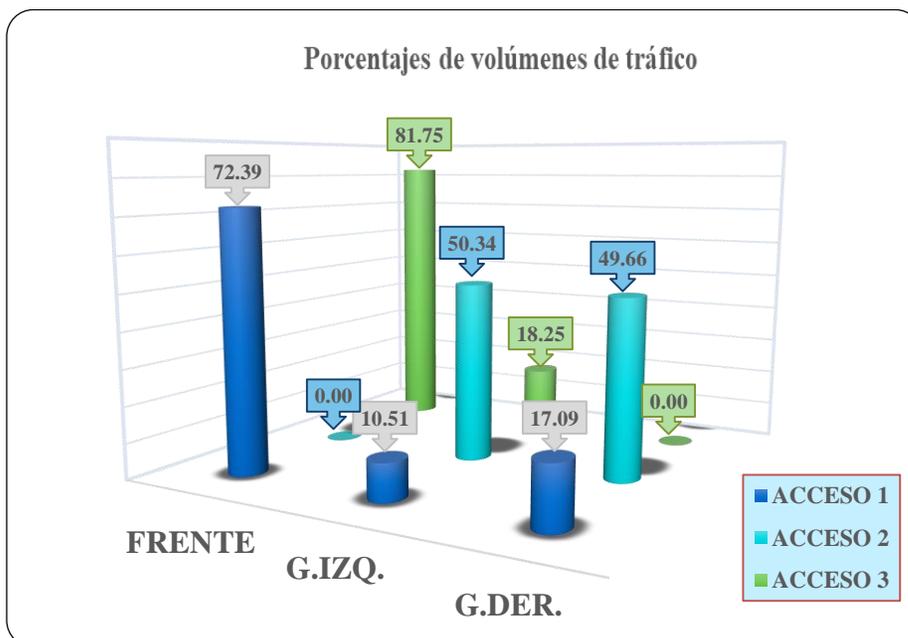


Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Resumen de volúmenes (veh/hr) rotonda av. Baldiviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana

Pto. Aforo 1	Acceso 1			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	792	115	187	1094
Total %	72.39	10.51	17.09	100
Pto. Aforo 2	Acceso 2			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	0	292	288	580
Total %	0.00	50.34	49.66	100
Pto. Aforo 3	Acceso 3			Total (veh/hr)
	Frente	G.Izq.	G. Der.	
Total, mov. (veh/hr)	757	169	0	926
Total %	81.75	18.25	0.00	100

Fuente: Elaboración propia



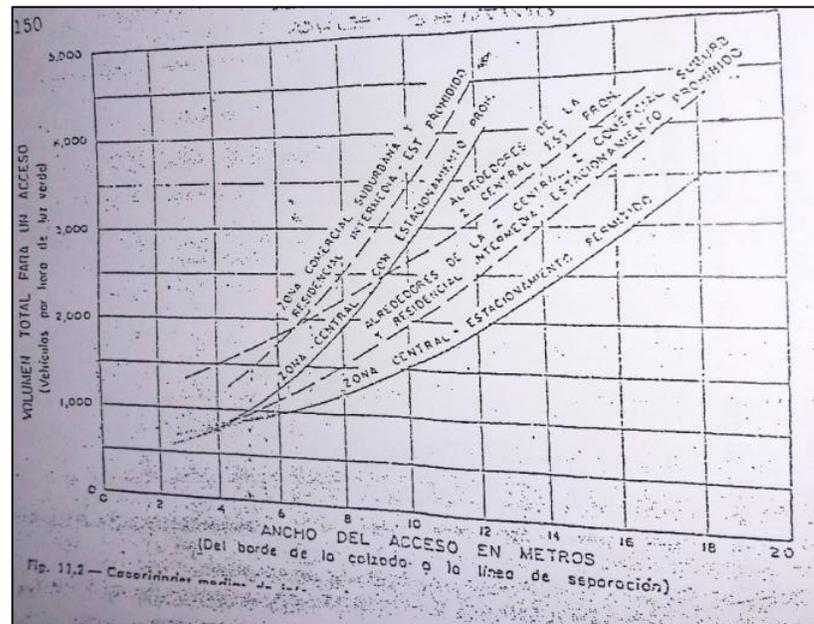
Fuente: Elaboración propia

3.6 Determinación de la capacidad y nivel de servicio

El estudio de la capacidad de los accesos en las rotondas está basado en un análisis comparativo entre el volumen de tráfico que circula por cada vía y el volumen de servicio de la misma, lo cual nos permite determinar el nivel de servicio a que está operando y poder establecer la fecha probable en que la vía está saturada.

Para el cálculo de la capacidad y los niveles de servicio se cuenta con los siguientes ábacos.

Figura 50: Ábaco para el cálculo de la capacidad



Fuente: Manual de ingeniería de tránsito.

Tabla 36: Nivel de servicio

Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	0.0
B	Flujo estable	≤ 0.10
C	Flujo estable	≤ 0.30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0.70
E	Flujo inestable	≤ 1.0
F	Flujo forzado	-b

Fuente: Manual de ingeniería de tránsito.

3.6.1 Cálculo de la capacidad y nivel de servicio en las rotondas con semáforo

Tabla 37:Tiempo de ciclo y tiempo fases rotonda av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana

Acceso	Tiempo en segundos				
	Amarillo de ida	Amarillo de vuelta	Rojo	Verde	Ciclo
1	2	2	41	18	63
2	2	2	40	20	64
3	2	2	41	18	63
4	2	2	42	20	66
5	2	2	44	19	67

Tabla 38:Corrección por hora verde

Capacidad real de la intersección	Capacidad real	Acceso	Fase verde g (seg)	Tiempo de ciclo C (seg)	Capacidad de la intersección corregida por hora verde
287	2093.68	1	18	63	598
	1858.03	2	20	64	581
	1006.00	3	18	63	287
	1868.53	4	20	66	566
	1851.83	5	19	67	525

Tabla 39:Cálculo de la relación volumen capacidad

Acceso	Volumen v (veh/h)	Capacidad con semáforo (c) (veh/h)	Relación volumen-capacidad
1	798	598	1.33
2	647	581	1.11
3	314	287	1.09
4	1214	566	2.14
5	1125	525	2.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Cálculo del nivel de servicio en la intersección con semáforo

$$d_1 = d_{1i} + d_{2i}$$

$$d_{1i} = 0.38 * C * \left[\frac{(1 - \frac{g}{c})^2}{(1 - 1 * (\frac{g}{c}) * x)} \right]$$

$$d_{2i} = 173 * X^2 * [X - 1 + \sqrt{(X - 1)^2 + (16 \frac{X}{c})}]$$

Donde:

d₁ = Demora total para el grupo de carril *i* (seg/veh)

d_{1i} = Demora uniforme para el grupo de carril *i* (seg/veh)

d_{2i} = Demora incremental para el grupo de carril *i* (seg/veh)

Acceso	Capacidad real fase verde (veh/h)	Relación volumen-capacidad (x)	Tiempo de ciclo c (seg)	Tiempo de fase verde g (seg)	Tiempo de ciclo/ tiempo verde g/c	Demora d1 (seg/veh)	Demora d2 (seg/veh)	Demora total (seg/veh)
1	598	1.33	63	18	0.29	19.74	221.49	241.23
2	581	1.11	64	20	0.31	17.64	69.49	87.13
3	287	1.09	63	18	0.29	17.74	72.71	90.45
4	566	2.14	66	20	0.30	34.80	1842.39	1877.19
5	525	2.14	67	19	0.28	33.27	1833.07	1866.34

Tabla 41: Nivel de servicio en intersecciones semaforizadas

Nivel de servicio	Características de operación del acceso	Tiempo de demora (Seg/Veh)
A	La mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detiene del todo.	d < 5
B	Algunos vehículos comienzan a detenerse.	5.1 < d < 15
C	La progresión es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.	15.1 < d < 25
D	Las demoras pueden deberse a la mala progresión del tránsito o llegadas en fase roja, longitud de ciclos amplios relación V/C altas.	25.1 < d < 40
E	Límite aceptable de demoras. Las demoras son causadas por progresiones pobres, ciclos muy largos y relaciones de V/C altas.	40.1 < d < 60
F	Los flujos de llegada exceden la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestión y operación saturada.	d > 60

Acceso	Nivel de servicio	Nivel de servicio de la intersección
1	F	F
2	F	
3	F	
4	F	
5	F	

Tabla 42: Resumen del nivel de servicio en las rotondas con semáforos

Ubicación de rotondas	Nivel de servicio de los accesos					NS Adoptado
	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5	
Av. D. Zamora (c. Ernesto trigo-av. Brasil)	-	B	B	D		B
Av. Circunvalación- av. Colón	D	F	F	D		D
Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	F	F	F	F	F	F
Av. Panamericana-c. Cochabamba	-	F	F			F
Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pasaje Azucena)	F	B	D	C	E	D
Av. Circunvalación (M. Font-Esmeralda)	C	B	C			C
Av. Los Callejones-av. Los Sauces	E	D	B			D

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Cálculo de la capacidad y nivel de servicio en las rotondas sin semáforo

Tabla 43: Formulas para el cálculo de la capacidad

Capacidad Real	$C_{Real} = C_{pract} * f_{Red}$
Capacidad Práctica	$C_{Pract.} = C_{Teo} * 0.90 * f_p * f_{VP} * f_{GI} * f_{GD}$
Factor de VP	$f_{VP} = 1 - \frac{(\%VP - 10)}{100}$
Factor de GI	$f_{GI} = 1 - \frac{(\%GI - 10)}{100}$
Factor de GD	$f_{GD} = 1 - \left[\frac{(\%GI - 10)}{100} * 0.5 \right]$

Fuente: Manual de ingeniería de tránsito.

Donde:

C_{Real} = Capacidad real

$C_{\text{Práctica}}$ = Capacidad práctica

$C_{\text{Teórica}}$ = Capacidad teórica

f_{Vp} = Factor de vehículos pesados

f_{GI} = Factor de giro ala izquierda

f_{GD} = Factor de giro ala derecha

Tabla 44: Datos para el cálculo de la capacidad en los accesos rotonda más crítica ubicada entre la av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana

Datos	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5
% Frente	64.69	81.23	0.00	47.22	47.87
% Giro ala Izquierda (GI)	15.44	18.77	51.14	12.07	9.62
% Giro ala Derecha (GD)	19.87	0.00	48.86	40.71	42.51
% Vehículos Livianos (VL)	60.04	52.74	49.82	51.73	53.15
% Vehículos Medianos (VM)	38.22	47.23	50.18	47.59	46.45
% Vehículos Pesados (VP)	1.75	0.03	0.00	0.67	0.41
VOLUMEN EN EL ACCESO (Veh/h)	988	684	384	1214	1125
Ancho de carril (m)	8.00	7.50	7.50	8.00	8.00
Parada antes de la intersección	SI	SI	SI	SI	SI
Parada después de la intersección	NO	NO	NO	SI	SI
Estacionamiento Permitido	NO	NO	NO	NO	NO
Zona	Intermedi a	Intermedi a	Intermedi a	Intermedi a	Intermedi a
Número de sentidos	3	3	3	3	3
Número de carriles en el Acceso	2	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Cálculo de la capacidad en los accesos

Capacidad de los accesos	Acceso	Capacidad ideal	Capacidad práctica	Capacidad real	Factor de parada antes int.	Factor de parada después int.	Factor de GI	Factor de GD	Factor de VP
1056	1	2500	2250	1970.58	0.900	1.000	0.946	0.951	1.083
	2	2500	2250	2133.17	0.900	1.000	0.912	1.050	1.100
	3	2500	2250	1056.39	0.900	1.000	0.589	0.806	1.100
	4	2500	2250	1651.64	0.900	0.900	0.979	0.846	1.093
	5	2500	2250	1679.01	0.900	0.900	1.004	0.837	1.096

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Resumen de la capacidad en las rotondas

N°	Ubicación de rotondas	Capacidad real de los accesos					Capacidad de los accesos
		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5	
1	Av. J. D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)	1776.77	1489.67	1850.98	1723.26		1490
2	Av. J. M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)	1698.64	1181.96	1622.41	1616.80		1182
3	Av. Los membrillos (c. Daniel Sossa-c. Ingavi)	1538.42	1620.18	1717.53	0.00		1538
4	Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)	1826.29	1701.80	1702.86	1307.93		1308
5	Av. J. M. Belgrano (av. J. D. Echazu-Badén)	1751.34	1694.32	1760.88	1919.00		1694
6	Av. Circunvalación (av. Baldiviezo-av. Romero)	1552.78	1620.24	1720.26	1568.60		1553
7	Av. Ballivian (c. Perú-Cementerio)	1683.35	1052.79	1634.75			1053
8	Av. Circunvalación-av. Colón	1742.65	1000.94	1763.39	1755.61		1001
9	Av. Héroes de la Independencia-av. Los Sauces	1305.64	1739.55	1515.30			1306
10	Av. H.D. Independen. (av. El Erque-av. Los Molles)	1772.71	1398.96	1947.40	1608.73	1361.70	1362
11	Av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)	2333.18	2541.90	1851.33	2567.40		1851
12	Av. La Banda-Puente Bicentenario	1917.98	1920.97	1920.28	1894.00		1894
13	Av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío- c. Z. W. De Ruíz)	2004.03	1714.64	2097.17	1844.30		1715
14	Av. Gamonedada (av. Santa Cruz-c. J. Díaz-av. Romero)	890.27	1050.59	725.41	1659.13		725
15	Av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)	2007.20	970.69	1850.98	1723.26		971
16	Av. La Banda-av. Hnos. Uriondo	1860.99	1104.96	1864.01			1105
17	Av. Circunvalación (av. Fuerza Aérea B.-Puente)	1629.30	1505.81	1242.15	1201.05		1201
18	Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	1970.58	2133.17	1056.39	1651.64	1679.01	1056

19	Av. Panamericana-c. Cochabamba	1978.63	1049.31	2053.18			1049
20	Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pj. Azucena)	1902.62	1003.97	2060.21	1325.64	2148.21	1004
21	Av. La banda-puente Bolívar	1847.32	1696.50	1790.59	1792.60		1697
22	Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)	1882.46	1312.03	1799.56			1312
23	Av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)	1751.18	1028.48	1771.64	1033.21		1028
24	Av. Edmundo Torrejón Cardoso-av. España	1068.49	1638.17	1744.67			1638
25	Av. Los Callejones-av. Los Sauces	1283.25	858.23	1168.66	1168.66		858
26	Av. Integración-av. Jerusalén	1808.00	1840.90	1051.02			1051
27	Av. Integración-av. Guadalquivir	1789.29	1815.51	1042.42			1042
28	Av. Humberto arce-c. Andrés Zamora	979.90	1422.57	907.83	961.84		908
29	Av. H. De la Independen. (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)	1741.89	969.69	1769.02	2154.58		970
30	Av. Baldiviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana	1736.05	1356.29	1732.30			1356

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Nivel de servicio

Niveles de servicio y volúmenes de servicio máximos para entradas de intersecciones aisladas independientes		
Nivel de servicio	Descripción del flujo de tránsito	Factor de carga
A	Flujo libre	0.0
B	Flujo estable	≤ 0.10
C	Flujo estable	≤ 0.30
D	Próximo al flujo inestable	≤ 0.70
E	Flujo inestable	≤ 1.0
F	Flujo forzado	-b

Fuente: Manual de ingeniería de tránsito.

Fórmula para el cálculo del nivel de servicio:

Donde:

NS = Nivel de servicio

V = Volumen

C_{Real} = Capacidad real

$$NS = \frac{V}{C_{Real}}$$

Tabla 48: Cálculo del nivel de servicio

Acceso	Volumen	Capacidad	Nivel de servicio	NS	Nivel de servicio de los accesos
1	988	1970.58	0.501	D	D
2	684	2133.17	0.321	D	
3	384	1056.39	0.363	D	
4	1214	1651.64	0.735	E	
5	1125	1679.01	0.670	D	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49: Resumen del nivel de servicio en las rotondas

N°	Ubicación de rotondas	Nivel de servicio					NS de los accesos
		Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5	
1	Av. J. D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)	D	C	D	D		D
2	Av. J. M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)	C	C	D	C		C
3	Av. Los membrillos (c. Daniel Sossa-c. Ingavi)	C	C	C			C
4	Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)	D	C	D	D		D
5	Av. J. M. Belgrano (av. J. D. Echazu-Badén)	D	D	C	C		C
6	Av. Circunvalación (av. Baldiviezo-av. Romero)	D	D	C	C		D
7	Av. Ballivian (c. Perú-Cementerio)	D	C	C			C
8	Av. Circunvalación-av. Colón	D	D	D	D		D
9	Av. Héroes de la Independencia-av. Los Sauces	C	C	C			C
10	Av. H.D. Independen. (av. El Erque-av. Los Molles)	C	C	C	C	C	C
11	Av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)	D	C	C	D		D
12	Av. La Banda-Puente Bicentenario	D	C	D	C		C
13	Av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío- c. Z. W. De Ruíz)	C	C	C	C		C
14	Av. Gamoneda (av. Santa Cruz-c. J. Díaz-av. Romero)	D	C	D	C		C
15	Av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)	D	D	D	D		D
16	Av. La Banda-av. Hnos. Uriondo	D	D	D			D

17	Av. Circunvalación (av. Fuerza Aérea B.-Puente)	D	C	D	D		D
18	Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	D	D	D	E	D	D
19	Av. Panamericana-c. Cochabamba	D	D	D			D
20	Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pj. Azucena)	D	C	C	C	C	C
21	Av. La Banda-Puente Bolívar	D	D	C	C		C
22	Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)	D	D	D			D
23	Av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)	D	C	D	C		C
24	Av. Edmundo Torrejón Cardoso-av. España	C	D	D			D
25	Av. Los Callejones-av. Los Sauces	D	D	C	C		C
26	Av. Integración-av. Jerusalén	D	D	C			D
27	Av. Integración-av. Guadalquivir	D	D	C			D
28	Av. Humberto Arce-c. Andrés Zamora	D	D	D	D		D
29	Av. H. De la Indepen. (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)	C	C	C	C		C
30	Av. Baldiviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana	C	C	C			C

Fuente: Elaboración propia

3.7 Evaluación de la situación actual de las rotondas

Las rotondas actualmente atraviesan una crisis en su funcionamiento, sobre todo en las horas punta de las mañanas (entre las 7:00 am. hasta las 8 am.), medio día (entre las 12:00 pm. hasta las 13:00 pm.) y de las noches (entre las 6 pm. hasta las 7 pm.), y es que en estas horas es donde el tráfico se intensifica en gran dimensión. Estos intervalos de tiempo representan el congestionamiento vehicular en ambos sentidos de la avenida, es decir, en las mañanas se genera tráfico en la vía con sentido de norte a sur y por las noches en el sentido inverso; esto se debe a que, según lo consultado a los conductores y pasajeros, gran cantidad de pobladores de los distritos trabajan en lugares pasados a las rotondas. Mientras que, en las horas mencionadas de la noche, los pobladores regresan a sus hogares de su lugar de trabajo. En el resto de horas el día, las rotondas trabaja con normalidad, ya que en esos momentos el flujo vehicular se reduce hasta un 50%. Sin embargo, este no es el único problema que presentan las rotondas, sino que también los que se mencionan a continuación:

3.7.1 Calzada mal señalizada: Casi todas las rotondas en general presentan una pésima señalización. Empezando por las aproximaciones, no tienen definidos la cantidad de

carriles en la vía, esto genera confusión en el conductor, pues puede pensar que el ingreso a la rotonda es con cuatro carriles, cuando inicialmente se había diseñado un ingreso con dos carriles. La calzada de circulación de las rotondas también presenta el mismo problema, no se tiene claro cuántos carriles se posee, incluso cuando estos se intersectan con los ramales, no se tiene ningún tipo de señalización en la forma en la que estos se juntarán. Se tiene entendido que en algunas de las rotondas se quiso dar una berma lateral a lo largo de todo el perímetro para ser utilizado como estacionamiento frente a cualquier problema o accidente vehicular que pueda ocurrir, sin embargo, esto solo se ve reflejado por tramos que inclusive tienen doble ancho y que para cualquiera genera confusión, normalmente los conductores no respetan este espacio y son usados para traspasar vehículos sobre todo en las horas punta para poder llegar más rápido al otro lado.

Figura 51: Calzada mal señalizada



Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Tramos de la calzada circulatoria casi rectos: Como se ha venido explicando a lo largo de la teoría, lo que se busca principalmente en una rotonda es que este se atraviese sin mucha demora y con seguridad durante su trayecto. Sin embargo, actualmente la rotonda busca que solo los vehículos de la avenida puedan cruzarlo en poco tiempo, ya que su camino es casi recto, tanto en el ingreso a la rotonda como en la salida, esto genera que los vehículos no disminuyan su velocidad en ningún momento, o en todo caso solo lo hacen de manera casi imperceptible.

Figura 52:Tramo de calzada



Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Paraderos mal ubicados: Este problema se presenta especialmente en las avenidas, los paraderos se encuentran mal ubicados para la demanda que se tiene, es decir, el paradero no tiene el espacio suficiente como para poder contener a todos los vehículos que se paran para dejar y recoger pasajeros, muchas veces los micros tienen que coger un carril más para poder parar, lo que ocasiona embotellamiento para el flujo vehicular, pues se redujo el ancho de vía. También tiene que ver el tiempo de parada de los vehículos, ya sean taxis o el propio transporte público, los cuales muchas veces paran hasta 2 o 3 minutos, generando que los demás vehículos que se quieren detener tengan que optar por parar en un carril en el que la vía exige avanzar, y estos segundos de obstrucción del paso es perjudicial para una vía de la importancia de la avenida, así sea por unos pocos segundos.

3.7.4 Pistas en mal estado: Por último, el problema, aparentemente, menos importante genera dificultad a los vehículos en el intento de atravesar el óvalo. Normalmente se producen grietas en la calzada, probablemente por la cantidad de vehículos pesados que pasan sobre ella, que luego se convertirán en huecos que se irán volviendo más grandes si es que no se repara. Esto ocasiona que los vehículos traten de evitarlos para no dañar su vehículo o porque simplemente no desean sentir movimientos bruscos, y al hacerlo cambian de carril aumentando el flujo en dicha vía. Prácticamente el carril que tiene la falla en el pavimento queda eliminado para ser transitado por unos metros, hasta que

los vehículos puedan atravesarlo por los costados. Este es un problema que se da con frecuencia, lamentablemente las autoridades tardan en repararlo, y cuando lo hacen, lo reparan de forma precaria dado que después de unos meses la falla se volverá a dar.

Figura 53:Pista en mal estado



Fuente: Elaboración propia

En la actualidad, como se mencionó anteriormente, el tránsito para llegar a las rotondas es un caos, sobre todo las aproximaciones pertenecientes a las avenidas.

Haciendo un enfoque en la dirección de norte a sur que es la más crítica en las mañanas, se puede apreciar que las colas normalmente llegan hasta la avenida; sin embargo, en las horas puntas (de 7 a 9 am.) las colas suelen llegar aproximadamente hasta un poco más allá de la calle que, sacando distancias referenciales, equivale a más o menos 250 m. desde el ingreso a las rotondas. Al formarse estas grandes colas, los vehículos que se vienen acercando tratan de tomar la vía auxiliar para poder ingresar nuevamente a las avenidas y generar más congestión; otras veces, los conductores desesperados “crean un nuevo carril” al lado derecho de la vía principal para después volver a acoplarse.

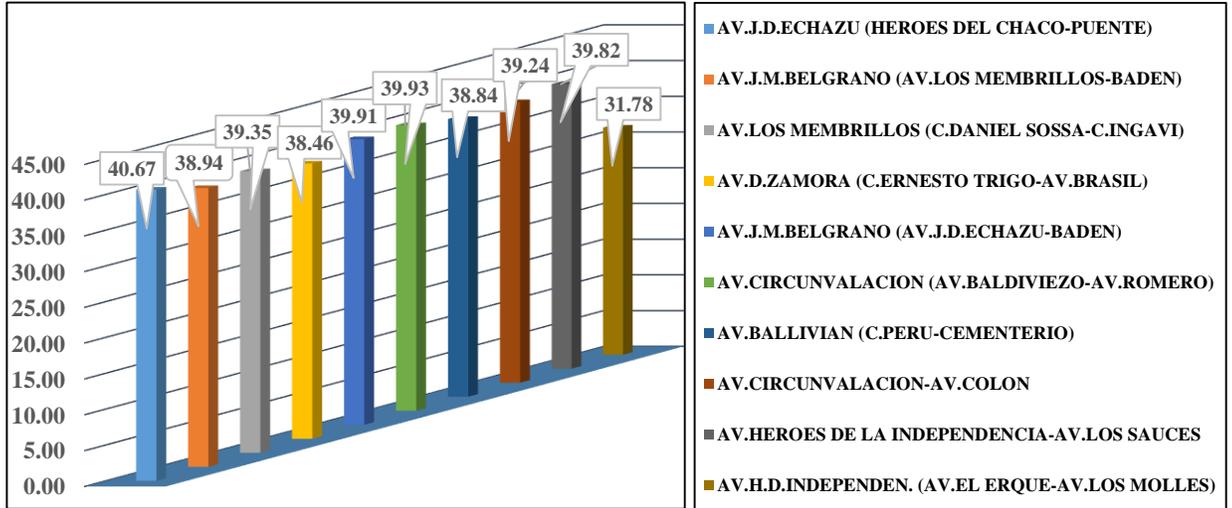
3.8 Análisis de resultados

Para una mejor interpretación de los resultados se separaron cada 10 rotondas como se muestra en las figuras respectivas.

3.8.1 Velocidades

Figura 54: Resumen total de velocidades en los accesos para las 1^{ras} 10 rotondas

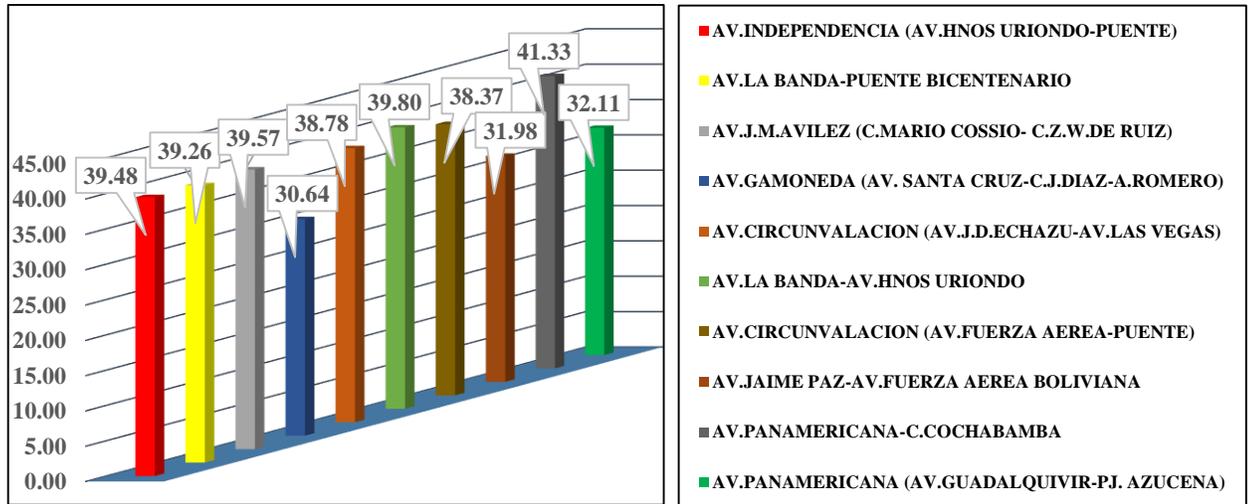
Resumen de velocidades de punto



Fuente: Elaboración propia

Figura 55: Resumen total de velocidades en los accesos para las 2^{das} 10 rotondas

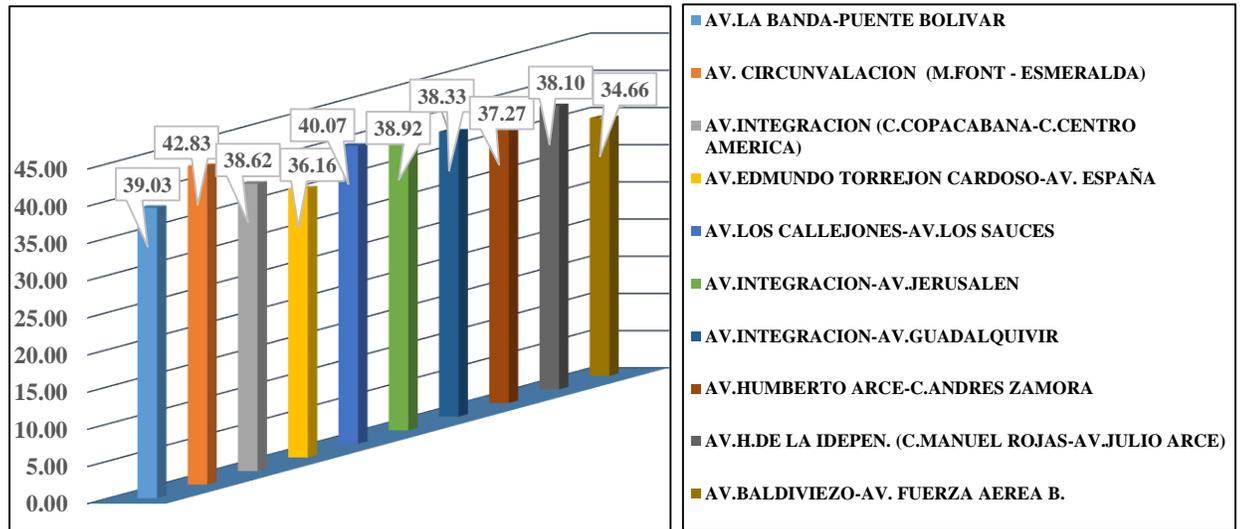
Resumen de velocidades de punto



Fuente: Elaboración propia

Figura 56: Resumen total de velocidades en los accesos para las 3^{ras} 10 rotondas

Resumen de velocidades de punto



Fuente: Elaboración propia

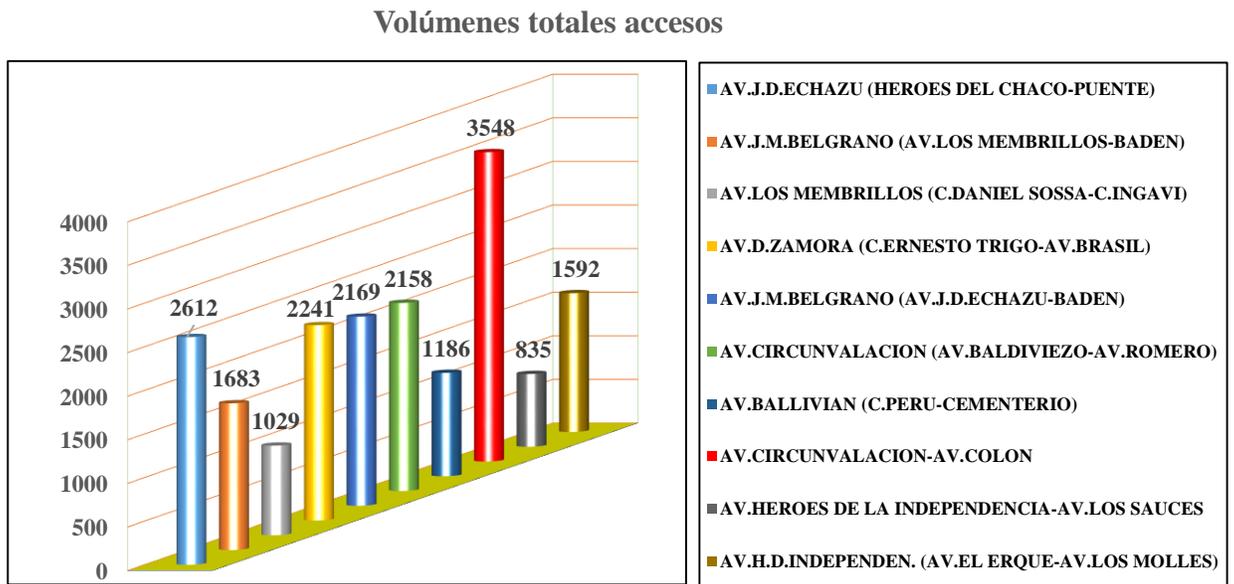
Las velocidades de punto de los vehículos obtenidos en los diferentes puntos de aforo en los accesos de las 30 rotondas en estudio tal como se muestra en las figuras N°54,55,56 son altas, esto indica que no hay mucho congestionamiento y que los vehículos pueden transitar con un flujo libre.

3.8.2 Volumen vehicular

En las siguientes figuras se observa el volumen vehicular de los diferentes accesos de las rotondas en estudio.

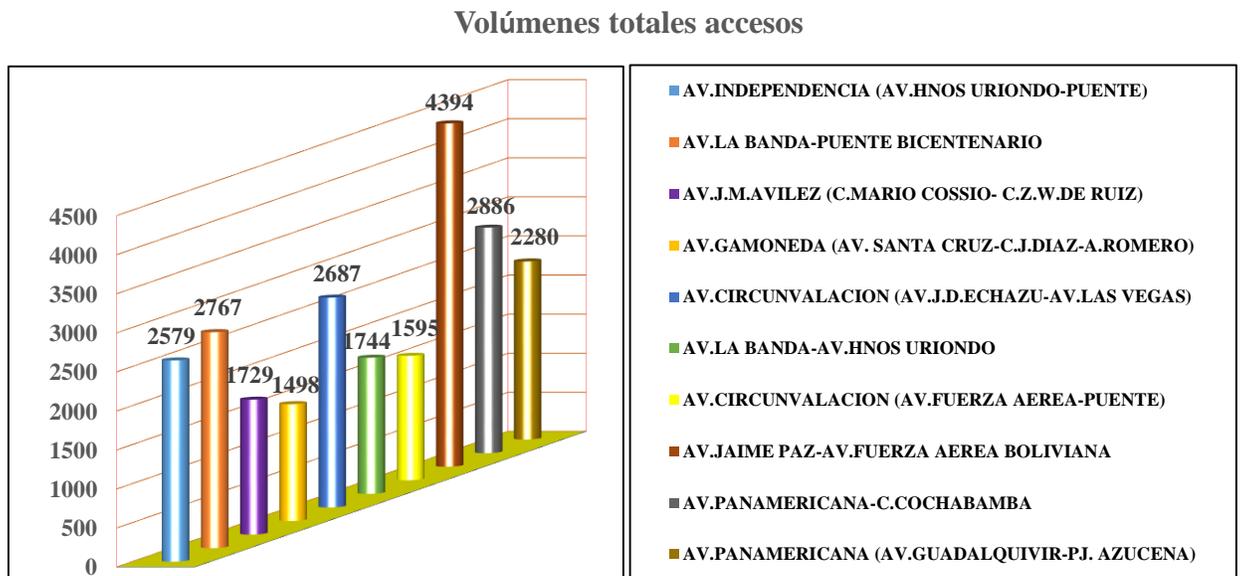
Para una mejor interpretación de los resultados se separaron cada 10 rotondas como se muestra en las figuras respectivas.

Figura 57: Resumen de volúmenes totales en los accesos para las 1^{ras} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

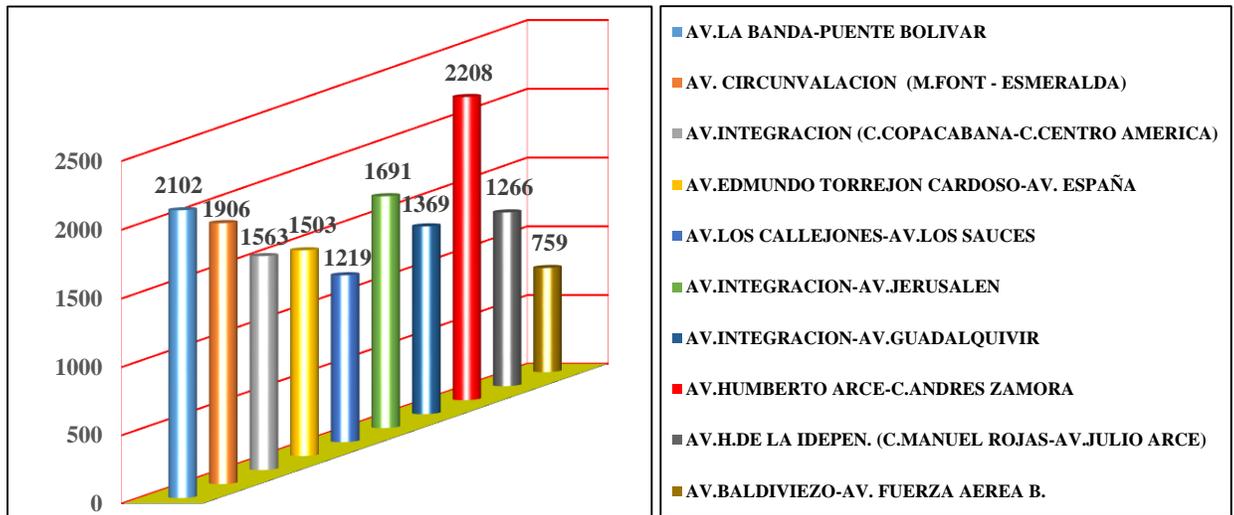
Figura 58: Resumen de volúmenes totales en los accesos para las 2^{das} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

Figura 59: Resumen de volúmenes totales en los accesos para las 3^{ras} 10 rotondas

Volúmenes totales accesos



Fuente: Elaboración propia

El principal objetivo del estudio de volúmenes de tráfico es el de encontrar valores representativos de las características de cada acceso.

En la figura 57 vemos que el volumen que predomina es de 3548 que corresponde a la rotonda av. Circunvalación-av. Colon, los restantes volúmenes están por debajo de este, la mayor parte de los vehículos que circulan por la rotonda son los vehículos públicos.

En las figuras 58 vemos que el volumen que predomina es de 4394 que tienen todos los accesos, el cual corresponde a la rotonda av. Jaime Paz -av. Fuerza Aérea Boliviana, los restantes volúmenes están por debajo de este, la mayor parte de los vehículos que circulan por la rotonda son los vehículos públicos.

En las figuras 59 vemos que el volumen que predomina es de 2208 que tienen todos los accesos, el cual corresponde a la rotonda av. Humberto Arce -c. Andrés Zamora, los restantes volúmenes están por debajo de este, la mayor parte de los vehículos que circulan por la rotonda son los vehículos públicos.

3.8.3 Capacidad vehicular

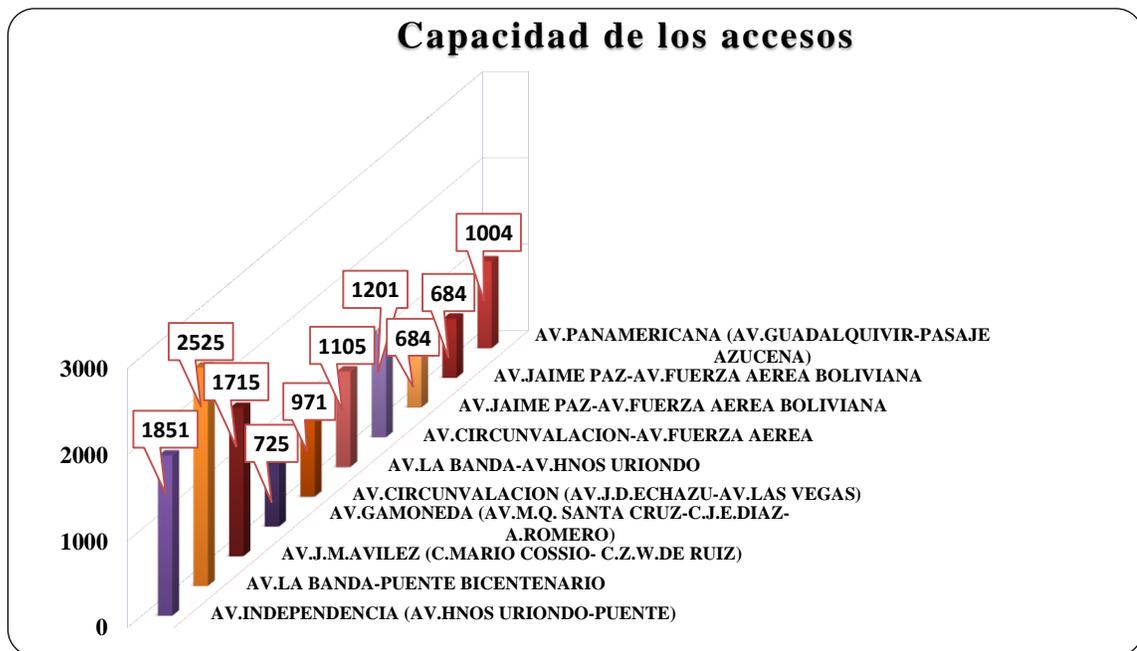
Para una mejor interpretación de los resultados se separaron cada 10 rotondas como se muestra en las figuras respectivas.

Figura 60: Resumen de la capacidad en los accesos para las 1^{ras} 10 rotondas



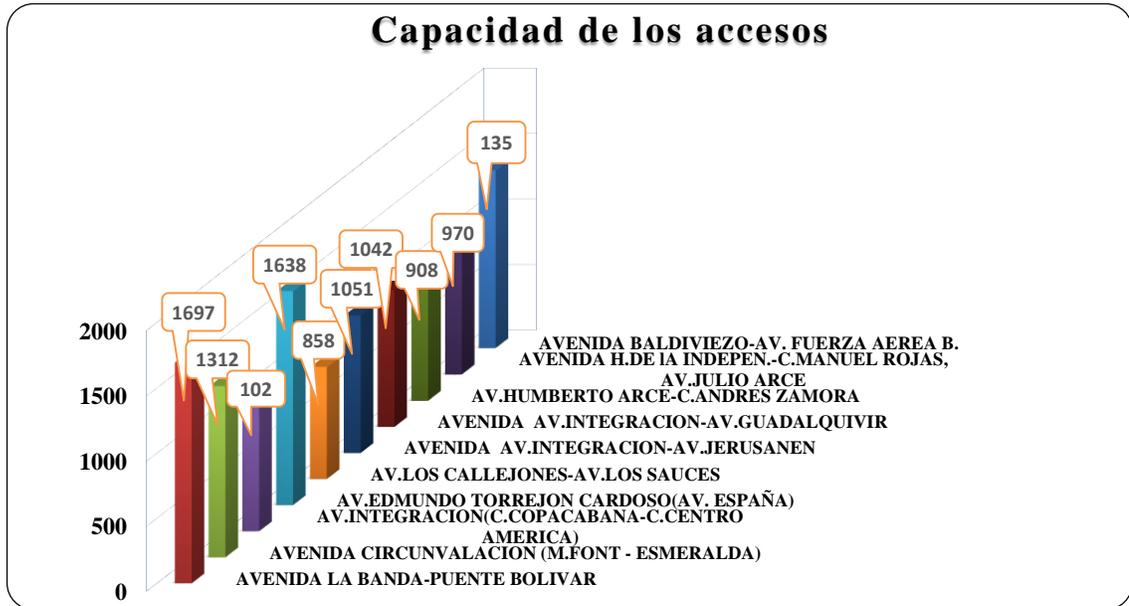
Fuente: Elaboración propia

Figura 61: Resumen de la capacidad en los accesos para las 2^{das} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

Figura 62: Resumen de la capacidad en los accesos para las 3^{ras} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

La capacidad vehicular es la cantidad máxima de vehículos que circulan por los accesos de las intersecciones en un determinado tiempo, como podemos observar en la figura 60 la capacidad para la rotonda av. J.M. Belgrano (av. J.D. Echazu-badén es de 1694 veh/h que corresponde a las primeras 10 rotondas siendo la que tiene mayor capacidad.

La figura 61 la capacidad para la rotonda av. La Banda-Puente Bicentenarios es de 2525 veh/h que corresponde a las 10 rotondas siendo la que tiene mayor capacidad.

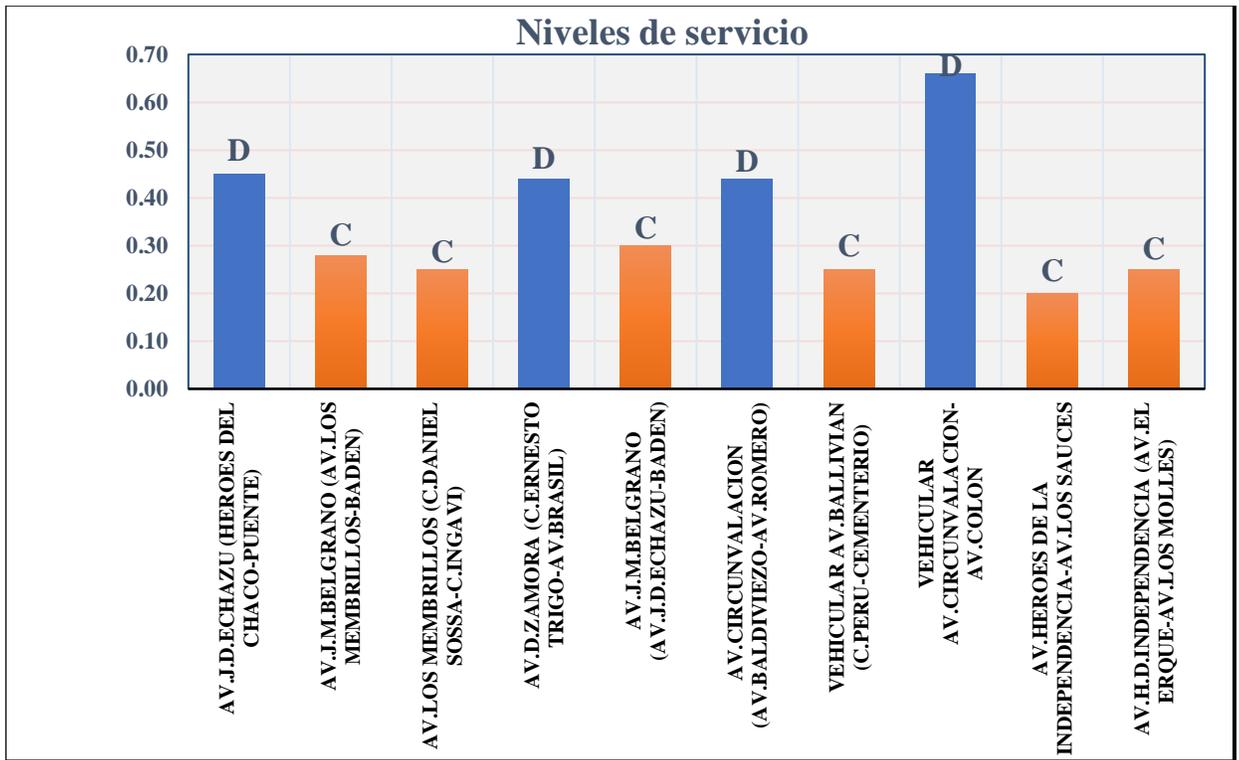
La figura 62 la capacidad para la rotonda av. La Banda-Puente Bolívar es de 1697 veh/h que corresponde a las 10 rotondas siendo la que tiene mayor capacidad.

Para el cálculo de la capacidad no se tomó en cuenta el factor de estacionamiento esto debido a que los accesos en las rotondas no están permitidos estacionar, además a la incidencia de los factores de reducción no es de consideración ya que los mismos son porcentajes mínimos y esto permite que la circulación máxima sea elevada.

3.8.4 Nivel de servicio

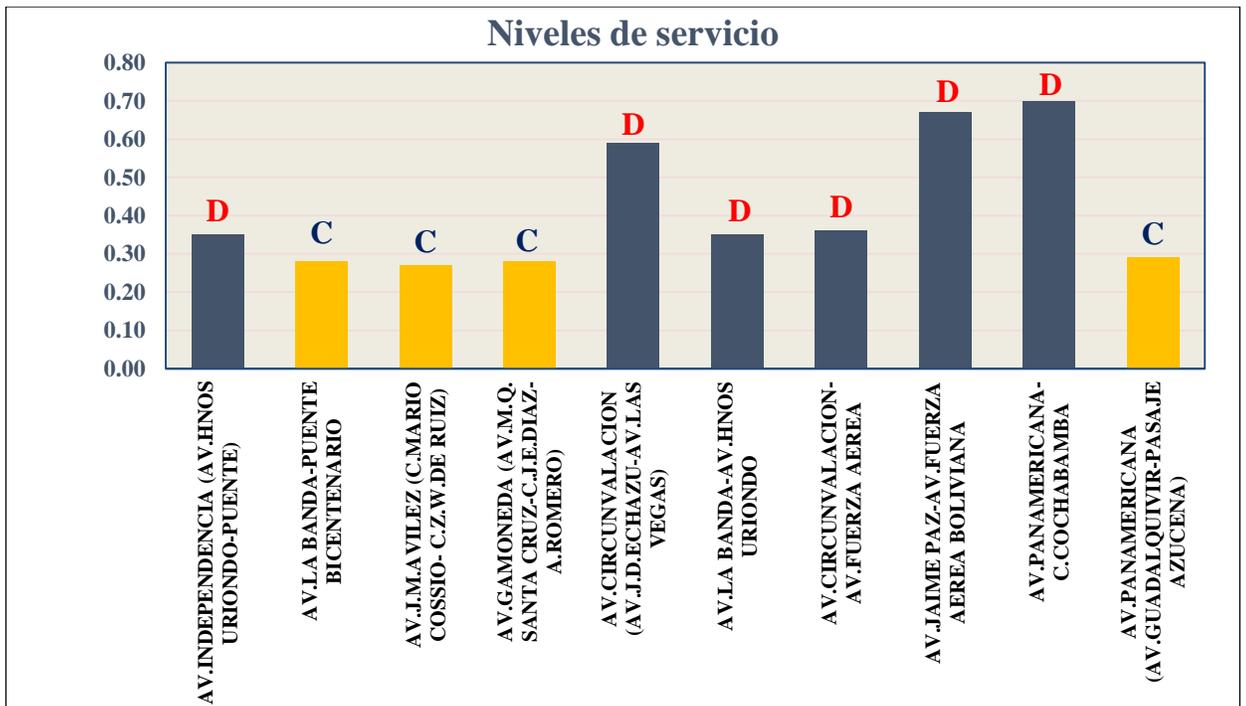
Para una mejor interpretación de los resultados se separaron cada 10 rotondas como se muestra en las figuras respectivas.

Figura 63: Resumen del nivel de servicio en los accesos para las 1^{ras} 10 rotondas



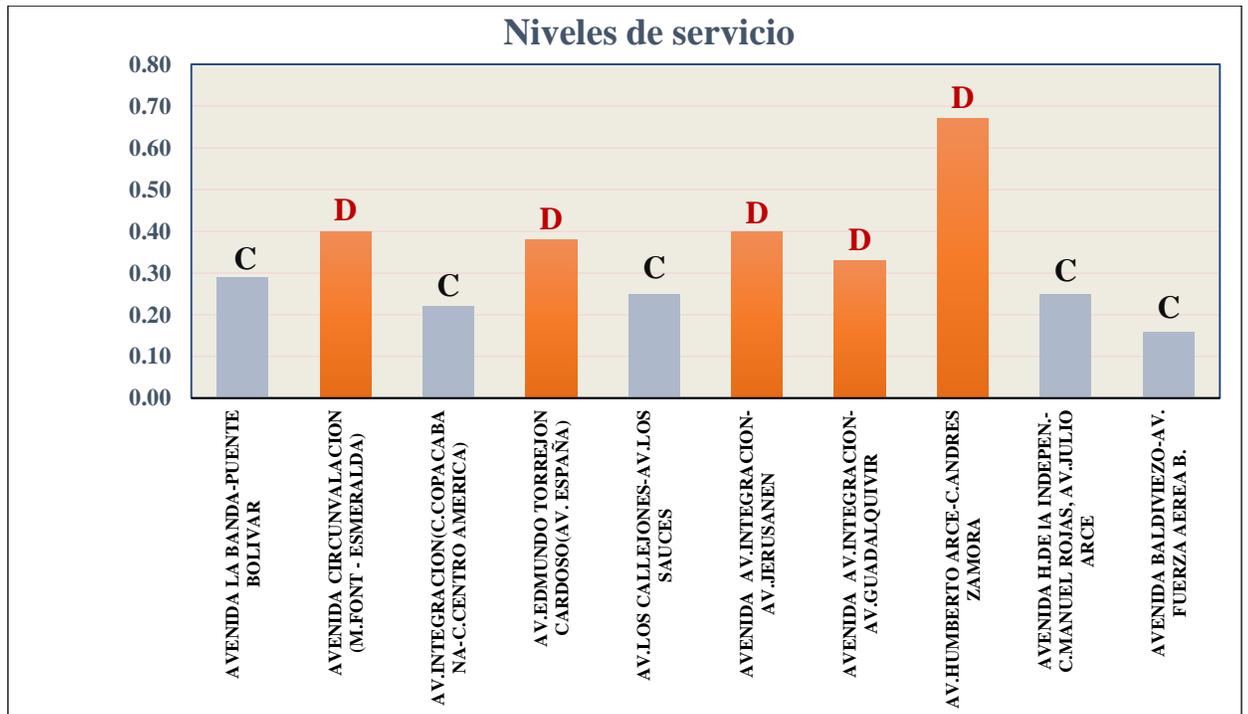
Fuente: Elaboración propia

Figura 64: Resumen del nivel de servicio en los accesos para las 2^{das} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

Figura 65: Resumen del nivel de servicio en los accesos para las 3^{ras} 10 rotondas



Fuente: Elaboración propia

La valoración del nivel de servicio de un determinado acceso está en función de la relación volumen/capacidad, como podemos ver en las figuras 63,64 y 65 se presenta los niveles de servicio de C y D.

El nivel de servicio **C** nos indica que el flujo es estable, la velocidad y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringidas su libertad de elegir la velocidad, cambiar de carril o rebasar.

El nivel de servicio **D** nos indica que se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tráfico. Las fluctuaciones en el volumen y las restricciones temporales en el flujo pueden causar considerables reducciones en la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

3.8.5 Semaforización

Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)

Figura 66: Capacidad real fase verde

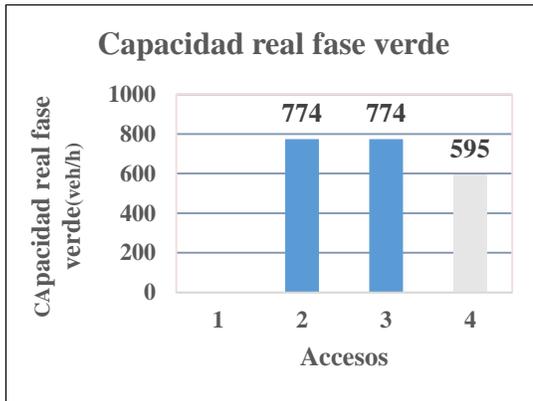
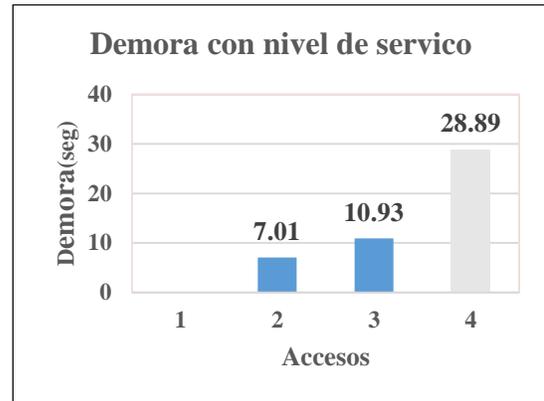
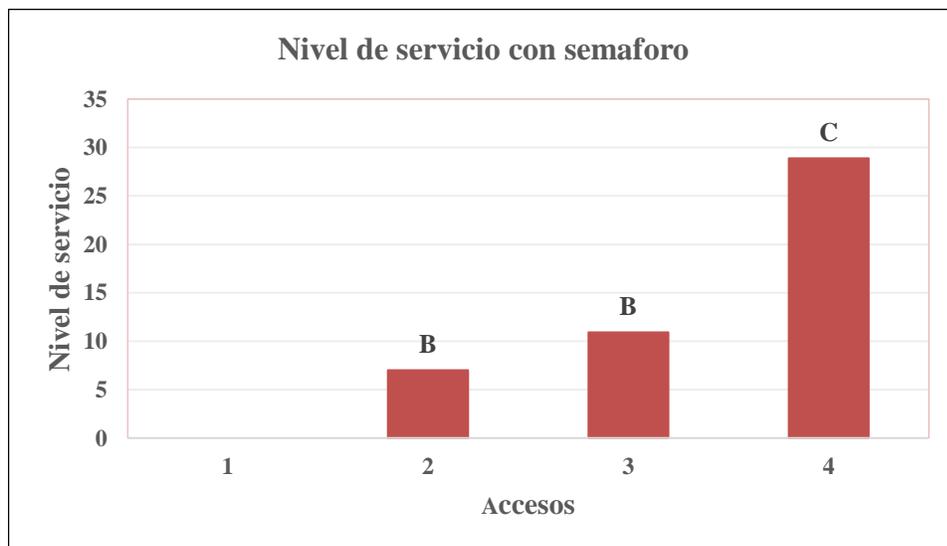


Figura 67: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 68: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil) el nivel de servicio está entre **B** y **C** e indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

En el acceso 1 que no está Semaforizado, está en un nivel de servicio **D**.

Como esta rotonda cumple las condiciones, no se realizó ningún cambio en el tiempo de Ciclo ni en el tiempo de fase verde.

Av. Circunvalación-av. Colón

Figura 69: Capacidad real fase verde

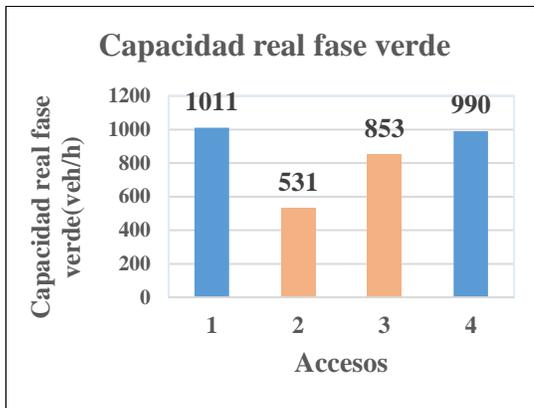
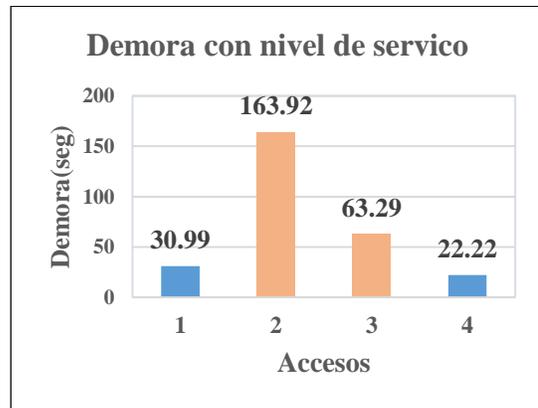
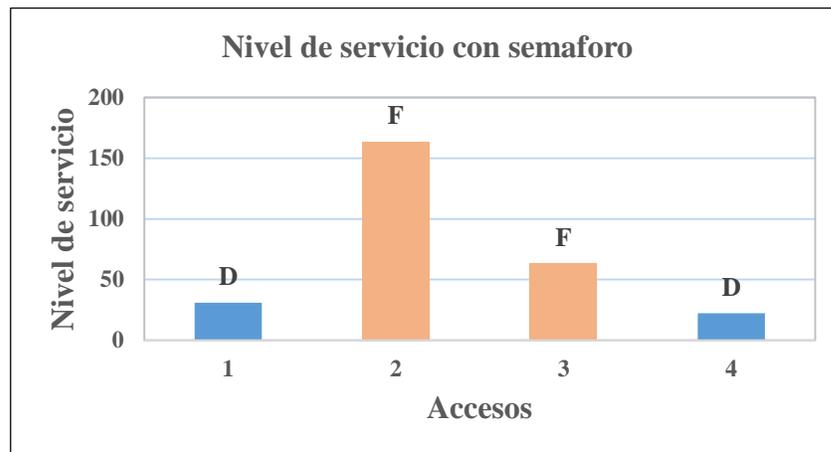


Figura 70: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia.

Figura 71: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda av. Circunvalación- av. Colón el nivel de servicio está entre **D** y **F** e indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

En el acceso 1 y 4 nivel de servicio **D** indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

En el acceso 2 y 3 se presentan demoras muy elevadas que sobrepasan los 60 seg. además, que ambos accesos tienen un nivel de servicio **F**, haciendo que los flujos de llegada excedan la capacidad de la intersección.

Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana

Figura 72: Capacidad real fase verde

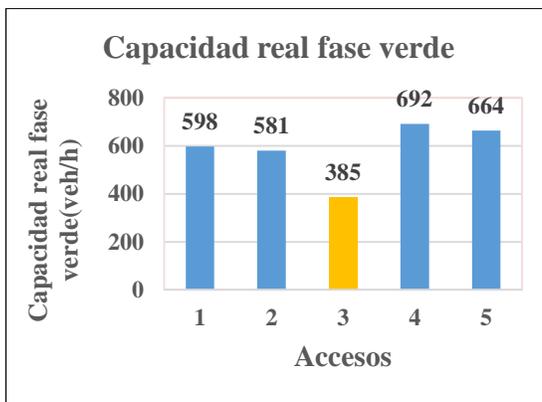
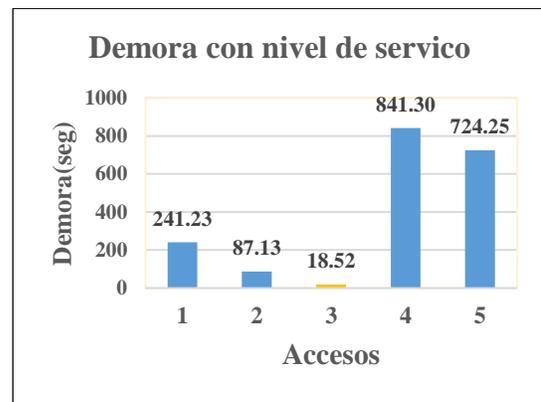
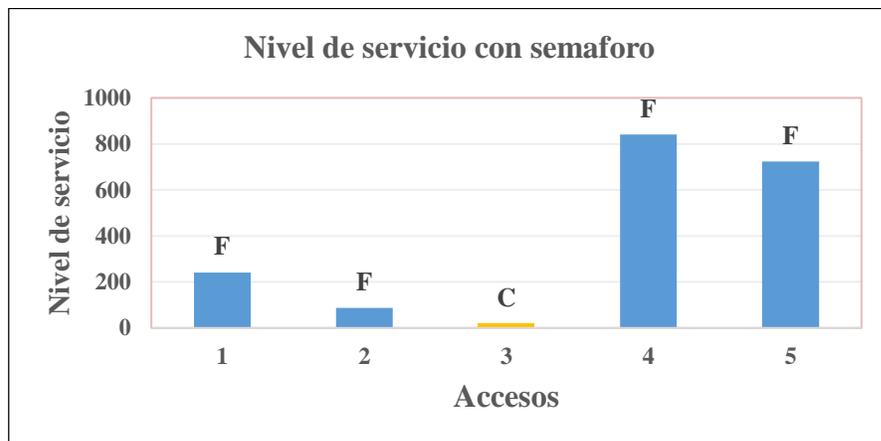


Figura 73: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 74: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana el nivel de servicio está entre **C** y **F**.

En el acceso 3 nivel de servicio **C** indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables. En el acceso 1, 2,3y 4 se presentan demoras muy elevadas que sobrepasan los 60 segundos además que ambos accesos tienen un nivel de servicio **F**, haciendo que los flujos de llegada excedan la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestionamiento y una operación saturada.

Av. Panamericana-c. Cochabamba

Figura 75: Capacidad real fase verde

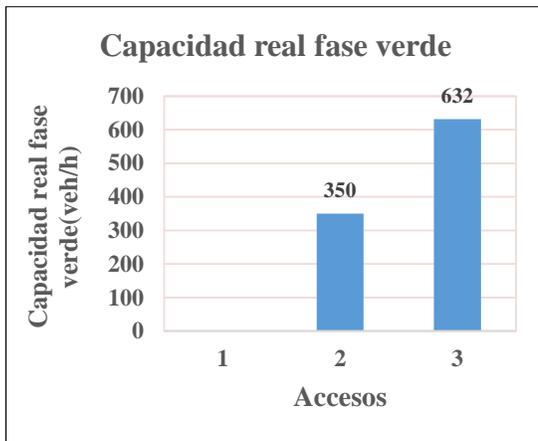
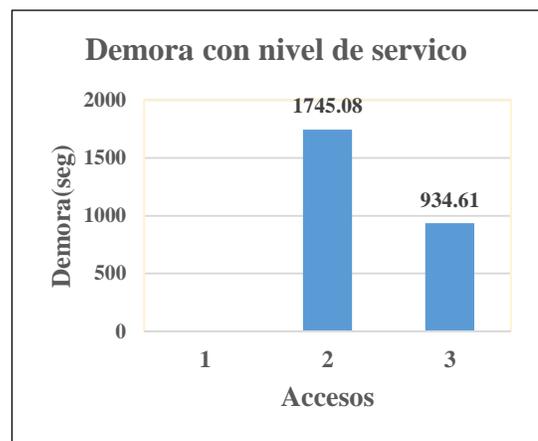
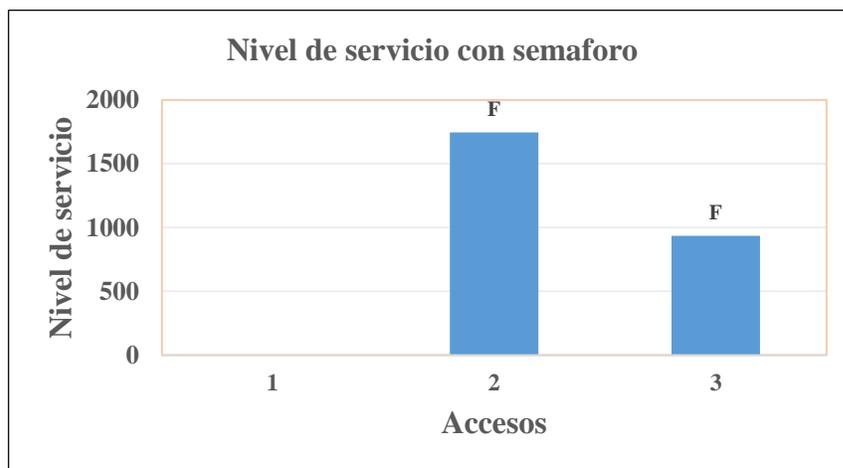


Figura 76: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 77: Nivel de servicio con semáforo



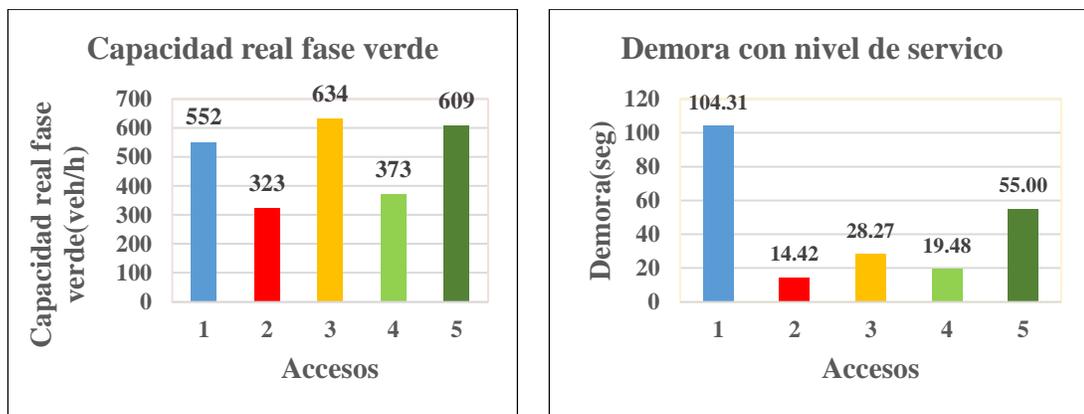
Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda av. Panamericana-c. Cochabamba el nivel de servicio está entre **F**. En el acceso 1 que no está semaforizado, está en un nivel de servicio **D**.

En el acceso 2y 3 se presentan demoras muy elevadas que sobrepasan los 60 segundos además que ambos accesos tienen un nivel de servicio **F**, haciendo que los flujos de llegada excedan la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestión y una operación saturada.

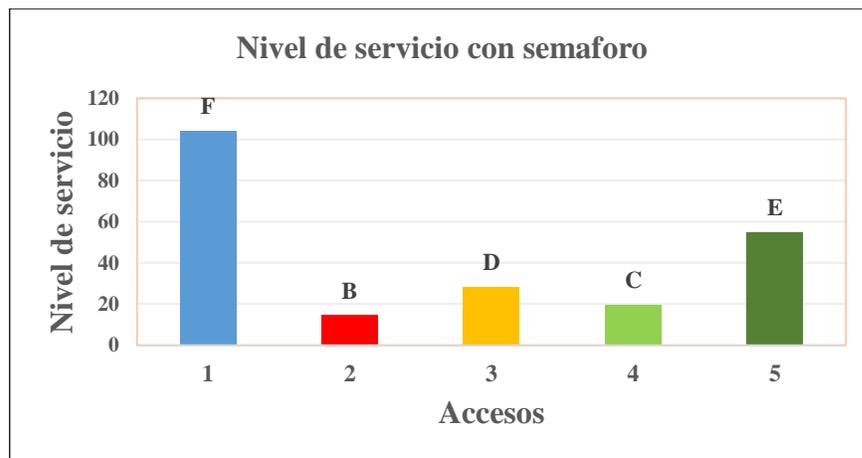
Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pasaje Azucena)

Figura 78: Capacidad real fase verde Figura 79: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 80: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda av. Panamericana (av. Guadalquivir-pasaje Azucena) el nivel de servicio está entre **B, D, C, E y F**.

En el acceso 1 y 5 se presentan demoras muy elevadas que sobrepasan los 60 segundos además que ambos accesos tienen un nivel de servicio **E y F**, haciendo que los flujos de llegada excedan la capacidad de la intersección, lo que ocasiona congestión y una operación saturada.

En el acceso 2, 3 y 4 nivel de servicio **B, C y D** indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)

Figura 81: Capacidad real fase verde

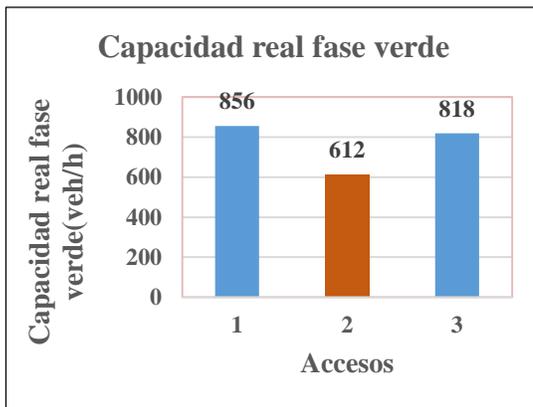
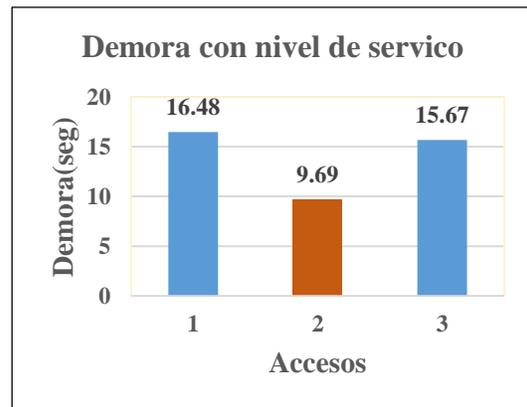
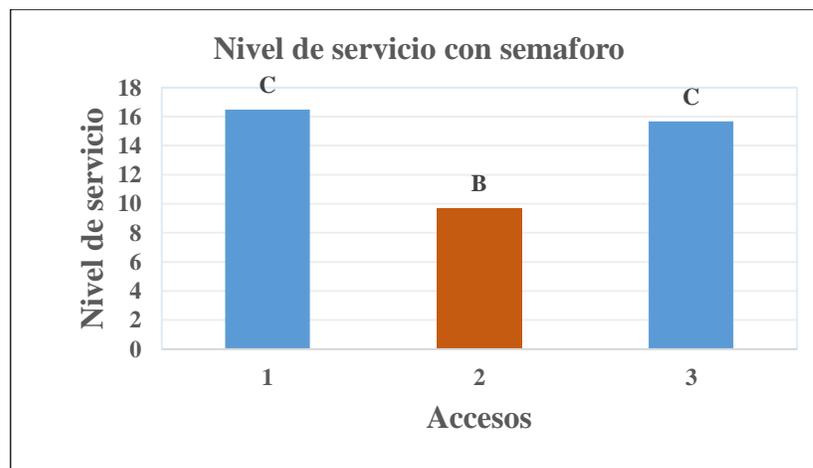


Figura 82: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 83: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda) el nivel de servicio está entre **B** y **C**.

En el acceso 1, 2 y 3 nivel de servicio **B** y **C**, indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

Como esta rotonda cumple las condiciones, no se realizó ningún cambio en el tiempo de Ciclo ni en el tiempo de fase verde.

Av. Los Callejones-av. Los Sauces

Figura 84: Capacidad real fase verde

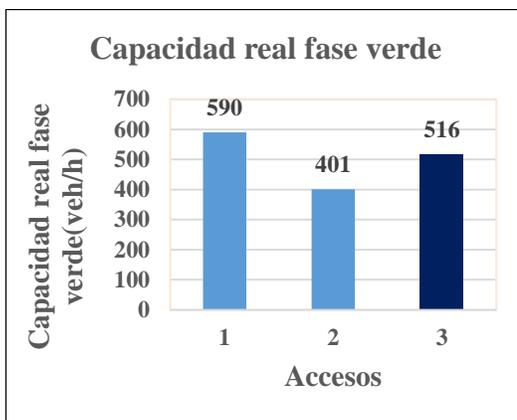
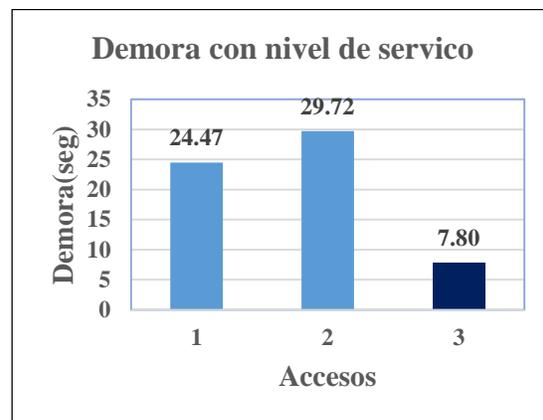
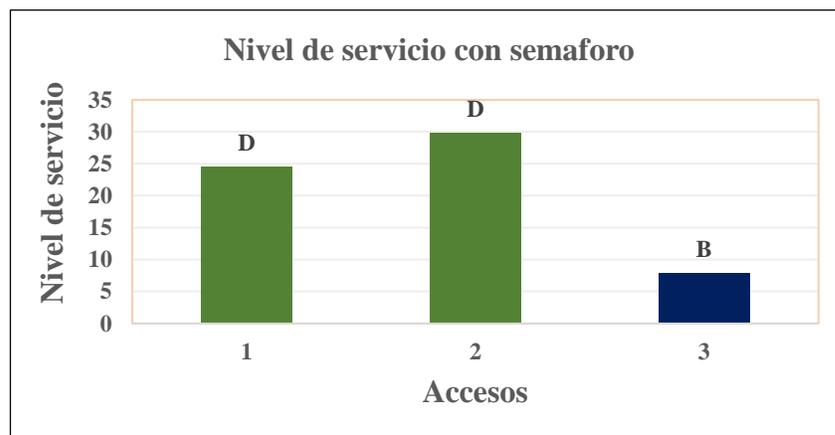


Figura 85: Demora con nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia

Figura 86: Nivel de servicio con semáforo



Fuente: Elaboración propia

En esta rotonda Av. Los Callejones-Av. Los Sauces el nivel de servicio están entre **B** y **D**.

En el acceso 1 y 2 nivel de servicio **D**, indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

En el acceso 3 nivel de servicio **B**, indica la aceptación de las demoras de los conductores, facilitando la circulación donde las demoras son mínimas, sus velocidades son aceptables.

Como esta rotonda cumple las condiciones, no se realizó ningún cambio en el tiempo de Ciclo ni en el tiempo de fase verde.

CAPÍTULO IV
PLANTAMIENTO DE SOLUCIONES

CAPÍTULO IV

PLANTAMIENTO DE SOLUCIONES

4.1 Propuestas de solución

De acuerdo a los problemas encontrados de las rotondas en estudio, se plantean algunas propuestas de solución a corto, mediano y largo plazo. Cabe señalar que las soluciones propuestas serán aplicadas teniendo en cuenta sus antecedentes, condiciones y tiempo de aplicación.

Para resolver los defectos antes mencionados se han planteado las siguientes propuestas de mejora, las cuales están distribuidas en horizontes de corto, mediano y largo plazo.

Propuesta 1: A Corto Plazo – La propuesta de una solución a corto plazo es una medida que se pueden tomar usando las características físicas y componentes actuales que se tienen en el estudio, con la facilidad que se pueden llevar a cabo medidas retroactivas si es que no se obtienen los resultados esperados.

Propuesta 2: A Mediano Plazo – Las soluciones a mediano plazo implican una intervención en las características físicas y componentes de la vía, realizando un ordenamiento vehicular y peatonal en calles que tengan que ver con las rotondas en estudio, sin requerir inversión económica muy grandes, para ello se tendrán que puntualizar los problemas existentes. Dentro de esta solución tenemos las siguientes: Señalizaciones verticales, señalizaciones horizontales, demarcaciones de tránsito y canalizadores internos.

Propuesta 3: A Largo Plazo – Así mismo, las soluciones a largo plazo implican modificaciones de rutas, nueva infraestructura y mayor educación vial además de requerir una inversión económica a gran escala siguiendo una planificación concreta, es por eso que estas medidas se consideran más radicales.

Este tipo de solución está orientado a utilizar lo que físicamente se tiene para realizar unas mejoras en esta estructura y mejorar el ordenamiento de la circulación vehicular y peatonal, aunque esta solución sea viable en comparación a la solución integral, al tener que realizar el mejoramiento de la infraestructura física, necesariamente eso requiere un

presupuesto económico como se trata de obras de vías de comunicación tienen un alto costo.

4.2 Identificación de alternativas de solución

Rotonda ubicada entre la av. J.D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)			
<p>Esta rotonda está ubicada en el distrito 9 y 10, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 38 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Héroes del Chaco, J.D. Echazu y el puente que los conecta. En la tabla N°6, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°1 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.</p>			
Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y del peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. J.M. Belgrano-av. Los Membrillos

Esta rotonda está ubicada en el distrito 9 y 10, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 38 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Héroes del Chaco y J.D. Echazu y el puente que los conecta. En la tabla N°7, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°2 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Parchado superficial en calzada.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, garantizando la circulación adecuada del transporte.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Tránsito y vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Mantenimiento en la vía.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Los Membrillos-c. Ingavi

Esta rotonda está ubicada en el distrito 4, cuenta con 3 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 34 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida los Membrillos y calle Ingavi.

En la tabla N°8, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°3 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campanñas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Reparación de vías vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. D. Zamora (av. Brasil-c. Ernesto Trigo)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 39 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas D. Zamora, Brasil y calle Ernesto Trigo. En la tabla N°9, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°4 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Semaforización Peatonal	Vialidad	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Desvió vehicular	Transporte y Vialidad	Debe realizarse un cambio en el diseño de la intersección que facilite la disminución que interceden en la misma.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. J. M. Belgrano-av. Los Membrillos

Esta rotonda está ubicada en el distrito 10, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 39 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas J.M. Belgrano y los Membrillos.

En la tabla N°10, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°5 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Mejorar la circulación interior	Vialidad	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Circunvalación (av. Romero-av. Baldiviezo)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 9, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 40 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Circunvalación, Romero y Baldiviezo.

En la tabla N°11, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°6 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campanas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Ballivián-c. Perú

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 39 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida Ballivián y calle Perú.

En la tabla N°12, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°7 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Mejorar la circulación interior	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Circunvalación-av. Colón

Esta rotonda está ubicada en el distrito 8, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 40 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Circunvalación y Colón.

En la tabla N°13, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°8 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Facilitar el acceso	Vialidad	Es necesario llevar a cabo jornadas de información horizontal y vertical de la entrada que obliga a disminuir la velocidad de aproximación a la rotonda.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Héroes de la Independencia-av. Los Sauces

Esta rotonda está ubicada en el distrito 13, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Héroes de la Independencia y los Sauces. En la tabla N°14, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°9 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación central y perimetral	Vialidad	Es necesario llevar a cabo una visibilidad adecuada, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. H.D. Independencia (av. El Erque-av. Los Molles)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 13, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 40m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas H.D. Independencia, el Erque y Los Molles. En la tabla N°15, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°10 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Paisajismo en la isleta central	Vialidad	El ajardinamiento de la isleta central puede mejorar la seguridad de la intersección al convertir la intersección en un punto focal, mediante la promoción de velocidades más bajas.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Mantenimiento y rehabilitación pavimento	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Héroes de la Independencia-av. Hnos. Uriondo

Esta rotonda está ubicada en el distrito 13, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.6 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Héroes de la Independencia y Hnos. Uriondo. En la tabla N° 16, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N° 11 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación central	Vialidad	Proveer visibilidad desde cierta distancia a los usuarios que se acercan a la rotonda y proveer visibilidad en la zona de conflicto clave para mejorar la percepción de los usuarios.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la Av.La Banda-Puente Bicentenario

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 40 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida la Banda y Puente Bicentenario.

En la tabla N° 17, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N° 12 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Balizas de advertencia en cruces peatonales	Vialidad	Se demostró que las balizas de advertencia de color amarillo intermitente aumentan el porcentaje de conductores que ceden el paso a los peatones, lo cual potencialmente podría beneficiar a los peatones en las rotondas.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Mantenimiento y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío-c. Z. W.D. Ruiz)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida J. M. Avilez y calles Mario Cossío, Z. W.D. Ruiz. En la tabla N°18, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°13 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Palabras y marcas de símbolos en el pavimento	Vialidad	Es necesario llevar a cabo jornadas de información, en algunos casos el diseñador puede desear considerar marcar palabras o símbolos en el pavimento para complementar a la señalización.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción de isletas partidoras para peatones	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, para alinear los vehículos, fomentar la desviación y circulación adecuadas, y proporcionar refugio peatonal.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Gamoneda (av. M. Q. Santa Cruz-c. J. E. Díaz)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 9, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 45 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Gamoneda, M. Q. Santa Cruz y calle J. E. Díaz. En la tabla N° 19, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N° 14 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 9, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 44 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Circunvalación, las Vegas y J.D. Echazu. En la tabla N°20, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°15 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación perimetral y central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal en la rotonda garantizando la seguridad del peatón y del autotransporte.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. La Banda-av. Hnos. Uriondo

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 38 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas la Banda y Hnos. Uriondo.

En la tabla N°21, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°16 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación de isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y la comodidad y seguridad del peatón y del autotransporte.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción de isletas partidoras y reparación de vías de acceso.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Circunvalación-av. Fuerza Aérea Boliviana

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 37 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.6 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Circunvalación y Fuerza Aérea Boliviana. En la tabla N°22, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°17 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Paisajismo de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, mejorar la seguridad de la intersección al convertir la intersección en un punto focal.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y el acceso a la rotonda.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Fuerza Aérea Boliviana-av. Jaime Paz Zamora

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 45 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Jaime Paz Zamora y Fuerza Aérea Boliviana. En la tabla N°23, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°18 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Panamericana-c. Cochabamba

Esta rotonda está ubicada en el distrito 6, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 38 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida Panamericana y calle Cochabamba.

En la tabla N°24, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°19 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Balizas de cruces peatonales	Vialidad	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr mayor beneficio para los peatones.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Panamericana (av. Guadalquivir-psj. Azucena)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 6, cuenta con 5 entradas y 5 salidas; tiene un diámetro promedio de 40 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Panamericana y Guadalquivir.

En la tabla N°25, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°20 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación perimetral y central	Cultura ciudadana	Debe realizarse un mantenimiento periódico, proporciona la visibilidad más óptima en las áreas clave de conflicto y la visibilidad desde los vehículos que circulan hacia los vehículos que se acercan a la rotonda.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción de isleta partidora extendida.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento efectivo para reducir la velocidad de aproximación.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. La Banda-Puente Bolívar

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 44 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida la Banda y el Puente que los conecta. En la tabla N°26, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°21 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Circunvalación (c. Esmeralda-M. Font)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 10, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.6 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida Circunvalación, M. Font y calle Esmeralda. En la tabla N°27, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°22 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Paisajismo en la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios y del autotransporte.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 6, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida Integración, calle Copacabana y calle Centro América. En la tabla N°28, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°23 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Edmundo Torrejón Cardozo-av. España

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Edmundo Torrejón C. y España.

En la tabla N°29, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°24 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Reconstrucción de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Los Callejones-av. Los Sauces

Esta rotonda está ubicada en el distrito 12, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 33 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas los Callejones y los Sauces.

En la tabla N°30, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°25 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Campañas de Educación vial	Cultura ciudadana	Es necesario llevar a cabo jornadas de información y consultas con el fin de lograr la mayor cooperación y aprobación por parte de todos los protagonistas de la movilidad.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Integración-av. Jerusalén

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 28 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Integración y Jerusalén.

En la tabla N°31, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°26 de gráfica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación perimetral y central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad, seguridad de los peatones y del autotransporte.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Integración-av. Guadalquivir

Esta rotonda está ubicada en el distrito 7, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Integración y Guadalquivir.

En la tabla N°32, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°27 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Mantenimiento del ajardinamiento	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal en la rotonda y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Humberto Arce-c. Andrés Zamora

Esta rotonda está ubicada en el distrito 8, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta la avenida Humberto Arce, calle Andrés Zamora y el puente que los conecta. En la tabla N°33, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°28 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Iluminación de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Reconstrucción de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. H.D. Independencia (av. Julio Arce-c. Manuel Rojas)

Esta rotonda está ubicada en el distrito 13, cuenta con 4 entradas y 4 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 4 m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas H. D. Independencia y Julio Arce y calle Manuel Rojas. En la tabla N°34, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°29 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Paisajismo e iluminación de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Reconstrucción de la isleta central.	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

Rotonda ubicada entre la av. Baldiviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana

Esta rotonda está ubicada en el distrito 10, cuenta con 3 entradas y 3 salidas; tiene un diámetro promedio de 30 m; además cuenta con dos carriles de circulación de 3.7m de ancho aproximadamente. Asimismo, conecta las avenidas Baldiviezo y Fuerza Aérea Boliviana.

En la tabla N°35, se muestran sus valores numéricos de manera ordenada. Además, en el anexo B, se adjunta el plano de esta rotonda para su mejor visualización. Según esquema N°30 de grafica de soluciones planteada se verifica la solución y alternativa para la rotonda.

Alternativas	Componente principal	Condiciones de implementación	Plazo de aplicación
Paisajismo e iluminación de la isleta central	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Corto
Demarcaciones viales	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Mediano
Implementación de señalización	Vialidad y transporte	Se deberá realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de la rotonda y seguridad del autotransporte y peatón.	Mediano-Largo
Construcción y reparación de vías peatonales y vehiculares	Vialidad	Debe realizarse un mantenimiento periódico, de tal forma que se garantice la operación normal de las vías y la comodidad y seguridad de los usuarios.	Largo

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

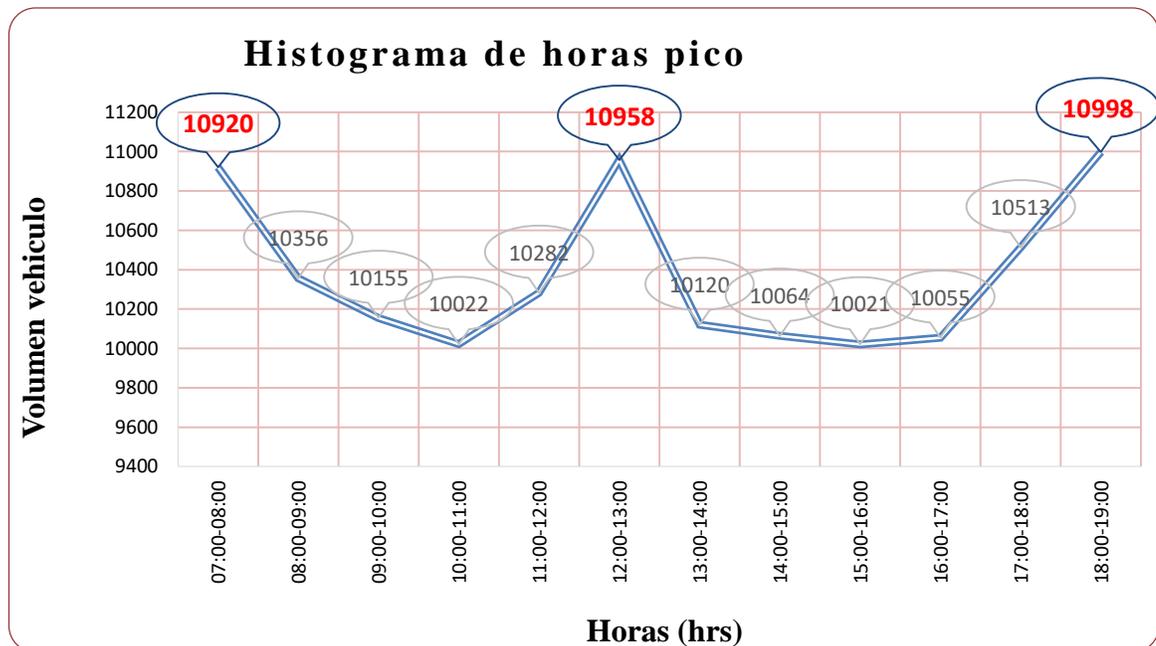
5.1 Conclusiones

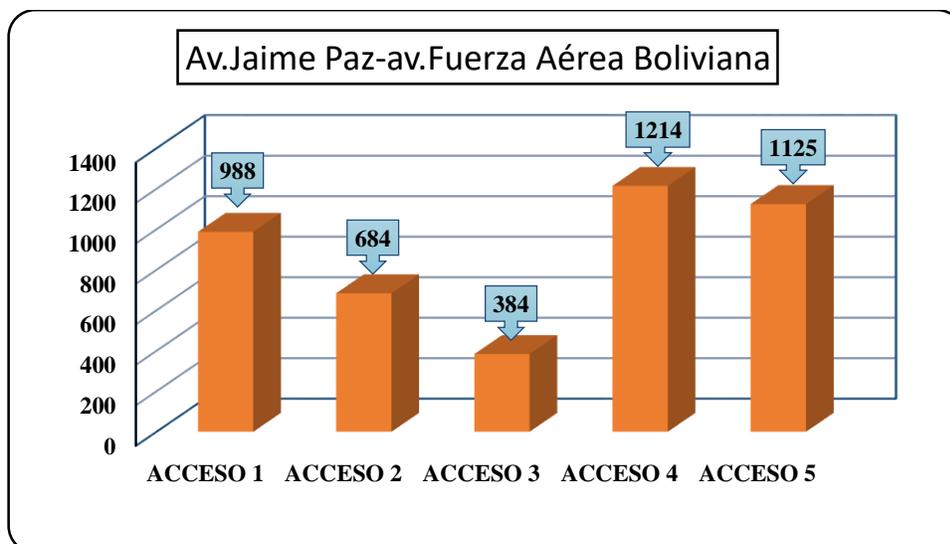
Para la evaluación del comportamiento de las rotondas permite rescatar las siguientes conclusiones:

- En este trabajo de aplicación se han cumplido los objetivos planteados debido a que se logró determinar los volúmenes de tráfico tanto para vehículos (livianos, medianos y pesado), estos nos proporcionaron información sobre la composición de los volúmenes de tráfico en todos los movimientos y giros de circulación de todas las rotondas en estudio, con esta información se determinó la composición vehicular, un periodo de conteo diario de 12 horas durante 3 días continuos correspondientes entre las fechas 03/09/2020 – 04/09/2020 en la zona de estudio.
- Luego de haber realizado los aforos diarios en las rotondas en estudio se concluyó que las horas pico para todo el sistema de rotondas fueron de 07:00 a 08:00, 12:00 a 13:00 y 18:00 a 19:00.

Variación vehicular durante 12 horas continuas rotonda más crítica av. Jaime

Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana





- En relación al punto anterior, se optó por seleccionar como rotonda representativa, para el análisis en las intersecciones, para cada acceso, considerando que es la rotonda con máximos volúmenes vehiculares.
- Se concluye, que en los accesos de rotondas las velocidades de recorrido oscilan entre el rango de 30 y 40 km/h valores que representan un aceptable desplazamiento y no un aumento en la densidad lo que está generando que la demanda de la vía no se aproxime a su capacidad. Si en el caso más desfavorable donde se está dando una reducción de menor velocidad aumenta la densidad experimentando demoras lo que generaría congestionamiento; para el caso específico una sobresaturación.

Tabla resumen de velocidades en los accesos a las rotondas

N°	Rotondas	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Acceso 5
1	Av. J. D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)	44.00	36.26	41.72	40.69	
2	Av. J. M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)	38.30	38.98	38.57	39.91	
3	Av. Los membrillos (c. Daniel Sossa-c. Ingavi)	40.58	36.43	41.05		
4	Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)	40.28	35.91	38.20	39.46	
5	Av. J. M. Belgrano (av. J. D. Echazu-Badén)	41.65	42.70	35.62	39.66	
6	Av. Circunvalación (av. Baldiviezo-av. Romero)	40.89	38.49	41.43	38.90	
7	Av. Ballivian (c. Perú-Cementerio)	38.62	38.20	39.70		
8	Av. Circunvalación-av. Colón	39.15	37.46	40.74	39.62	
9	Av. Héroes de la Independencia-av. Los Sauces	40.50	38.33	40.63		

10	Av. H.D. Independen. (av. El Erque-av. Los Molles)	40.55	44.55	40.06	33.74	34.38
11	Av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)	39.86	37.29	40.88	39.87	
12	Av. La Banda-Puente Bicentenario	40.44	38.08	40.22	38.28	
13	Av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío- c. Z. W. De Ruíz)	41.29	39.54	40.28	37.18	
14	Av. Gamoneda (av. santa cruz-c. J. Díaz-av. Romero)	40.65	36.04	36.40	40.13	36.76
15	Av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)	39.04	37.20	40.76	38.11	
16	Av. La Banda-av. Hnos. Uriondo	40.83	38.28	40.30		
17	Av. Circunvalación (av. Fuerza Aérea B.-Puente)	40.24	35.43	41.04	36.76	
18	Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	40.91	38.27	40.07	40.64	42.26
19	Av. Panamericana-c. Cochabamba	42.41	40.79	40.80		
20	Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pj. Azucena)	42.34	35.55	42.02	40.66	41.67
21	Av. La Banda-Puente Bolívar	40.55	40.90	34.03	40.64	
22	Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)	42.83	42.59	43.06		
23	Av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)	41.35	36.76	40.24	36.12	
24	Av. Edmundo Torrejón Cardoso-av. España	38.35	35.09	35.03		
25	Av. Los Callejones-av. Los Sauces	40.31	39.85	40.04		
26	Av. Integración-av. Jerusalén	41.31	37.65	37.80		
27	Av. Integración-av. Guadalquivir	40.98	37.86	36.15		
28	Av. Humberto Arce-c. Andrés Zamora	36.47	38.70	33.90	39.99	
29	Av. H. De la Indepen. (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)	38.48	33.88	40.25	39.80	
30	Av. Baldivezo-av. Fuerza Aérea Boliviana	37.21	30.81	35.97		

- Los principales parámetros analizados y evaluados para la situación actual fueron Capacidad y Nivel de Servicio. El nivel de servicio que brindan las vías de acceso a la intersección estudiada es de “D” y “C”, valor cualitativo que representa que en los accesos esta la calidad de servicio proporcionado por la infraestructura se encuentre en condiciones estables a críticas de circulación sobre todo en horas pico.

Tabla resumen de Capacidad y Nivel de Servicio en los accesos a las rotondas

Nº	Ubicación de rotondas	Capacidad de los accesos	N S de los accesos
1	Av. J. D. Echazu (Héroes del Chaco-Puente)	1490	D
2	Av. J. M. Belgrano (av. Los Membrillos-Badén)	1182	C
3	Av. Los membrillos (c. Daniel Sossa-c. Ingavi)	1538	C
4	Av. D. Zamora (c. Ernesto Trigo-av. Brasil)	1308	D
5	Av. J. M. Belgrano (av. J. D. Echazu-Badén)	1694	C

6	Av. Circunvalación (av. Baldíviezo-av. Romero)	1553	D
7	Av. Ballivian (c. Perú-cementerio)	1053	C
8	Av. Circunvalación-av. Colón	1001	D
9	Av. Héroe de la Independencia-av. Los Sauces	1306	C
10	Av. H.D. Independen. (av. El Erque-av. Los Molles)	1362	C
11	Av. Independencia (av. Hnos. Uriondo-Puente)	1851	D
12	Av. La banda-Puente Bicentenario	1894	C
13	Av. J. M. Avilez (c. Mario Cossío- c. Z. W. De Ruíz)	1715	C
14	Av. Gamoneda (av. Santa Cruz-c. J. Díaz-av. Romero)	725	C
15	Av. Circunvalación (av. J. D. Echazu-av. Las Vegas)	971	D
16	Av. La Banda-av. Hnos. Uriondo	1105	D
17	Av. Circunvalación (av. Fuerza Aérea B.-Puente)	1201	D
18	Av. Jaime Paz-av. Fuerza Aérea Boliviana	1056	D
19	Av. Panamericana-c. Cochabamba	1049	D
20	Av. Panamericana (av. Guadalquivir-pj. Azucena)	1004	C
21	Av. La Banda-puente Bolívar	1697	C
22	Av. Circunvalación (M. Font - Esmeralda)	1312	D
23	Av. Integración (c. Copacabana-c. Centro América)	1028	C
24	Av. Edmundo Torrejón Cardoso-av. España	1638	D
25	Av. Los Callejones-av. Los Sauces	858	C
26	Av. Integración-av. Jerusalén	1051	D
27	Av. Integración-av. Guadalquivir	1042	D
28	Av. Humberto arce-c. Andrés Zamora	908	D
29	Av. H. De la Indepen. (c. Manuel Rojas-av. Julio Arce)	970	C
30	Av. Baldíviezo-av. Fuerza Aérea Boliviana	1356	C

- El tipo de solución (corto, mediano y largo plazo) jugo un papel muy importante para el planteamiento de mejoras en las características físicas y componentes de una rotonda, como también un reordenamiento vehicular y peatonal.
- Teniendo en cuenta que la solución anterior mejora notablemente el tránsito, se hizo un análisis en el tiempo que determinó que estas medidas son sostenibles con el crecimiento del tránsito debido a que se ha analizado eficientemente las fallas, dándole solución a cada una de ellas. Si uno no entiende la problemática vial de las intersecciones, tiende a proponer soluciones cortoplacistas y que además son muy costosas.

- La solución recomendada que se concluye con esta tesis es aplicar la propuesta a mediano plazo ya que esta solución implica un ordenamiento vehicular y peatonal en calles que tengan que ver con las rotondas en estudio.

5.2 Recomendaciones

Habiendo realizado la presente evaluación del comportamiento en las rotondas con la finalidad de contribuir al mejor comportamiento se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda preparar previamente un plan logístico de la organización del personal de aforo y coordinar en conjunto la distribución de los puntos y tipos de vehículos que serán contados. Esto acompañado de una plantilla de conteo sencilla y que no dé lugar a confusiones, garantizará buenos resultados durante el procesamiento y análisis de la información obtenida.
- La preparación de la información obtenida en campo debe ser clara y ordenada, con la finalidad de no generar retrocesos durante la etapa de procesamiento y análisis de la información primaria. Esta recomendación también puede aplicar en el caso de la recolección de la información secundaria.
- El presente estudio ha sido enfocado en factibilidad técnica, por lo tanto, se recomienda que en futuras investigaciones se pueda desarrollar un diseño geométrico a detalle, el alcance de la tesis se basa en criterios técnicos, en evaluar alternativas de solución y que para implementarse también necesitan un análisis económico que las justifique.
- Para facilitar el trabajo correspondiente, se recomienda un programa o canal en donde se pueda registrar y almacenar el nivel del tráfico vehicular de todo el año, en periodos establecidos; así como también, registrar el nivel de servicio de las vías urbanas.
- Se recomienda realizar el estudio de tráfico exclusivo de los peatones, que son ellos los más vulnerables en el sistema de transporte urbano que se registra en la presente intersección estudiada, debido a la falta y precaria de señalización.
- Se recomienda la realización de nuevos estudios de tráfico, bajo el mismo concepto de la presente tesis, a fin de evaluar el volumen de tránsito en diferentes épocas del año. Esto debido a que el tránsito no es el mismo la temporada festiva y/o de vacaciones con temporadas de trabajo y escolaridad.

- Es importante la realización de estudios detallados definitivos en la zona de estudio para establecer las soluciones óptimas y que mejor se ajusten a la realidad de la ciudad de Tarija, teniendo en cuenta las características sociales, culturales y económicas de la zona estudiada.
- Se recomienda realizar campañas de capacitación del uso correcto de este tipo de intersecciones ya que mediante observación se evidencio que muchos de los conductores realizan maniobras que entorpecen el flujo vehicular, por ejemplo, entrecruzamientos erróneos lo que impide el paso de los vehículos de los demás carriles generando estancamientos.

