



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,**

**INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ACCIDENTABILIDAD**

**EN LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA CUATRO RÍOS DE**

**CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**DANIEL ALEJANDRO CABRERA ANDRADE**

**LEONEL ANDRÉS SÁNCHEZ MOLINA**

**DIRECTOR: ING. FRANCISCO JOSÉ DARQUEA CÓRDOVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ACCIDENTABILIDAD  
EN LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA CUATRO RÍOS DE  
CUENCA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**DANIEL ALEJANDRO CABRERA ANDRADE**

**LEONEL ANDRÉS SÁNCHEZ MOLINA**

**DIRECTOR: ING. FRANCISCO JOSÉ DARQUEA CÓRDOVA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2022**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



## Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

DANIEL ALEJANDO CABRERA ANDRADE y LEONEL ANDRÉS SÁNCHEZ MOLINA portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0105904270 y N° 0106808173. Declaramos ser los autores de la obra: “ANALISIS DE LOS FACTORES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA OPERACIÓN DEL TRANVIA CUATRO RIOS DE CUENCA”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 25 de abril de 2022



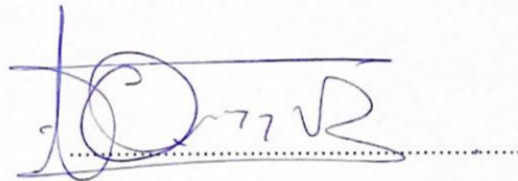
F: .....  
Daniel Alejandro Cabrera Andrade  
0105904270



F: .....  
Leonel Andrés Sánchez Molina  
0106808173

## CERTIFICACIÓN

En mi condición de director del trabajo de titulación, yo Ing. Francisco Darquea Córdova certifico que el presente trabajo "ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA OPERACIÓN DEL TRANVIA CUATRO RIOS DE CUENCA" fue elaborado en su totalidad por los autores Daniel Alejandro Cabrera Andrade y Leonel Andrés Sánchez Molina bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.



Ing. Francisco Darquea Córdova

## **DEDICATORIA**

*Dedico el presente trabajo de titulación a mis padres, hermanos y familiares cercanos, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación educativa.*

*Daniel Cabrera A.*

*Quiero dedicar este trabajo de titulación a mis padres y a mi hermano, quienes, durante toda mi etapa universitaria, supieron apoyarme incondicionalmente y brindarme la motivación necesaria para cumplir con mis metas.*

*Leonel Sánchez M.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco al personal docente, cuya labor y conocimientos transmitidos a lo largo de mi proceso de enseñanza universitaria servirán como cimientos fundamentales para mi futuro desenvolvimiento en mi vida profesional, de igual manera quiero extender un especial agradecimiento al ingeniero Francisco Darquea por formar parte como docente tutor del presente trabajo de titulación.*

*Daniel Cabrera A.*

*Quiero agradecer a todos los docentes quienes, a lo largo de la carrera, supieron aconsejarme y encaminarme hacia un mejor desenvolvimiento como estudiante y como persona. Y de manera especial quiero agradecer al Ingeniero Francisco Darquea y a la Ingeniera Paola Delgado por guiarnos en todos los procesos para la finalización del trabajo de titulación.*

*Leonel Sánchez M.*

## **Resumen**

El Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca es el modelo de transporte público más reciente en la ciudad, desde su implementación en el año 2019, se ha visto involucrado en múltiples accidentes con vehículos particulares, esto representa una problemática de interés para las autoridades competentes y para la ciudadanía en general, debido a que los diferentes siniestros de tránsito generan grandes repercusiones económicas, además de atentar hacia la seguridad de las personas involucradas. El presente trabajo de titulación tiene por objetivo la determinación de los principales factores que influyen en la accidentabilidad del Tranvía, para ello, se realizó un estudio del registro de accidentes obtenido a través de la empresa municipal encargada, con el cual, se logró determinar dos intersecciones de mayor y menor índice de accidentabilidad para su posterior análisis comparativo. Dentro de este análisis se contrastó los diferentes valores de TPDA obtenidos, los niveles de servicio, las secciones tipo y la señalización existente en cada una de ellas.

Conjuntamente con la obtención de los factores presentes en la accidentabilidad, se generó un estudio de la opinión ciudadana acerca del Tranvía mediante la realización de encuestas a usuarios del sistema tranviario y moradores cercanos a las intersecciones escogidas. Adicional a ello, se evaluó los resultados del antes y el después de la implementación de una semaforización auxiliar, como una medida planteada por parte de la empresa municipal encargada para la reducción de accidentes.

La presente obra pretende brindar al lector una clara noción acerca de la accidentabilidad en cada una de las zonas analizadas.

*Palabras Clave:* accidentabilidad, tráfico, tranvía, redondel, señalización

## **Abstract**

The Cuatro Ríos de Cuenca Tram is the city's most recent public transportation model. Since its implementation in 2019, it has been part of multiple accidents with private vehicles, representing a problem of interest for the competent authorities and the citizens in general because the different traffic accidents generate significant economic repercussions, besides threatening the safety of the people involved. This thesis aims to determine the main factors that influence the accident rate of the tram. To this end, a study of the accident record obtained from the municipal company in charge was developed, with which two intersections with the highest and lowest accident rates were determined for subsequent comparative analysis. Within this analysis, the different obtained values of AADT (by its English acronym: Annual Average Daily Traffic), the level of service, the typical sections, and the present signalling in each of them were contrasted.

A study of the citizen's opinion about the tram, through surveys to users of the tramway system and residents living near the selected intersections, was generated in cooperation with the obtained present factors in the accident rate. Additionally, the results of the situation before and after implementing the auxiliary traffic light system, as a raised measure to reduce accidents on the part of the municipal company in charge, were evaluated.

This thesis aims to provide the reader with a clear concept of the accident rate in each analysed area.

*Keywords:* accident rate, traffic, tram, roundabout, signalling

## Tabla de contenido

<b>1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PROBLEMÁTICA .....	2
1.3 ANTECEDENTES .....	4
1.4 RESEÑA HISTÓRICA DE LA CIUDAD DE CUENCA .....	5
1.4.1 Datos y Estadísticas de la ciudad de Cuenca.....	7
1.5 OBJETIVOS.....	8
1.5.1 Objetivo General .....	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
<b>2. CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>9</b>
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE .....	9
2.1.1 Definiciones:.....	10
2.2 Cálculo del factor horario de máxima demanda (FHMD).....	16
2.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	16
2.3.1 Factor de ajuste Horario y Factor de ajuste Diario. ....	17
2.3.2 Factor de ajuste horario.....	18
2.3.3 Factor de ajuste diario .....	19
2.3.4 Factor de ajuste semanal.....	20
2.3.5 Factor de ajuste mensual.....	20
2.4 NIVEL DE SERVICIO .....	22
2.4.1 Metodología para la obtención de niveles de servicio en las vías .	22
2.4.2 Relación Volumen/capacidad de la vía (vc).....	24
2.4.3 Factor de ajuste de distribución direccional “FD” .....	24
2.4.4 Factor de ajuste por efecto combinado de carriles Angosto y Hombros Restringidos “FW” .....	25
2.4.5 Factor de ajuste por automóviles equivalentes “FHV” .....	25
2.5 ACCIDENTABILIDAD EN TRÁNSITO Y TRANSPORTE.....	27
2.5.1 La Trilogía Vial .....	29
2.5.2 Causas de los accidentes de tránsito.....	31
2.5.3 Tipos de Accidentes de Tránsito.....	32
2.5.4 Accidentes de tránsito en el mundo .....	42
2.5.5 Accidentes de tránsito en el Ecuador .....	43
2.5.6 Accidentes de tránsito en la ciudad de Cuenca.....	51
2.6 EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE CUENCA	52
2.6.1 Línea de tiempo .....	57

2.7	EL TRANVÍA .....	59
2.7.1	<i>Los Sistemas de Transporte LRT (Light Railway Transit)</i> .....	59
2.7.2	<i>Tipos de Tranvías</i> .....	60
2.8	TRANVÍA CUATRO RÍOS DE CUENCA .....	62
2.8.1	<i>Antecedentes</i> .....	62
2.8.2	<i>Aspectos Operacionales del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca</i> .....	65
2.8.3	<i>Modelo de vagón Citadis 302</i> .....	66
2.8.4	<i>Sistema Intermodal de Transporte</i> .....	69
2.8.5	<i>Intermodalidad Aplicada en el Tranvía de Cuenca</i> .....	70
2.8.6	<i>Sistema de Alimentación por LAC</i> .....	71
2.8.7	<i>Sistema de Alimentación por APS</i> .....	72
2.8.8	<i>Análisis de la Ruta del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca</i> .....	73
2.9	REGISTRO DE ACCIDENTES DEL TRANVÍA CUATRO RÍOS DE CUENCA.....	73
2.9.1	<i>Análisis del Registro de Accidentes por su Tipología.</i> .....	74
2.9.2	<i>Análisis del Registro de Accidentes por su Tipo de Vehículo.</i> .....	75
2.9.3	<i>Análisis del Registro de Accidentes por su Causa más frecuente.</i> .	76
2.9.4	<i>Análisis de Índices de accidentabilidad en la ruta del Tranvía.</i> ....	79
2.10	INTERSECCIÓN: REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR.....	80
2.11	TPDA DE LAS CALLES QUE INTERSECTAN AL REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR	82
2.11.1	<i>Cálculo de TPDA y FHMD en las intersecciones del Redondel Simón Bolívar</i>	82
2.12	CÁLCULO DE LOS NIVELES DE SERVICIO EN EL REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR	87
2.13	LEVANTAMIENTO CON DRON.....	99
2.14	ACCIONES TOMADAS POR LA EMPRESA TRANVÍA PARA DISMINUIR LA ACCIDENTABILIDAD .....	99
2.14.1	<i>Implementación de la semaforización auxiliar en el redondel Simón Bolívar</i>	100
2.14.2	<i>Tipo de Semaforización</i> .....	102
2.14.3	<i>Implementación de la Semaforización</i> .....	103
2.15	INTERSECCIÓN: REDONDEL CHOLA CUENCANA .....	104
2.16	TPDA DE LAS CALLES QUE INTERSECTAN AL REDONDEL CHOLA CUENCANA	106
2.16.1	<i>Cálculo de TPDA y FHMD en las intersecciones del Redondel Chola Cuencana</i>	106
2.16.2	<i>Cálculo niveles de servicio redondel De La Chola Cuencana</i> .....	112
2.17	ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN .....	128
<b>3.</b>	<b>CAPITULO III: ANÁLISIS CRÍTICO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>129</b>
3.1	ESTUDIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS.....	129
3.1.1	<i>Encuesta realizada hacia los usuarios del Tranvía</i> .....	129

3.1.2	<i>Encuesta realizada hacia los moradores del Tranvía – redondel Simón Bolívar</i>	132
3.1.3	<i>Encuesta realizada hacia los moradores del Tranvía – redondel Chola Cuencana</i>	137
3.2	COMPARATIVA ENTRE INTERSECCIONES	142
3.2.1	<i>Análisis comparativo de TPDA en las intersecciones del redondel Simón Bolívar y el redondel de La Chola Cuencana</i>	142
3.2.2	<i>Análisis comparativo de los Niveles de Servicio las intersecciones del redondel Simón Bolívar y el redondel de La Chola Cuencana</i>	143
3.2.3	<i>Análisis comparativo de la señalización vehicular en las intersecciones del redondel Simón Bolívar y el redondel de la Chola Cuencana</i>	144
3.2.4	<i>Análisis comparativo de las secciones tipo en las intersecciones del redondel Simón Bolívar y Chola Cuencana</i>	150
	Intersección “Redondel Simón Bolívar”	151
	Intersección Redondel Chola Cuencana	151
3.3	FACTORES QUE PRODUCEN ACCIDENTABILIDAD EN LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA CUATRO RÍOS DE CUENCA	153
3.3.1	<i>Señalización Vehicular</i>	154
3.3.2	<i>Reducción de carriles para el paso del Tranvía</i>	154
3.3.3	<i>Valores de TPDA obtenidos</i>	155
3.3.4	<i>Irrespeto a las Señales de Tránsito – Actitud de la ciudadanía frente a las normas de tránsito</i>	155
3.3.5	<i>Niveles de servicio</i>	156
3.4	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN SEMAFÓRICA AUXILIAR	156
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>171</b>
4.1	CONCLUSIONES	171
4.2	RECOMENDACIONES	174
4.2.1	<i>Medidas correctivas</i>	174
4.2.2	<i>Rutas alternas</i>	175
4.2.3	<i>Educación vial</i>	175
4.2.4	<i>Calibración de la semaforización</i>	176
4.2.5	<i>Señalización inclusiva para personas con discapacidad y para ciclistas</i>	176
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>177</b>
	<b>ANEXO N° 1: REGISTRO DE ACCIDENTES - TRANVÍA</b>	<b>182</b>
	<b>ANEXO N° 2: CÁLCULO DEL TPDA</b>	<b>184</b>
	<b>ANEXO N° 3: ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN</b>	<b>215</b>
	<b>ANEXO N° 4: LÁMINAS</b>	<b>225</b>

# **1. Capítulo I: Generalidades**

## **1.1 Introducción**

En la ciudad de Cuenca, la necesidad de contar con un servicio de transporte público seguro y eficiente para la población ha ido aumentando desde hace varios años, es por esto que las autoridades encargadas de la movilidad y transporte decidieron en el año 2013, realizar la implementación de un sistema de transporte público tranviario que funcione cumpliendo una ruta por la ciudad y que ayude a disminuir la carga de pasajeros en el sistema de buses.

Debido a varios factores, entre los que se pueden destacar el cambio de contratista durante el proceso de construcción y las demoras en los plazos establecidos, el Tranvía alargó su plazo de entrega hasta el año 2019, luego de pasar por varias etapas de prueba. Desde los primeros recorridos realizados por el Tranvía de Cuenca, este se ha visto afectado por factores que inciden en su accidentabilidad dentro de las diferentes intersecciones de su ruta.

En este trabajo de titulación se estudiarán los diversos factores que producen y están más presentes en la accidentabilidad del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca, mediante el análisis comparativo de dos intersecciones, de condiciones similares, que han presentado el mayor y menor índice de accidentabilidad respectivamente desde la implementación del sistema tranviario, con el motivo de determinar todas las diferencias que producen que una intersección tenga más accidentes que otra.

Para el desarrollo de este análisis comparativo se procederá al estudio por separado de ambas intersecciones mediante la determinación de su TPDA, el análisis de señalización presente en los redondeles, el nivel de satisfacción de los moradores y la

obtención de las características que influyen de manera directa en la accidentabilidad de las mismas, como la reducción de carriles de ingreso o el volumen vehicular en horas pico. Además, se procederá a realizar un análisis del antes y después de la implementación de soluciones de semaforización auxiliar generadas por la empresa municipal encargada de la operación del Tranvía, para de esta manera, poder determinar el desempeño de los conductores ante la señalización existente y como puede mejorar con semaforización extra y si esta ayuda a disminuir los índices de accidentabilidad en las intersecciones.

Una vez realizado el análisis de las intersecciones y la determinación de los factores que producen la accidentabilidad, se plantearán, teóricamente, soluciones que busquen reducir los accidentes en la ruta tranviaria, teniendo en cuenta las opiniones y el nivel de satisfacción de los moradores de las zonas colindantes al Tranvía, las soluciones anteriormente implementadas por la empresa encargada, y los resultados obtenidos del análisis comparativo de intersecciones, los análisis de señalización y de desempeño de conductores.

Finalmente, se espera que este trabajo de titulación nos brinde resultados claros y precisos sobre cuáles son los factores más influyentes dentro de la accidentabilidad del sistema tranviario, y así poder determinar las alternativas que conviertan al Tranvía en un sistema de transporte público más amigable con el tráfico de la ciudad.

## **1.2 Problemática**

Desde que empezó a circular en fases de prueba en el año 2018, el Tranvía de la ciudad de Cuenca se ha visto afectado en accidentes de tránsito en las diferentes intersecciones a lo largo de su ruta. Esto representa un gran problema para las autoridades encargadas de la operación del mismo y para la ciudadanía en general, ya que, además de

la repercusión económica, cualquier accidente de tránsito puede traer consecuencias fatales para las personas involucradas.

Dentro de los accidentes ocurridos hasta el año 2021, se puede observar que existen varios problemas que se presentan en las diferentes intersecciones de la ruta tranviaria, entre los más repetidos se pueden destacar los giros indebidos al momento del paso del Tranvía, los adelantamientos cuando el semáforo del Tranvía está en rojo y el estacionamiento de los vehículos sobre las vías del sistema tranviario debido a la congestión vehicular. Estos problemas están muy relacionados al nivel de servicio y condiciones en las que operan las diferentes intersecciones del Tranvía, es por esto que se pueden observar diferentes niveles de accidentabilidad de una intersección a otra.

Es importante destacar que el sistema tranviario funciona de tal manera que los vagones viajan a lo largo de una ruta por toda la ciudad, en la que, al momento del cruce por cualquier intersección, la semaforización cambia para dar preferencia al mismo y hacer que los vehículos se detengan. Esto disminuye considerablemente la responsabilidad del Tranvía en los accidentes ocurridos ya que, al ser la señalización preferencial para el sistema tranviario, se puede determinar que son los vehículos particulares quienes invaden su ruta y producen la mayoría de los accidentes que se han suscitado hasta el momento, de igual manera dentro de este análisis se contemplará los diversos accidentes que la unidad ha tenido no solo con vehículos particulares si no de cualquier tipo y naturaleza.

Es necesario mencionar que conducir en exceso de velocidad, irrespetar las señales de tránsito o en estado de embriaguez, son factores que propician un accidente de tránsito, y muchos de estos factores han sido ya un agente clave para que se hayan producido diversos accidentes con el Tranvía de Cuenca.

### **1.3 Antecedentes**

El modelo de transporte más moderno y a la vez más controversial que opera en la ciudad de Cuenca hasta la fecha es el “Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca” o también conocido como Tranvía de Cuenca; se trata de una unidad tranviaria impulsada con energía eléctrica, posee rieles y se desplaza por la ciudad mediante un sistema intermodal de alimentación por piso APS y una línea aérea de contacto LAC.

El Tranvía de Cuenca recorre la ciudad en una ruta establecida no variable que va desde el suroeste al noreste de la ciudad siendo su primera estación conocida como “Rio Tarqui” y su última estación denominada “Parque Industrial”, en total recorre 20,4 km de ida y vuelta, además de contar con 27 paradas en total.

Antes de su inauguración oficial, se realizaron pruebas en las que el Tranvía circulaba con pocos vagones por la ciudad, a finales del año 2018 se pudo evidenciar el primer accidente de tránsito que tendría el Tranvía mientras realizaba una prueba de circulación, fue el inicio de una serie de accidentes que posteriormente tendría este medio de transporte contabilizando un total de 43 accidentes entre los años 2019, 2020 y 2021.

El Tranvía ha tenido accidentes en varias intersecciones de la ciudad, resultando ser las más conflictivas el Redondel Simón Bolívar, las intersecciones con la calle Hermano Miguel y con la calle Sebastián de Benalcázar.

En el presente trabajo de titulación se realizará un estudio comparativo de dos intersecciones a nivel de accidentabilidad en la movilidad, la intersección escogida como “Vulnerable” fue el redondel Simón Bolívar, redondel en el cual el Tranvía ha registrado hasta la fecha tres accidentes de tránsito, la segunda intersección que catalogaremos de “Poco Vulnerable” será el redondel Chola Cuencana, debido a que solo se ha evidenciado un accidente en la zona.

Durante la ejecución del proyecto tranviario se intervino las calles Gran Colombia y Mariscal Lamar pertenecientes al Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, durante su construcción se imposibilitó la movilidad hacia estas calles de la ciudad, esto provocó que varios ciudadanos cierren sus puestos de negocio y que el Tranvía genere una primera mala impresión y por ende un rechazo por parte de la comunidad.

A lo largo de su fase de ejecución el proyecto tranviario paso por la administración de tres alcaldías, inicialmente en el año 2013 el proyecto fue comunicado hacia la ciudadanía generando grandes expectativas en la comunidad cuencana, para pasar posteriormente a su etapa constructiva en los siguientes años; luego paso por la alcaldía del Ing. Marcelo Cabrera para finalmente ponerse en circulación en la alcaldía del Ing. Pedro Palacios.

#### **1.4 Reseña histórica de la ciudad de Cuenca**

La ciudad de Cuenca también conocida como la “Atenas del Ecuador”, es una ciudad perteneciente a la región andina del Ecuador, catalogada como “Patrimonio Cultural de la Humanidad” por la UNESCO en el año 1999. Es la ciudad capital de la provincia del Azuay, cuenta con 603.269 habitantes según datos proporcionados por el INEC 2018, además de ser la tercera ciudad más poblada del país.

La historia de la ciudad de Cuenca se remonta mucho antes de la llegada de los colonizadores españoles, antes de ese acontecimiento la ciudad originalmente pertenecía a un asentamiento Cañari y era conocida bajo el nombre de Guapondelig que en la lengua cañari significa “llanura amplia como el cielo” fundada alrededor del año 500 d.C.

A menos de medio siglo antes de la llegada de los españoles, la ciudad fue conquistada luego de una extensa lucha por el imperio Inca, a pesar de ello los avances

de los Cañaris tanto en astronomía como en agricultura fueron absorbidos por la cultura Inca como usualmente pasa cuando se conquistan otras culturas (ecuadorexplorer, 2015).

Luego de la conquista de los Cañaris a manos de la cultura Inca, su comandante llamado Túpac Yupanqui ordenó la construcción de una gran ciudad llamada “Pumapungo” cuyo significado es “La puerta del Puma”, además se cambió el nombre de la ciudad de Guapondelig por el de Tumipamba o Tomebamba. La ciudad empezaría en ese entonces a ser conocida como el centro administrativo del norte del imperio Inca.

La ciudad de Tomebamba posteriormente sería abandonada por los incas quedando escasamente poblada durante la década de 1550, luego el 12 de abril de 1557 el conquistador español Gil Ramírez Dávalos bajo la compañía de un grupo de españoles, refundó una ciudad con el nombre de Cuenca, en honor a la ciudad española de Cuenca.

Con el objetivo de obtener la libertad e independencia, se produjeron ciertos conflictos armados, sin embargo, todos ellos fueron controlados y apaciguados por la milicia española, hasta el 3 de noviembre de 1820, año en que el alcalde de ese entonces el Dr. José María Vásquez de Noboa, ordenó publicar unas Reales Ordenes Españolas, mientras se leía el mando en una esquina de la ciudad, nueve patriotas en complot con Vásquez se tumbaron sobre la escolta desarmándola a la fuerza, a este acontecimiento se unieron muchas personas de los asentamientos de Guacaleo, Chordeleg y Azogues que participaron del acto heroico, dicho acto desataría un enfrentamiento por la toma de la ciudad (goraymi.com, 2020).

Los conflictos armados entre los patriotas y la milicia española se intensificaron constantemente hasta que finalmente en la tarde del 4 de noviembre compatriotas de la población de Chuquipata llegaban a la ayuda en contra de las fuerzas españolas, con dicha ayuda los patriotas lograron vencer a las tropas españolas en el sector conocido como Verdeloma.

Posteriormente a ese conflicto, la ciudad de Cuenca volvería a caer bajo las manos de las tropas españolas, pero dos años más tarde el 24 de mayo de 1822 Simón Bolívar manda refuerzos colombianos al mando del general Antonio José de Sucre, donde se produciría la independencia definitiva de la ciudad de Cuenca al ganar el enfrentamiento.

Cuenca es conocida por sus edificios coloniales, sus calles adoquinadas y sus ancestrales catedrales, donde se realiza la cultura religiosa que guarda la ciudad. En la actualidad Cuenca es un gran atractivo turístico visitado por personas de todas partes del mundo.



Figura 1: Foto ganadora del concurso "Somos Patrimonio-Tranvía Cuenca" – fuente: Revista Somos

Patrimonio

#### 1.4.1 Datos y Estadísticas de la ciudad de Cuenca

- **Nombre Completo:** Santa Ana de los cuatro ríos de Cuenca
- **Alcalde:** Ing. Pedro Palacios (alcalde actual)
- **Superficie:** 157,3 hab/Km<sup>2</sup>
- **Altitud:** 2500 m. s. n. m
- **Población:** 603.269 hab
- **Densidad:** 4673,86 hab/Km<sup>2</sup>
- **Fundación:** 12 de abril de 1557 (464 años)
- **Independencia:** 3 de noviembre de 1820 (201 años)

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- 1. Determinar los factores que ocasionan la accidentabilidad en el sistema de transporte público “Tranvía cuatro ríos de Cuenca”, mediante conteos vehiculares, encuestas dirigidas hacia los usuarios y moradores, análisis de los niveles de servicio y revisión de la normativa vigente, con el fin de proponer acciones correctivas frente a la problemática evidenciada.*

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- 1. Analizar la evolución del transporte público de la ciudad de Cuenca hasta la incorporación del Tranvía.*
- 2. Determinar las intersecciones dentro de la ruta del Tranvía de la ciudad de Cuenca con los mayores y menores índices de accidentabilidad.*
- 3. Generar encuestas de satisfacción que recopilen información acerca de la opinión ciudadana con respecto a los accidentes ocurridos en el Tranvía hasta la actualidad.*
- 4. Determinar los niveles de servicio actuales en las intersecciones analizadas.*
- 5. Correlacionar los niveles de servicio de las intersecciones escogidas con la accidentabilidad ocurrida en las mismas.*
- 6. Analizar los aspectos operacionales del Tranvía de la ciudad de Cuenca*
- 7. Obtener datos probabilísticos acerca de la accidentabilidad ocurrida en el Tranvía de la ciudad de Cuenca a lo largo de su ruta.*
- 8. Evaluar la implementación de semaforización auxiliar situada en el redondel Simón Bolívar.*

9. *Realizar conteos de tráfico vehicular en las intersecciones pertenecientes a la ubicación de la semaforización auxiliar.*
10. *Determinar las principales características de las calles que convergen hacia el redondel Simón Bolívar.*
11. *Identificar el comportamiento de los conductores frente a la señalización y normas de tránsito en el redondel Simón Bolívar*
12. *Proponer acciones que ayuden a disminuir la accidentabilidad ocurrida en el Tranvía de la ciudad de Cuenca.*

## **2. Capítulo II: Fundamentos Teóricos y Levantamiento de Información**

### **2.1 Conceptos básicos de Tránsito y Transporte**

La ingeniería de tránsito es como se denomina a aquella rama de la ingeniería dedicada al estudio de los sistemas viales, flujos vehiculares, aspectos operacionales, así como también su evolución a lo largo del tiempo, estudiando y resolviendo distintos problemas relacionados a la circulación de distintos medios de transporte. La ingeniería de tránsito surge a raíz de subsanar una creciente demanda de circulación vehicular, con el objetivo de lograr obtener sistemas viales eficientes y seguros, eliminando en su mayoría la congestión vehicular.

Con la aplicación de la ingeniería de tránsito en la movilidad urbana se ha podido demostrar que es posible vigilar, educar y controlar de manera satisfactoria los usuarios de los diferentes medios de transporte ya sean camiones, buses, carros o incluso bicicletas, logrando una circulación más sustentable.

Es necesario y fundamental antes de entrar en temas de transporte y movilidad, conocer los principales conceptos que se utilizan en esta rama de la ingeniería civil; a continuación, definiremos algunos conceptos claves dentro de la ingeniería de tránsito que serán utilizados posteriormente dentro de este trabajado de titulación.

Como punto principal cabe mencionar que el tránsito compone una parte, o una fase muy importante dentro del transporte (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).

Antes de profundizar en las distintas definiciones que conlleva hablar de tránsito y transporte, debemos tener claro que la ingeniería de tránsito es aquella fase que se desprende de la ingeniería de transporte, dedicada a la planeación y operación del tránsito, cuyo ámbito se desenvuelve en calles, carreteras, redes, terminales, y demás, mediante la utilización de diferentes medios de transporte. Por otra parte, la ingeniería de transporte, cuyo estudio abarca la ingeniería de tránsito, se dedica a brindar especial interés a la aplicación de principios tecnológicos y científicos dirigidos a la planeación, operación y administración de cualquier modo de transporte, con el objetivo de ofrecer una movilización tanto de personas como de objetos de manera eficiente, segura, cómoda, rápida y amigable con el medio ambiente (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).

### **2.1.1 Definiciones:**

- **Tránsito:** Se denomina como tránsito a la acción de transitar por diferentes medios de transporte de un punto A, a un punto B, mediante una zona o lugar establecido.
- **Transitar:** Acción de movilizarse de un lugar a otro por medio de vías, calles, caminos, o carreteras establecidas.

- **Transporte:** También puede conocerse como “transportación”, este concepto hace alusión a la acción de transportarse o movilizarse mediante cualquier medio de transporte.
- **Tráfico:** Se denomina tráfico al fenómeno que se produce cuando surge la movilización tanto de vehículos como de personas por medio de calles, caminos o carreteras previamente establecidas, mediante cualquier medio de transporte.
- **Transportar:** Llevar a una persona o cosa de un lugar a otro por medio de un medio de transporte, trasladar a una persona o cosa de un lugar a otro por medio de un precio convenido (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).
- **Movilidad:** Es la capacidad que poseen las personas para transportarse ellas mismas y o materiales de un lugar a otro mediante la utilización de diferentes medios de transporte.
- **Camino:** Se denomina camino a una franja de terreno destinada a la circulación o transporte de personas o cosas que por lo general no se encuentra pavimentada.
- **Vía:** Espacio destinado a la conexión de dos lugares por donde se produce la circulación tanto de vehículos como de personas.
- **Calle:** Vía por la cual se pueden transportar tanto personas como vehículos, cuyos lados se encuentran limitados por bloques o filas de edificaciones.
- **Carretera:** Ruta o vía de transporte de dominio público destinada a la movilización de vehículos.
- **Ruta:** Camino preestablecido que conecta dos lugares distintos.
- **Vehículo:** Medio de transporte destinado al transporte de personas o materiales, con o sin propulsión propia que sigue un camino (Cruz & Virviescas, 2018).
- **Niveles de servicio:** Se denomina niveles de servicio a una medida cualitativa que describe las condiciones de operación por parte de los conductores o pasajeros,

los niveles de servicio hacen referencia a las condiciones que se producen en relación a distintas variables como la velocidad, tiempos de recorrido, comodidad para el usuario, maniobrabilidad, y seguridad vial (Montesdeoca & Vásquez, 2015).

- **Terminales:** Se denominan terminales a los diferentes puntos donde el viaje comienza o termina, o bien donde se produce el intercambio de unidades o modos de transporte.
- **Transporte intermodal:** Es un sistema de transporte, el cual consiste en la movilización de unidades de carga mediante diferentes mecanismos.
- **Transporte multimodal:** Hace referencia al transporte de unidades de carga (personas o cosas), mediante la utilización de diferentes medios de transporte interconectados entre sí.
- **Unidades transportadoras:** Se denomina como unidades transportadoras a todo aquel medio de transporte capaz de movilizar personas u objetos de un lugar a otro.
- **Peatón:** Aquella persona que se moviliza a pie a lo largo de una vía pública.
- **Conductor:** Persona dedicada al manejo de un determinado medio de transporte.
- **Tráfico Promedio Diario:** Por sus siglas en español, TPD, hace referencia a la cantidad promedio de vehículos que cruzan por una determinada vía en el periodo de un día.
- **Tráfico Promedio Diario Anual:** Por sus siglas en español, TPDA, hace referencia a la cantidad promedio de vehículos que cruzan por una determinada vía en el periodo de un día, abarcando un año completo.

- **Tráfico Promedio Diario Mensual:** Por sus siglas en español, TPDM, hace referencia a la cantidad promedio de vehículos que cruzan por una determinada vía en el periodo de un mes (30 días).
- **Tráfico Promedio Diario Semanal:** Por sus siglas en español, TPDS, hace referencia a la cantidad promedio de vehículos que cruzan por una determinada vía en el periodo de una semana (7 días).
- **Volumen Horario Máximo Anual:** Por sus siglas en español, VHMA, se define como el máximo volumen que puede suscitarse en un punto o sección de un carril o una calzada en el lapso de un año, se entiende como la hora de mayor volumen dentro de las 8760 horas que contiene un año (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).
- **Volumen Horario de Máxima Demanda:** Por sus siglas en español, VHMD, hace referencia al máximo número de vehículos que circulan por un punto determinado de una vía en un lapso de 60 minutos consecutivos (una hora), dicho volumen se entiende como el máximo representativo de demanda que puede ocurrir en un día en particular (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).
- **Tránsito Anual:** Por sus siglas en español, TA, hace referencia al número total de vehículos que circulan por una vía en un año  $T = 1 \text{ año}$ .
- **Tránsito Mensual:** Por sus siglas en español, TM, hace referencia al número total de vehículos que circulan por una vía en un mes  $T = 1 \text{ mes}$ .
- **Tránsito Semanal:** Por sus siglas en español, TS, hace referencia al número total de vehículos que circulan por una vía en una semana  $T = 1 \text{ semana}$ .
- **Tránsito Diario:** Por sus siglas en español, TD, hace referencia al número total de vehículos que circulan por una vía en un día  $T = 1 \text{ día}$ .

- **Tránsito Horario:** Por sus siglas en español, TH, es el número total de vehículos que circulan por una vía en el lapso de una hora  $T = 1 \text{ hora}$ .
- **Velocidad de circulación:** Es la velocidad con la que los vehículos circulan, generalmente suele medirse en kilómetros por hora ( $km/h$ )
- **Volumen de tránsito:** Se define como el número de vehículos o peatones que circulan por un punto en un tiempo específico (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).
- **Congestión Vehicular:** La congestión vehicular hace referencia a la cantidad elevada de vehículos que circulan por una determinada vía, cuyo movimiento se describe como lento y variable, sin embargo, una definición más apreciable a nivel de ingeniería de tránsito sería por ejemplo que la congestión vehicular es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta la demora de los demás en más de una  $x$  cantidad de tiempo, definición que podemos apreciarla en la obra “*La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*”, escrito por Ian Thomson y Alberto Bull en 2002 (Díaz & Sarango, 2020).
- **Flujo de tránsito o Flujo vehicular:** Se define como el número de vehículos que atraviesan una determinada sección de una vía por unidad de tiempo, también puede definirse como la velocidad por hora equivalente a la que los vehículos pasan por un determinado punto de un carril durante un intervalo de tiempo considerable menor a una hora (generalmente 15 minutos) (Díaz & Sarango, 2020).
- **Tasa de flujo:** En tránsito podemos definir a la tasa de flujo como la frecuencia con la que vehículos y personas pasan por un determinado punto en un tiempo

específico (menor a una hora), generalmente se lo expresa como una “*tasa horaria equivalente*”.

- **Demanda Vehicular:** La demanda vehicular hace referencia a la cantidad de vehículos que pasan o circulan por un punto determinado en un tiempo específico, se entiende que, si la cantidad de vehículos que circulan por un punto específico en un corto lapso de tiempo es alta, se produce una congestión vehicular y por ende quiere decir que la demanda vehicular en ese punto es alta.
- **Capacidad Vehicular:** Es la característica de un sistema vial para ofertar un servicio, es decir, la capacidad vehicular se define como la cantidad de vehículos que esperan ser servidos en un determinado sistema vial. El volumen actual nunca deberá ser mayor que su capacidad vial, sin embargo, existen situaciones en las que esto puede llegar a ocurrir si su capacidad vial se estima o se calcula mediante algún procedimiento y no con observaciones directas en campo (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).
- **Factor de la hora de máxima demanda (FHMD):** Este factor se define como la relación entre el volumen horario de máxima demanda “VHMD” y el volumen máximo que se presenta durante un periodo dado dentro de dicha hora, estos periodos pueden ser de 5, 10 o 15 minutos, siendo este último el de mayor frecuencia, el volumen máximo durante un periodo dado debe ser multiplicado por cuatro, a menos que se escoja un periodo de 5 minutos, cuyo valor es multiplicado por 12 (Cal, Reyes, & Cárdenas, 2006).

## 2.2 Cálculo del factor horario de máxima demanda (FHMD)

El factor horario de máxima demanda se obtendrá mediante la relación del Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD), y el máximo flujo en periodos de 15 minutos, obtenidos a partir de un conteo vehicular (Moncayo & Castillo, 2021). La ecuación utilizada para determinar este factor es la siguiente:

$$FHMD = \frac{VHMD}{4 * \text{Máximo flujo en periodos de 15 min}} \quad (1)$$

Donde:

FHMD: Factor Horario de Máxima Demanda.

VHMD: Se define como el máximo volumen horario de un conteo vehicular.

## 2.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El TPDA o Tráfico Promedio Diario Anual como mencionamos en su definición es la cantidad promedio de vehículos que cruzan por un determinado punto de una vía, registrado por todo un año.

La forma más recomendable de obtener el valor de TPDA es mediante la obtención de conteos automáticos que se hayan realizado en el lugar de interés; sin embargo, a veces obtener este tipo de conteos no es posible debido a cuestiones económicas y tiempo de ejecución.

El método más eficiente para determinar el TPDA es a través de conteos cortos, debido a que este tipo de conteos brinda amplias ventajas económicas descartando la edición de datos y largos aforos costosos, esto ha permitido que gran cantidad de proyectos de tránsito y transporte sean efectuados, con conteos cortos, es decir, inferiores a 24 horas (Gordillo & Miguitama, 2018).

Para obtener el TPDA de un determinado punto de una vía, es necesario tener en cuenta el volumen de vehículos que circulan por ese punto a lo largo de un año, sin embargo, como mencionamos anteriormente medir durante todo un año el volumen de vehículos que circulan en un determinado punto no es factible tanto por cuestiones económicas como de inversión de tiempo; debido a esto es necesario contar con estaciones maestras de aforos permanentes, esto permitirá determinar los factores de ajuste a utilizar para transformar un volumen vehicular de un aforo corto y de un mes a volúmenes de tránsito anual, considerando un promedio diario anual que da partida a la aplicación del TPDA.

Para hallar el TPDA podemos recurrir a la siguiente expresión:

$$TPDA = T_a * F_h * F_d * F_s * F_m \quad (2)$$

Donde:

$T_a$ : Tráfico aforado (Obtenido del conteo vehicular)

$F_h$ : Factor de ajuste horario

$F_d$ : Factor de ajuste diario

$F_s$ : Factor de ajuste semanal

$F_m$ : Factor de ajuste mensual

### 2.3.1 Factor de ajuste Horario y Factor de ajuste Diario.

Para la obtención del TPDA en las intersecciones, se realizó una solicitud de información pública a la empresa municipal encargada de la movilidad EMOV, en la cual, debido a la falta de conteos automáticos en las vías que intersectan a los redondeles que se analizarán; se solicitó un conteo automático de una semana en la Av. Huayna-Cápac,

el mismo que será aplicable para la obtención de los factores horario y diario en cada una de las intersecciones debido a sus condiciones similares de circulación.

### 2.3.2 Factor de ajuste horario

Para la obtención del factor horario se utilizó el conteo de 24 horas del día martes y un conteo de 16 horas desde las 6h00 hasta las 22h00 para obtener una mejor distribución de tráfico en el día de conteo.

El factor horario se calculará mediante la siguiente expresión (Gordillo & Miguitama, 2018):

$$Fh = \frac{TD}{TH} \quad (3)$$

Donde:

$Fh$  = es el factor de ajuste diario

$TD$  = es el tráfico diario

$TH$  = es el tráfico aforado en las 16 horas.

Approach 2, Detectors: 3-4												
	00:	01:	02:	03:	04:	05:	06:	07:	08:	09:	10:	11:
:15	18	10	7	5	7	13	30	132	259	279	255	255
:30	19	10	7	6	10	24	51	139	298	228	252	282
:45	9	3	10	3	10	17	64	148	252	226	260	275
:60	11	15	6	7	9	30	101	225	278	242	270	294
Hourly Total	57	38	30	21	36	84	246	644	1087	975	1037	1106
AM Total:	5361		AM peak 1107 08:15 - 09:15									
	12:	13:	14:	15:	16:	17:	18:	19:	20:	21:	22:	23:
:15	250	261	216	307	228	229	251	263	204	112	95	34
:30	273	257	241	270	274	287	253	237	163	131	76	33
:45	288	261	213	256	257	302	217	179	137	81	46	25
:60	236	207	263	240	275	279	231	173	125	87	69	22
Hourly Total	1047	986	933	1073	1034	1097	952	852	629	411	286	114
PM Total:	9414		PM peak 1119 17:15 - 18:15									
Daily Total	14775											

Figura 2: Conteo automático Av. Huayna Cápac fuente: solicitud EMOV EP

Tráfico diario del día martes = 14775

Trafico aforado de 16 horas = 246 + 644 + 1087 + 975 + 1037 + 1106 + 1047 + 986 + 944 + 1073 + 1034 + 1097 + 952 + 852 + 629 + 411 = 14120

$$Fh = \frac{14775}{14120}$$

$$Fh = 1,046$$

### 2.3.3 Factor de ajuste diario

El factor de ajuste diario se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$Fd = \frac{TPDS}{TD} \quad (4)$$

Donde:

$Fd$  = representa el factor de ajuste diario

$TPDS$  = representa el tráfico promedio diario semanal

$TD$  = representa el tráfico de un día de conteos, para el cálculo se seleccionará el tráfico del día martes ya que representa la mayoría de conteos de la semana.

<b>Conteos Automáticos</b>	
<b>Días</b>	<b>Total 24 horas</b>
Lunes	14670
Martes	14775
Miércoles	15121
Jueves	14970
Viernes	15875
Sábado	12923
Domingo	11252
Total	99586
Promedio	14226.57

Tabla 1: Resumen conteos automáticos Huayna Cápac fuente: autores

- TPDS = 14226,57
- TD= 14775

$$Fd = \frac{14226,57}{14775}$$

$$Fd = 0,9628$$

### 2.3.4 Factor de ajuste semanal

Para la obtención del factor semanal se tomó como referencia la siguiente tabla, en la cual, se puede obtener el factor dependiendo del mes en que se realizó el conteo (Moncayo & Castillo, 2021).

Mes	Nº Dias	Fs
Enero	31	1.107
Febrero	28	1
Marzo	31	1.107
Abril	30	1.071
Mayo	31	1.107
Junio	30	1.071
Julio	31	1.107
Agosto	31	1.107
Septiembre	30	1.071
Octubre	31	1.107
Noviembre	30	1.071
Diciembre	31	1.107

Tabla 2: Factores semanales fuente: (Moncayo & Castillo, 2021)

Donde:

$$F_s = 1,107$$

El factor de ajuste semanal será tomado como 1,107 debido a que el conteo fue realizado en el mes de octubre.

### 2.3.5 Factor de ajuste mensual

Para la obtención del factor mensual es necesario el análisis de la tabla de consumo de combustibles en el Azuay, proporcionada por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (Gordillo & Miguitama, 2018).

Consumo Combustible Azuay 2019				
Mes	Eco País	Súper	Diésel	Total
Enero	5406224	451736	4110780	9968740
Febrero	5112184	446155	3721981	9280320
Marzo	5541259	491790	3837401	9870450
Abril	5491480	490675	3950029	9932184
Mayo	5735689	490588	4109820	10336097
Junio	5336326	402718	3786176	9525220
Julio	5671042	417387	4119025	10207454
Agosto	5613336	453988	4119838	10187162
Septiembre	5459417	401560	4021023	9882000
Octubre	5136055	369761	3488508	8994324
Noviembre	5566261	410677	4008805	9985743
Diciembre	5901616	459050	4003751	10364417
Promedio mensual				9877842,58

Tabla 3: Promedio de consumo de combustibles fuente: ARCH

Donde el factor mensual será obtenido del promedio de consumo de combustibles en el año, dividido para el consumo en el mes de conteo.

$$F_m = \frac{\text{Promedio de consumo de combustibles en el año}}{\text{Consumo de combustibles en el mes del conteo}} \quad (5)$$

$$\text{Promedio de consumo de combustibles en el año} = 9877842,58$$

$$\text{Consumo de combustibles en octubre} = 8994324$$

$$F_m = \frac{9877842,58}{8994324}$$

$$F_m = 1,0982$$

Una vez obtenidos los factores de mayoración, se podrá obtener el TPDA de cada vía de ingreso a las intersecciones de mayor y menor accidentabilidad, y también de ambas intersecciones en su totalidad (Gordillo & Miguitama, 2018).

## 2.4 Nivel de Servicio

Dentro del análisis de tráfico de una determinada vía, los niveles de servicio se presentan como un indicador del nivel de operación de la misma, representando así el congestionamiento vehicular, el nivel de flujo que posee y el desempeño de los vehículos al transitar (Salvatierra, 2017).

El Manual de Capacidad de Carreteras (HCM) diferencia los niveles de servicio dividiéndolos en seis niveles representados por letras desde la A hasta la F, siendo A el mejor nivel de servicio que puede presentar una vía, y disminuyendo hasta F, donde se presenta congestión vehicular y niveles de flujo irregulares.

<b>Nivel de servicio</b>	<b>Descripción</b>
A	Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación.
B	Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito.
C	Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad.
D	Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar.
E	Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos.
F	Flujo forzado, condiciones de “pare y siga”, congestión de tránsito.

*Tabla 4: Descripción niveles de servicio HCM fuente: (National Academies of Science , 2016)*

### 2.4.1 Metodología para la obtención de niveles de servicio en las vías

Dentro del presente trabajo de titulación se obtendrán los niveles de servicio de cada vía que intersecte en los redondeles de mayor y menor accidentabilidad de la ruta

tranviaria, para de esta manera, poder realizar un análisis de la influencia del nivel de servicio en la accidentabilidad y el desenvolvimiento del flujo vehicular.

Para el proceso de determinación de los niveles de servicio en las diferentes vías se utilizará la metodología planteada por la normativa SIECA, en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, el cual, a su vez, está basado en el Manual de Capacidad de Carreteras publicado por la Junta de Investigación en Transporte de las Academias Nacionales de Ciencias de los Estados Unidos.

Para la aplicación de esta metodología de obtención de niveles de servicio es necesario partir con información de los datos físicos de la vía, como su ancho de carril, ancho de hombro, porcentaje de restricción de rebase y distribución en la dirección de circulación, los cuales, servirán para la utilización de las tablas presentadas en la normativa SIECA y HCM.

Otros datos que se utilizarán para la obtención de los niveles de servicio son, el volumen de tráfico en la hora pico y el factor de hora de máxima demanda, los cuales serán obtenidos de los conteos manuales realizados en las intersecciones. Además, también es necesaria la determinación de los porcentajes de camiones, buses y vehículos recreativos que circulan por la vía analizada.

Una vez se hayan determinado todos los datos de ingreso mencionados anteriormente, la metodología a utilizar para la obtención de los niveles de servicio se basará en la determinación de los volúmenes de tráfico ideales para cada nivel de servicio, para de esta manera, poder ubicar que nivel de servicio se encuentra más cercano al volumen de tráfico de la vía.

El volumen de tráfico ideal para cada nivel de servicio será determinado por la siguiente expresión SIECA 2004 – HCM:

$$Sfi = 2800 \times \left(\frac{v}{c}\right) \times fd \times fw \times fhv \quad (6)$$

Donde:

$Sfi$  = representa el nivel de servicio calculado para vía.

2800 = es una constante.

$\left(\frac{v}{c}\right)$  = es la relación volumen capacidad del nivel de servicio.

$fd$  = es el factor de distribución direccional del tránsito.

$fw$  = es el factor para anchos de carril y hombros.

$fhv$  = es el factor de vehículos pesados.

#### 2.4.2 Relación Volumen/capacidad de la vía $\left(\frac{v}{c}\right)$

La relación volumen capacidad de la vía estará determinada para cada nivel de servicio a través de la siguiente tabla obtenida del Highway Capacity Manual (HCM), la misma que dependerá del porcentaje de restricción de paso y del tipo de terreno.

Nivel de Servicio (V/C) para carretera de dos carriles																		
Nivel de Servicio (NS)	Terreno plano						Terreno Ondulado						Terreno Montañoso					
	Restricción de paso, %						Restricción de paso, %						Restricción de paso, %					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
<b>A</b>	0.15	0.12	0.09	0.07	0.05	0.04	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.14	0.09	0.07	0.04	0.02	0.01
<b>B</b>	0.27	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16	0.26	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13	0.25	0.20	0.16	0.13	0.12	0.10
<b>C</b>	0.43	0.39	0.36	0.34	0.33	0.32	0.42	0.39	0.35	0.32	0.30	0.28	0.39	0.33	0.28	0.23	0.20	0.16
<b>D</b>	0.64	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	0.62	0.57	0.52	0.48	0.46	0.43	0.58	0.50	0.45	0.40	0.37	0.33
<b>E</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.91	0.90	0.90	0.91	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

Tabla 5: Relación V/C fuente: (National Academies of Science , 2016)

#### 2.4.3 Factor de ajuste de distribución direccional “FD”

El factor de ajuste de distribución direccional del tránsito será obtenido mediante la siguiente tabla y representará un solo factor para todos los niveles de servicio ideales de la vía.

**Factores de Ajuste por Distribución Direccional del Tránsito en Carreteras de dos Carriles**

<b>Separación Direccional (%/%)</b>	<b>Factor</b>
<b>50/50</b>	<b>1.00</b>
<b>60/40</b>	<b>0.94</b>
<b>70/30</b>	<b>0.89</b>
<b>80/20</b>	<b>0.83</b>
<b>90/10</b>	<b>0.75</b>
<b>100/0</b>	<b>0.71</b>

Tabla 6: Factor "Fd" fuente: (National Academies of Science , 2016)

**2.4.4 Factor de ajuste por efecto combinado de carriles Angosto y Hombros Restringidos "FW"**

El factor de ajuste por efecto combinado de carriles angostos y hombros restringidos será obtenido mediante la siguiente tabla y dependerá del ancho de carril y del ancho de hombro de las vías analizadas. Este factor, de igual manera que el V/C tomara valores para cada nivel de servicio ideal.

**Factores de Ajuste por Efecto Combinado de Carriles Angostos y Hombros Restringidos, Carretera de dos Carriles**

<b>Hombro (m)</b>	<b>Carril de 3.65m</b>		<b>Carril de 3.35m</b>		<b>Carril de 3.05m</b>		<b>Carril de 2.75m</b>	
	<b>NS A-D</b>	<b>NS E</b>	<b>NS A-D</b>	<b>NS E</b>	<b>NS A-D</b>	<b>NS E</b>	<b>NS A-D</b>	<b>NS E</b>
<b>1.8</b>	1.00	1.00	0.93	0.94	0.83	0.87	0.70	0.76
<b>1.2</b>	0.92	0.97	0.85	0.92	0.77	0.85	0.65	0.74
<b>0.6</b>	0.81	0.93	0.75	0.88	0.68	0.81	0.57	0.70
<b>0.0</b>	0.70	0.88	0.65	0.82	0.58	0.75	0.49	0.66

Tabla 7: Factor "Fw" fuente: (National Academies of Science , 2016)

**2.4.5 Factor de ajuste por automóviles equivalentes "FHV"**

Para el cálculo del factor de ajuste por automóviles equivalentes, se utilizará las siguientes tablas de valores para camiones, buses y vehículos recreativos (motos).

**.Automóviles Equivalentes por Camiones y Autobuses, en Función del Tipo de Terreno, Carreteras de dos Carriles**

Tipo de Vehículo	NS	Tipo de Terreno		
		Plano	Ondulado	Montañoso
Camiones, Et	A	2.0	4.0	7.0
	B-C	2.2	5.0	10.0
	D-E	2.0	5.0	12.0
Buses, Eb	A	1.8	3.0	5.7
	B-C	2.0	3.4	6.0
	D-E	1.6	2.9	6.5
Vehículos Recreativos, ER	A	2.2	3.2	5
	B-C	2.5	3.9	5.2
	D-E	1.6	3.3	5.2

Tabla 8: Factor FHV fuente: (National Academies of Science , 2016)

Una vez obtenidos los valores correspondientes de camiones, buses y vehículos recreativos para cada nivel de servicio, y determinados los porcentajes de estos vehículos que circulan por las vías analizadas, se procederá a la utilización de la siguiente fórmula para el cálculo del factor de ajuste para automóviles equivalentes. Este factor será obtenido para cada nivel de servicio ideal.

$$Fhv = \frac{1}{(1 + Pt(Et - 1) + Pb(Eb - 1) + Pr(Er - 1))} \quad (7)$$

Donde:

$Fhv$  = representa el factor de ajuste por vehículos equivalentes.

$Pt$  = es el porcentaje de camiones que circulan en la vía, obtenido de los conteos.

$Pb$  = es el porcentaje de buses que circulan en la vía, obtenido de los conteos.

$Pr$  = es el porcentaje de motos que circulan en la vía, obtenido de los conteos.

$Et$  = es el valor de la tabla correspondiente al nivel de servicio y tipo de terreno para camiones.

$Eb$  = es el valor de la tabla correspondiente al nivel de servicio y tipo de terreno para buses.

$Er$  = es el valor de la tabla correspondiente al nivel de servicio y tipo de terreno para motos.

Una vez obtenidos todos los factores y aplicada la fórmula para obtener el volumen ideal de cada nivel de servicio en la vía analizada, se procederá a la comparación con el volumen de tráfico de la vía, el cual, estará definido por la siguiente expresión:

$$Ve = \frac{vthp}{fph} \quad (8)$$

Donde:

$Ve$  = representa el volumen de tráfico de la vía para la comparación con los volúmenes ideales de los niveles de servicio.

$vthp$  = es el volumen de tráfico en la hora pico obtenido de los conteos.

$fph$  = es el factor de hora pico obtenido en los conteos, el cual, estará definido por la razón entre el volumen horario de máxima demanda y cuatro veces el flujo máximo en periodos de 15 minutos.

## **2.5 Accidentabilidad en Tránsito y Transporte**

Los accidentes de tránsito son sucesos que tarde o temprano llegan a ocurrir, ya sea que se traten de vehículos particulares, públicos o inclusive si tan solo hablamos de personas que circulan en calidad de peatones, hay que tener presente que los accidentes de tránsito pueden ocurrir por varios factores o causas, como el rendimiento del conductor, factores ambientales, características de la vía, velocidades de circulación, congestión vehicular, el irrespeto a las normas de tránsito y señalización, entre otros; estos aspectos propician en mayor o menor medida que se produzcan los accidentes de tránsito más comunes.

Para conocer los principales factores que intervienen en un accidente de tránsito debemos tener en cuenta que significa o que queremos mencionar cuando hablamos de

un “accidente de tránsito”, es por ello que a continuación tocaremos algunas definiciones más usadas para describir este tipo de fenómenos.

En el “Reglamento a la ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad vial” se define a un accidente de tránsito como todo aquel suceso eventual o acción involuntaria que como efecto de una o más causas y con dependencia del grado de estas, se da en vías o lugares destinados al uso público o privado, que puede llegar a ocasionar lesiones de gravedad en individuos o incluso la muerte, además de ocasionar daños en el vehículo, vías o infraestructura aledaña al lugar (A. N. Constituyente, 2012).

En el *Manual de Investigación de Accidentes de Trafico* escrito por Stannard Baker y Lynn Fricke, definen a un accidente de tránsito como un acontecimiento eventual producido por ocasiones de tráfico en el cual intervienen unidades de circulación, y pueden llegar a producir muertes o daños de gravedad a personas o cosas (Baker & Fricke, 1986).

En una tesis doctoral realizada por María Dolores Bernabeú en su obra “*Estudio Médico Legal de los Cuadros Lesivos en los Accidentes de Tráfico*”, recoge una interesante definición sobre accidente de tráfico o tránsito, haciendo mención a una definición que nos dice que un accidente de tránsito es todo aquel suceso que se produce en el sistema hombre-vehículo originando víctimas solidarias al vehículo, refiriéndonos al conductor y los pasajeros y ajenas al mismo medio de transporte, los cuales serían los peatones (Aroca, 2005).

Finalmente abordaremos una última definición de accidente realizada por Osvaldo Romo Pizarro en su libro “*Medicina Legal en el Tránsito*”, el cual nos dice que “un accidente puede definirse como un suceso eventual o acción en que involuntariamente se producen daños hacia las personas o cosas; si hablamos de la participación en circulación

de uno o más vehículos, se puede decir que se trata de un accidente de tránsito” (Pizarro, 1990).

Una vez teniendo en cuenta estas definiciones de accidentes de tránsito podemos referirnos al mismo como un suceso eventual e involuntario en el que participan uno o más medios de transporte que circulen por un determinado punto de la sección de una vía, cuyas consecuencias pueden generar pérdidas económicas, lesiones de gravedad hacia individuos u objetos e inclusive la muerte.

Existen muchas causas o motivos que pueden ocasionar un accidente de tránsito, sin embargo, muchas de ellas se relacionan con tres factores fundamentales; el factor humano, factor vehículo y el factor vial ambiental; estos tres factores son los componentes de lo que en ingeniería de tránsito se conoce como la “*Trilogía Vial*”.

### 2.5.1 La Trilogía Vial

Se conoce como trilogía vial a la participación de tres factores o componentes que forman un sistema vial idóneo, estos son el factor humano, el factor vehicular y el factor ambiental, cada uno de estos puede en cierta forma ocasionar un accidente de tránsito.

A continuación, se muestra una figura representativa de la trilogía vial.

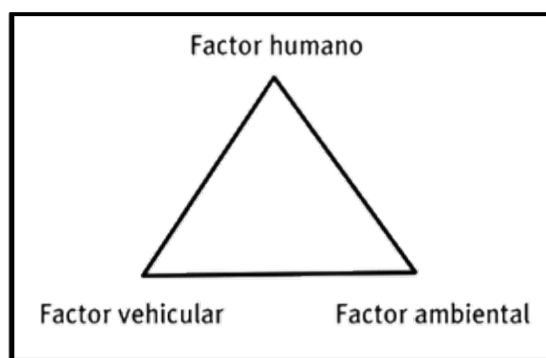


Figura 3: Esquema representativo de la Trilogía Vial, fuente: [cdn.edu.ar-dinámico](http://cdn.edu.ar-dinámico)

#### *Factor Humano:*

Hace referencia a la capacidad y el rendimiento vehicular que tienen los conductores para tomar acciones frente al volante, en este factor se considera tanto al pasajero, peatón y ciclista como el actor perteneciente al factor humano. Este factor considera y evalúa su comportamiento dentro de la vía, las acciones que toma el conductor, así como su desenvolvimiento, de igual manera consideran las aptitudes físicas y psicológicas que hacen apto a una persona para circular por una vía pública.

En muchas ocasiones si el factor humano propicia un accidente de tránsito puede ser debido a que el conductor estaba distraído, no poseía la suficiente experiencia al volante, se encontraba en estado de embriaguez, manejaba de manera irresponsable, etc.

#### *Factor Vehicular:*

Se refiere al medio de transporte que se utilice para movilizarse ya sea un vehículo motorizado o no, de tracción animal o no; si un accidente de tránsito ocurre por un factor vehicular esto hace referencia a que las condiciones del medio de transporte en el cual circulaba no se encontraba en las más óptimas condiciones, es decir, el vehículo no funcionaba correctamente, generalmente esto ocurre por un desperfecto mecánico que puede ocurrir si se da una falla tanto en su seguridad activa como en su seguridad pasiva como fallo en los sistemas de frenado, falla en la suspensión, control de presión de neumáticos, iluminación, control de tracción, entre otros, problemas de esta índole hacen referencia a la seguridad activa, por otra parte hablando de la seguridad pasiva tenemos fallos en los sistemas de cinturones de seguridad, airbag o bolsas de aire, espejos retrovisores, apoyacabezas y demás.

Con lo anteriormente mencionado entiéndase por seguridad activa al conjunto de sistemas y dispositivos los cuales permiten que un vehículo funcione de forma segura y

correcta; por otra parte, su seguridad pasiva entra en funcionamiento cuando ha fallado algún aspecto de la seguridad activa, está pensado en minimizar los daños que puedan ocurrir hacia los pasajeros dentro del vehículo.

*Factor Ambiental:*

El factor hace referencia a las condiciones del entorno donde circula el vehículo o medio de transporte en general; esto quiere decir por ejemplo si existe un clima agradable que permita la libre circulación, es decir, sin que exista la presencia de fenómenos naturales considerados peligrosos para la movilización; de igual manera, si la señalización en el lugar es clara y precisa, si las condiciones físicas de la vía son aptas para circular sin ningún problema, etc.

### **2.5.2 Causas de los accidentes de tránsito**

Las causas que pueden originar un accidente de tránsito son varias y pueden deberse a los principales factores anteriormente mencionados, sin embargo, estas causas pueden agruparse en dos principales grupos que considera el Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, estos son; la causa basal y la causa concurrente.

*Causa Basal o Eficiente:*

se define como aquella circunstancia que interviene de manera directa en la producción de un accidente de tránsito y que sin ella no se hubiera producido el mismo (A. N. Constituyente, 2012).

Podría considerarse a la causa basal como el hecho o acontecimiento que dio origen al accidente. La causa basal busca demostrar el por qué sucedió un accidente de tránsito, remitiéndose a los principales factores que pudieron ocasionarlo. La

investigación de un accidente de tránsito tiene como objetivo determinar la causa basal del mismo (Minagua, 2017).

*Causa Concurrente o Coadyuvante:*

Se definen como aquellas circunstancias o factores que contribuyen a la producción de un accidente de tránsito (A. N. Constituyente, 2012).

### 2.5.3 Tipos de Accidentes de Tránsito

Según los principales factores que hacen parte de la trilogía vial (factor humano, factor vehículo y factor ambiental); podemos distinguir varios tipos de accidentes de tránsito que pueden ocasionarse al momento de circular por una vía.

A continuación, en la Tabla 1 podemos evidenciar los distintos tipos de accidentes de tránsito que pueden producirse por los diferentes factores pertenecientes a la trilogía vial.

<b>Tipos de Accidentes de Tránsito</b>		
<b>Factor</b>	<b>Tipo de Accidente</b>	<b>Definición</b>
<b>Humano</b>	Arrollamiento	Se define como la acción en la cual un vehículo pasa con sus ruedas por encima del cuerpo de una persona o animal.
	Atropello	Es el impacto de un vehículo con el cuerpo de una persona o animal.
	Caída de Pasajero	Hace referencia a la pérdida de equilibrio del pasajero que se encuentra al interior del vehículo, lo cual ocasiona un descenso violento hacia la calzada.
<b>Vehículo</b>	Choque	Es el impacto de dos vehículos en movimiento; entre sus variantes tenemos:
		- Choque posterior o por alcance
		- Choque frontal longitudinal

		- Choque frontal excéntrico
		- Choque lateral angular
		- Choque lateral perpendicular
	Colisión	Impacto de dos o más vehículos.
	Estrellamiento	Impacto de un vehículo en movimiento contra un vehículo estático o un objeto fijo.
	Pérdida de Carril	Es la salida de un vehículo de su respectiva calzada de circulación.
	Roce	Se define como la fricción de las partes laterales de dos vehículos en movimiento, terminado en daños laterales para ambos objetos motorizados; estos a su vez pueden subdividirse en:
		Roce negativo: cuando los vehículos que rozan circulan en el mismo sentido.
		Roce positivo: cuando los vehículos que rozan circulan en sentido contrario.
Rozamiento	Se denomina rozamiento a la fricción producida por un vehículo en movimiento contra un vehículo estacionario o un objeto fijo.	
Volcamiento	Se denomina volcamiento a la consecuencia producto de un accidente en la cual un vehículo pierde su posición original haciendo que se invierta de manera lateral con respecto a su eje longitudinal o lateral.	
<b>Ambiente</b>	Pérdida de visibilidad	La pérdida de visibilidad muchas veces puede deberse a un factor ambiental, esto es muy común en zonas donde exista niebla densa, o intensas tormentas que ocasionen que el conductor no pueda ver la vía por donde debe circular.
	Pérdida de estabilidad del vehículo	La pérdida de estabilidad de un vehículo puede deberse a las condiciones en las cuales se encuentra la vía o bien el vehículo hablando de sus neumáticos; si nos referimos a pérdida de estabilidad de un vehículo por su factor ambiental, esto puede ocurrir por factores como la presencia de lluvia o una ligera capa de hielo sobre la calzada, lo que puede producir que en varias ocasiones que el vehículo patine y pierda su estabilidad.

Tabla 9: Tipos de Accidentes de tránsito fuente: (A. N. Constituyente, 2012)

### ***Tipos de accidentes relacionados al factor humano***

Los tipos de accidentes que forman parte de esta clasificación se encuentran protagonizados por los vehículos y los peatones (Salinas & Vele, 2014).

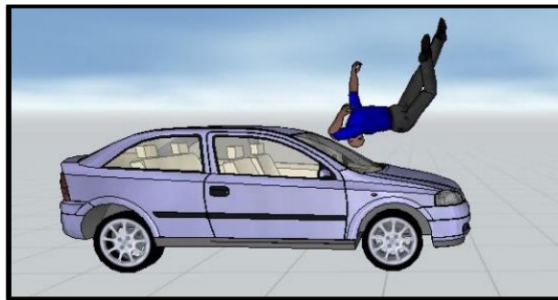
A continuación, se presentarán algunas imágenes que representan de manera gráfica los accidentes de tránsito más comunes pertenecientes a la clasificación del factor humano:

#### **Arrollamiento**



*Figura 4: Arrollamiento fuente: <https://www.elcorreo.com>*

#### **Atropello**



*Figura 5: Atropello fuente: <https://reconstruccionaccidentestrafico.com>*

#### **Caída de pasajero**



Figura 6: Caída de pasajero fuente: <https://www.infobae.com>

### ***Tipos de accidentes relacionados al factor vehículo***

Los tipos de accidentes de tránsito relacionados al factor vehículo corresponden a aquellos en los cuales se encuentran involucrados uno o más vehículos como actores principales en el acontecimiento; para representar de manera gráfica los principales tipos de accidentes pertenecientes a este factor, se creó una ilustración en donde se representa los ejes longitudinal y transversal de un vehículo, siendo “x” su eje longitudinal y “y” su eje transversal.

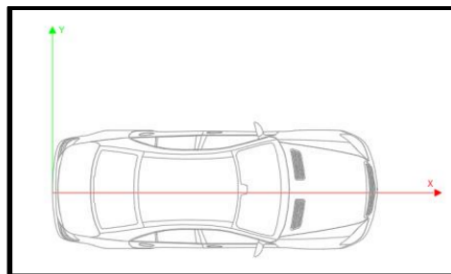


Figura 7: Ejes de un vehículo fuente: autores

### **Choque posterior o por alcance**

Hace referencia al choque de dos o más vehículos en su parte de atrás, es el impacto de un vehículo al vehículo que le antecede.

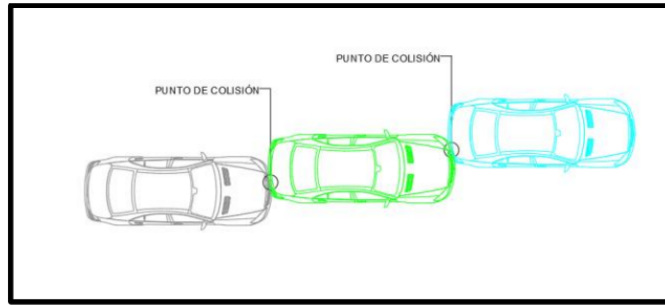


Figura 8: Choque posterior por alcance fuente: autores

### Choque frontal longitudinal

Se denomina choque frontal longitudinal al impacto frontal de dos vehículos cuyos ejes longitudinales coinciden al momento del suceso.

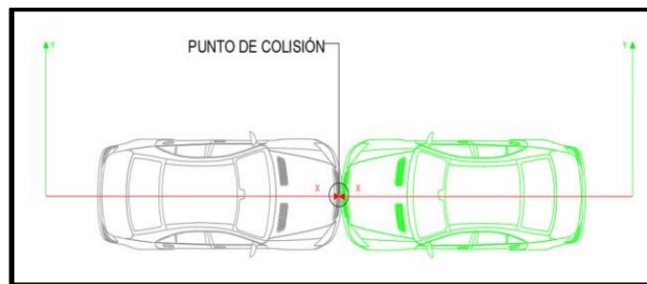


Figura 9: Choque frontal longitudinal fuente: autores

### Choque frontal excéntrico

Impacto frontal entre dos vehículos cuyos ejes longitudinales al momento del suceso forman una paralela.

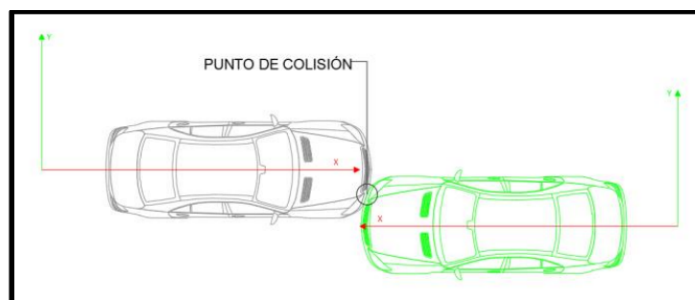


Figura 10: Choque frontal excéntrico fuente: autores

### Choque lateral angular

Se define como el impacto de la parte frontal de un vehículo con la parte lateral de otro, que al momento del impacto sus ejes longitudinales forman un ángulo diferente a 90 grados (A. N. Constituyente, 2012).

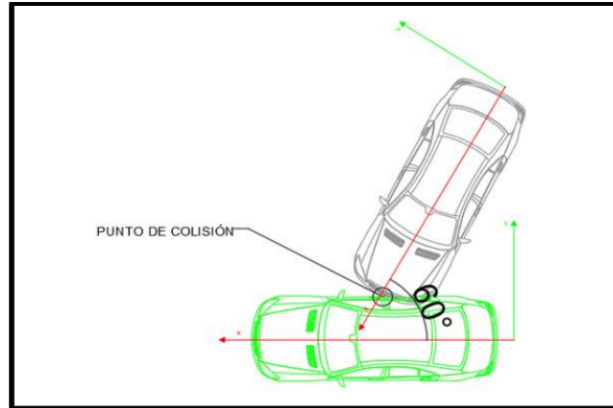


Figura 11: Choque lateral angular fuente: autores

### Choque lateral perpendicular

Se define como el impacto de la parte frontal de un vehículo contra la parte lateral de otro, que al momento del impacto sus ejes longitudinales forman un ángulo de 90 grados (A. N. Constituyente, 2012).

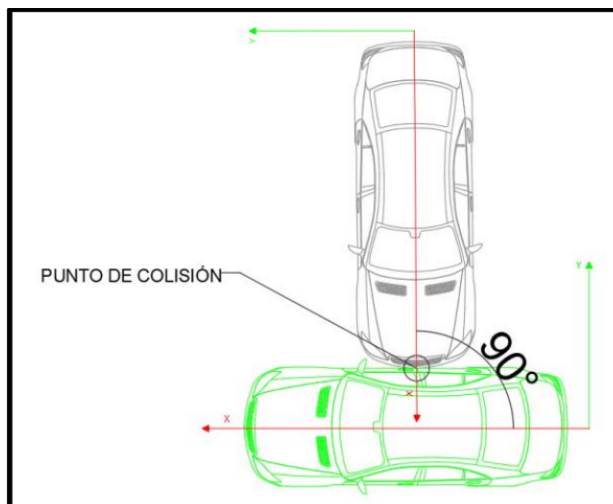


Figura 12: Choque lateral perpendicular fuente: autores

### Colisión



Figura 13: Colisión de Vehículos fuente: <https://www.peritosdeaccidentes.com>

## Estrellamiento



Figura 14: Estrellamiento fuente: <https://www.elnorte.com/>

## Pérdida de carril

Este tipo de accidente puede deberse al fenómeno de “subviraje”, el cual es un acontecimiento usual en vehículos de tracción delantera, este fenómeno se produce cuando las ruedas de la parte delantera pierden su adherencia lo que provoca que el vehículo realice un trazo de la curva mucho más ancho y prolongado de lo que se ha marcado al momento de girar el volante, esto ocasiona que el vehículo generalmente pierda pista y se salga de su carril correspondiente de circulación.

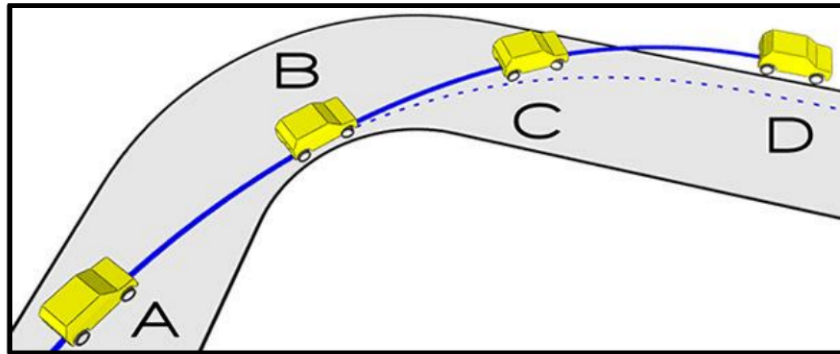


Figura 15: Pérdida de carril debido al fenómeno de subviraje fuente: <https://www.drive2.ru>

### Causas principales del fenómeno de “Subviraje”

- Mal estado de los neumáticos en el vehículo.
- Presencia de agua o hielo sobre la calzada.
- Circular a exceso de velocidad.
- Falta de alineación en los ejes del vehículo.

### Roce negativo

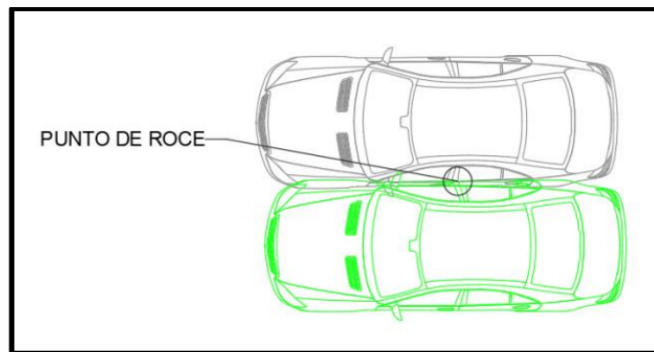


Figura 16: Roce negativo fuente: autores

### Roce Positivo

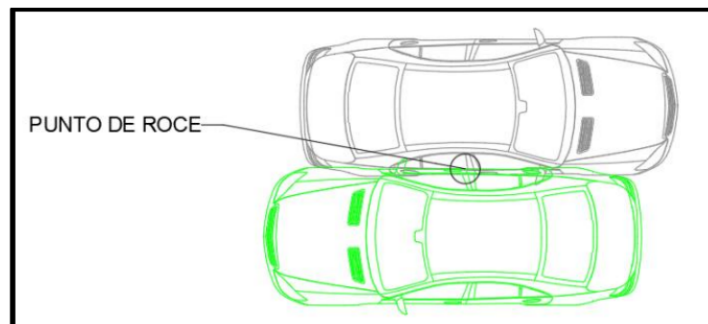


Figura 17: Roce positivo fuente: autores

## Rozamiento



Figura 18: Rozamiento lateral de vehículo fuente: <https://www.fullclasificados.ec>

## Volcamiento

Este tipo de accidente puede subdividirse en volcamiento lateral o volcamiento longitudinal.

**Volcamiento lateral:** es el tipo de volcamiento en el cual el vehículo pierde su posición original por uno de sus ejes laterales.



Figura 19: Volcamiento lateral de vehículo fuente: <https://lahora.com.ec>

**Volcamiento longitudinal:** es la pérdida de la posición original del vehículo en el sentido de su eje longitudinal.



Figura 20: Volcamiento longitudinal de vehículo fuente: <https://lahora.com.ec>

## ***Tipos de accidentes relacionados al factor ambiente***

### **Pérdida de visibilidad**



Figura 21: Pérdida de visibilidad debido al factor ambiental de lluvia fuente:

<https://www.revistaautocrash.com>

### **Perdida de estabilidad del vehículo, patinaje debido a las condiciones de la vía**



Figura 22: Patinaje y colisión de vehículo por presencia de hielo en la vía fuente:

<https://autosblogmexico.com>

#### 2.5.4 Accidentes de tránsito en el mundo

La OMS (Organización Mundial de la Salud) realiza informes sobre el Estado de la Seguridad Vial Global; donde existen estadísticas correspondientes a los años 2009, 2013, 2015 y 2018 hasta la fecha; si tenemos en cuenta las estadísticas de los informes emitidos desde su primera publicación en el año 2009 podemos contemplar las siguientes cifras:

##### *Año 2009*

- Según el informe sobre la situación mundial de la seguridad vial en el año 2009 más de 1,2 millones de personas fallecen como consecuencia de accidentes de tránsito, cerca del 90% de las defunciones producto de los accidentes de tránsito suceden en países de bajos y medianos ingresos. Esto trae consecuencias a largo plazo, llevando a la pobreza a una familia debido a que, muchas de ellas se ven en la necesidad de cubrir los gastos médicos, rehabilitaciones, gastos de exequias y en muchos casos los integrantes de la familia pierden aquel integrante que representaba el sostén familiar (OMS, 2009).

##### *Año 2013*

- El informe emitido por la OMS en este año afirma que las lesiones causadas por accidentes de tránsito son la octava causa mundial de muerte y la primera entre jóvenes de 15 a 29 años de edad, de no tomarse las respectivas medidas ante estos sucesos los accidentes de tránsito serían para el 2030 la quinta causa de muerte en el mundo (OMS, 2013).
- Para este año se evidenció que el número de muertes ocasionados por accidentes de tránsito se ha estabilizado teniendo en cuenta desde el año 2007. Para el año 2013 la OMS nos muestra una cifra de 1,25 millones de personas, además de ello, pese al aumento mundial de la población y del uso de los vehículos automotor, entre el 2010 y el 2013 se ha evidenciado un aumento del 4% en la población y un 16% en los vehículos, cuyas cifras indican que las acciones puestas en práctica en los últimos años con el fin de mejorar la seguridad vial han salvado vidas humanas (OMS, 2015).

##### *Año 2015*

- Como mencionamos anteriormente, el número de muertes por accidentes de tránsito en el mundo se ha estabilizado desde el año 2007 manteniéndose los 1,25 millones de personas incluso para el año 2015, según el informe de la OMS emitido ese mismo año; aún se evidencia que cerca del 90% de las muertes relacionadas a los accidentes de tránsito en el mundo se originan en países de bajos y medianos ingresos o llamados países en vías de desarrollo (OMS, 2015).

### *Año 2018*

- Para el año 2018 el panorama en lo que respecta a siniestros de accidentes de tránsito se complica aún más, teniendo en cuenta que entre los años 2010, 2013 y 2018, las cifras de muertes en accidentes de tránsito venían estabilizándose con respecto a datos del 2007, para el año 2018 estas cifras continuaron aumentando hasta llegar a un promedio anual de 1,35 millones de muertes por accidentes relacionados al tránsito.
- En el informe de la OMS emitido en el año 2018 se destaca que las lesiones causadas por accidentes de tránsito son ahora la principal causa de muerte en niños y jóvenes de 5 a 29 años (OMS, 2018).
- A pesar del número de muertes las tasas de mortalidad conforme al tamaño de la población mundial se han estabilizado en los últimos años, esto implica que los esfuerzos de los gobiernos por implementar medidas de seguridad vial han mitigado en parte esta situación.
- En este año se evidenció que el 11% de las muertes por accidentes de tráfico suceden en la región de las Américas, lo que representan casi 155,000 muertes por año (OMS, 2018).
- En el informe emitido en el 2018 por la Organización Mundial de la Salud, América posee la segunda tasa más baja de mortalidad en el tráfico con 15,6 por cada 100.000 habitantes después de Europa que posee 9,3 por cada 100.000 habitantes (OMS, 2018).

### *Año 2021*

- Aunque a la fecha de haberse escrito este documento todavía no se ha publicado un informe actualizado por parte de la OMS, podemos recurrir a estadísticas en tiempo real en donde observamos las muertes por accidentes de tránsito, registrándose a nivel mundial una muerte en accidentes de tránsito en un promedio de cada 23 segundos por muerte registrada; hasta noviembre del 2021 se han registrado 1'154.475 muertes en accidentes de tránsito alrededor del mundo, cifra que va en constante aumento y se estima que sobrepase los 1,2 millones de personas. Esta información la podemos encontrar en el sitio web de la Organización Mundial de la Salud <https://extranet.who.int>.

#### **2.5.5 Accidentes de tránsito en el Ecuador**

A continuación, se realizará un recuento de la información estadística referente a los siniestros de tránsito ocurridos en el Ecuador, clasificándose esta información por provincias. La información recopilada a continuación partirá de los registros de siniestros de tránsito proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador “INEC”, partiendo del año 2010 hasta el año 2021.

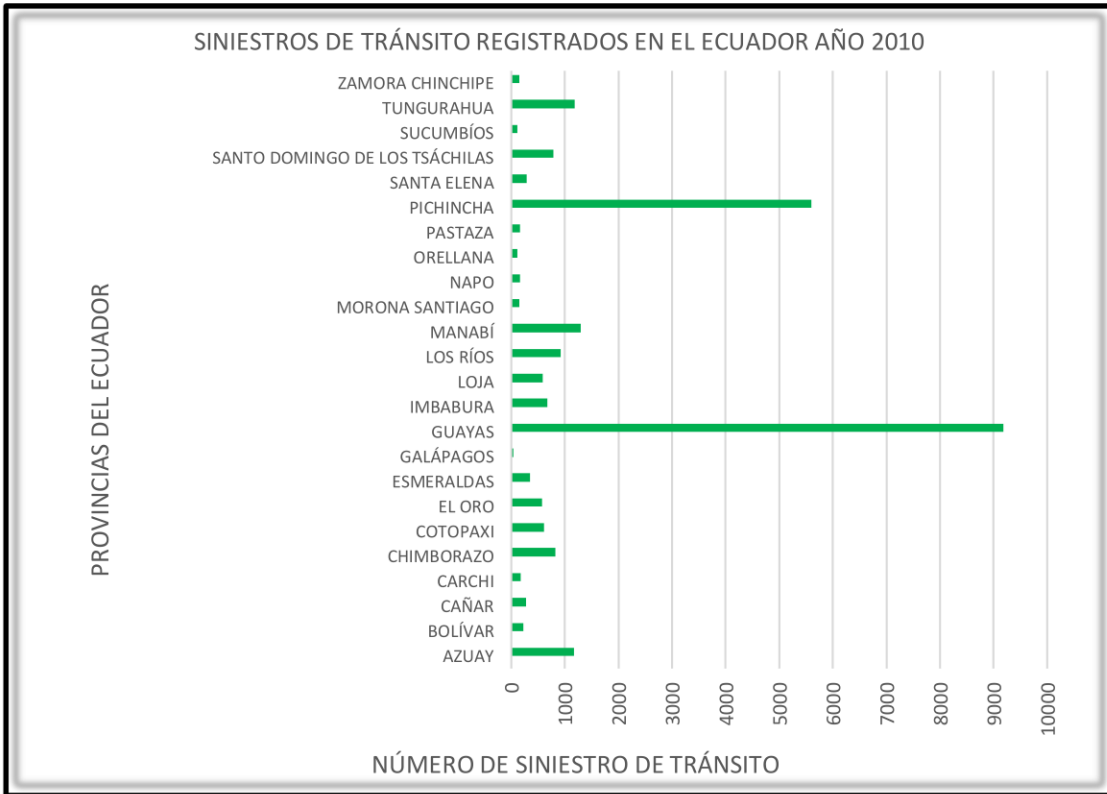


Figura 23: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2010 fuente: autores

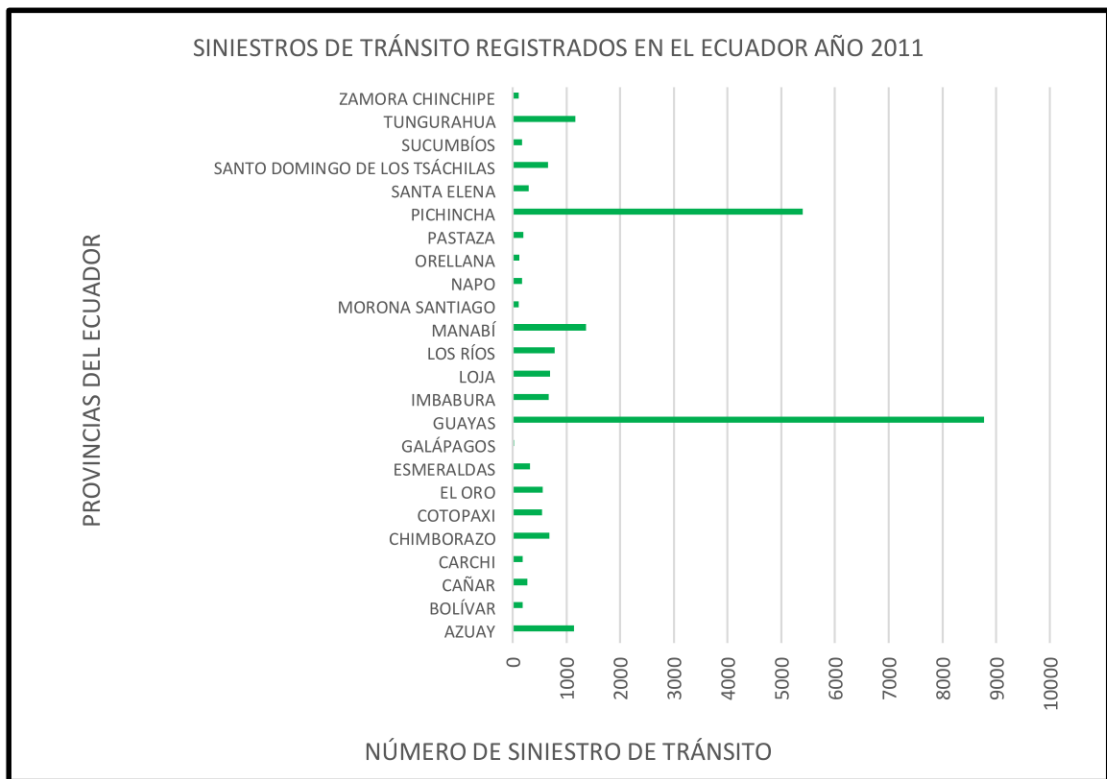


Figura 24: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2011 fuente: autores

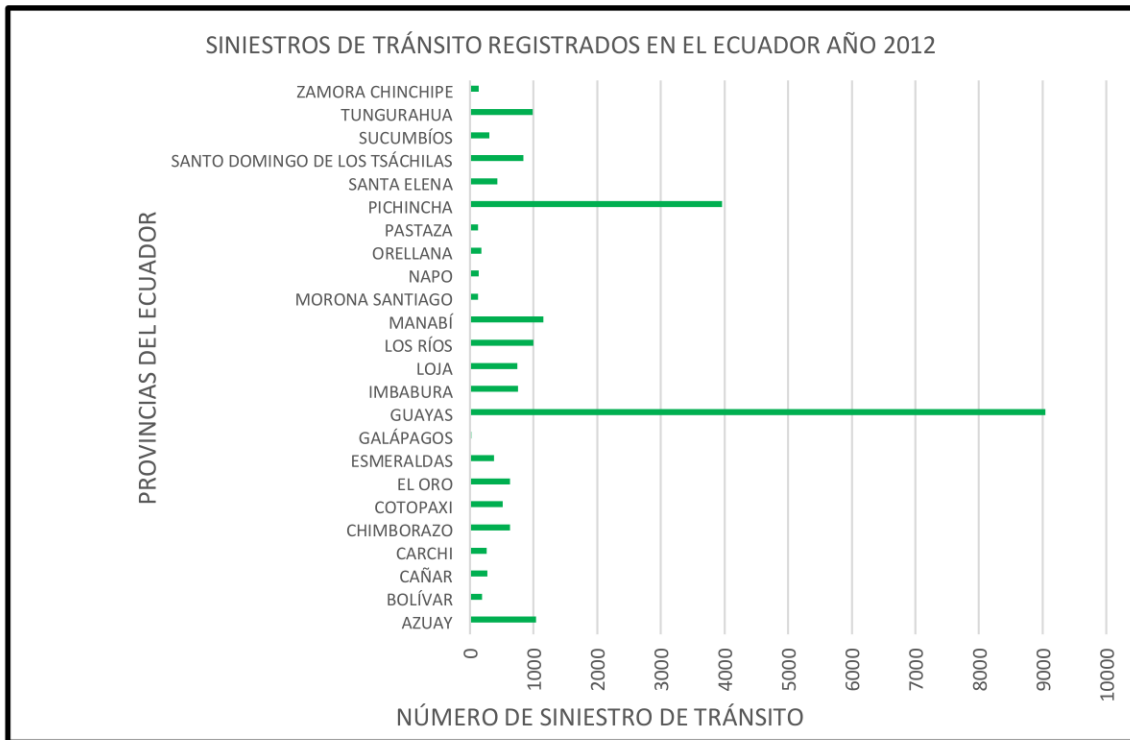


Figura 25: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2012 fuente: autores



Figura 26: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2013 fuente: autores



Figura 27: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2014 fuente: autores

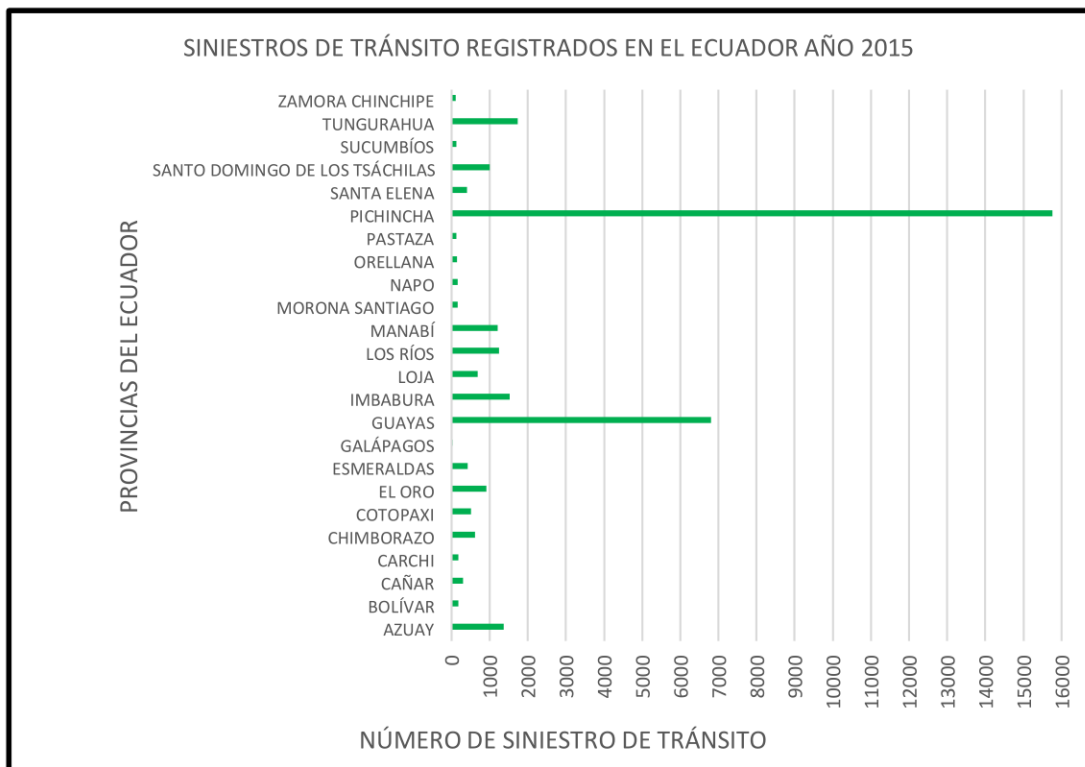


Figura 28: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2015 fuente: autores

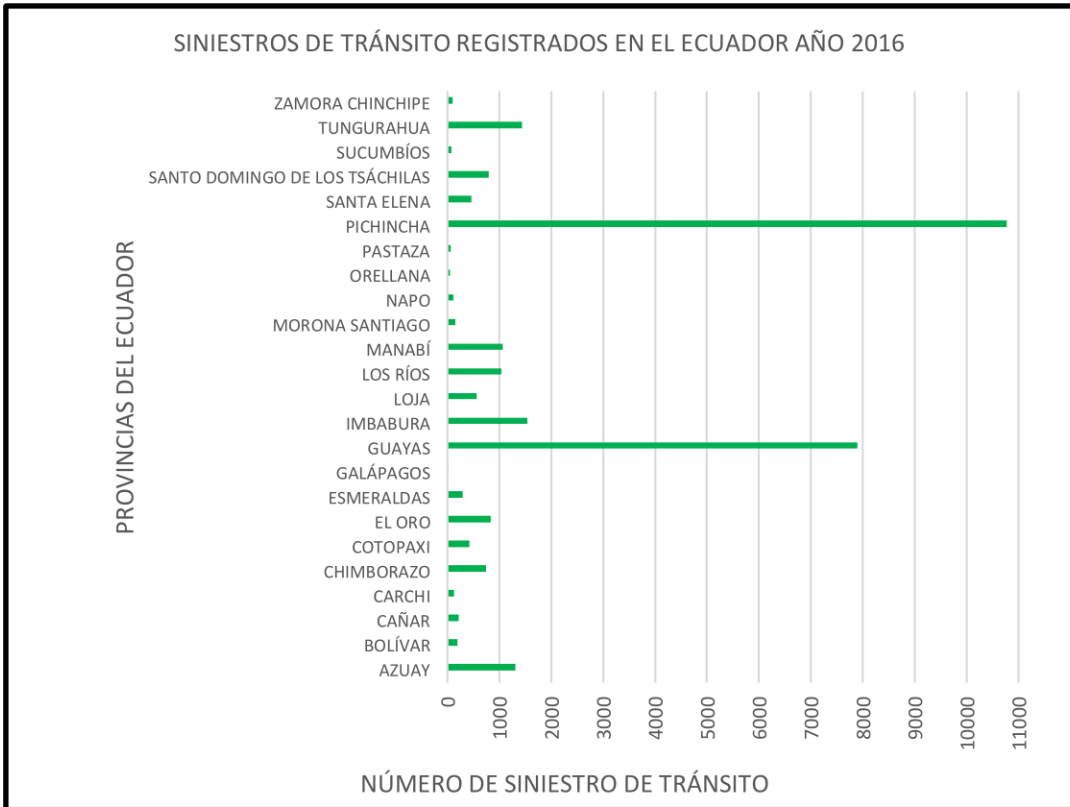


Figura 29: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2016 fuente: autores



Figura 30: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2017 fuente: autores

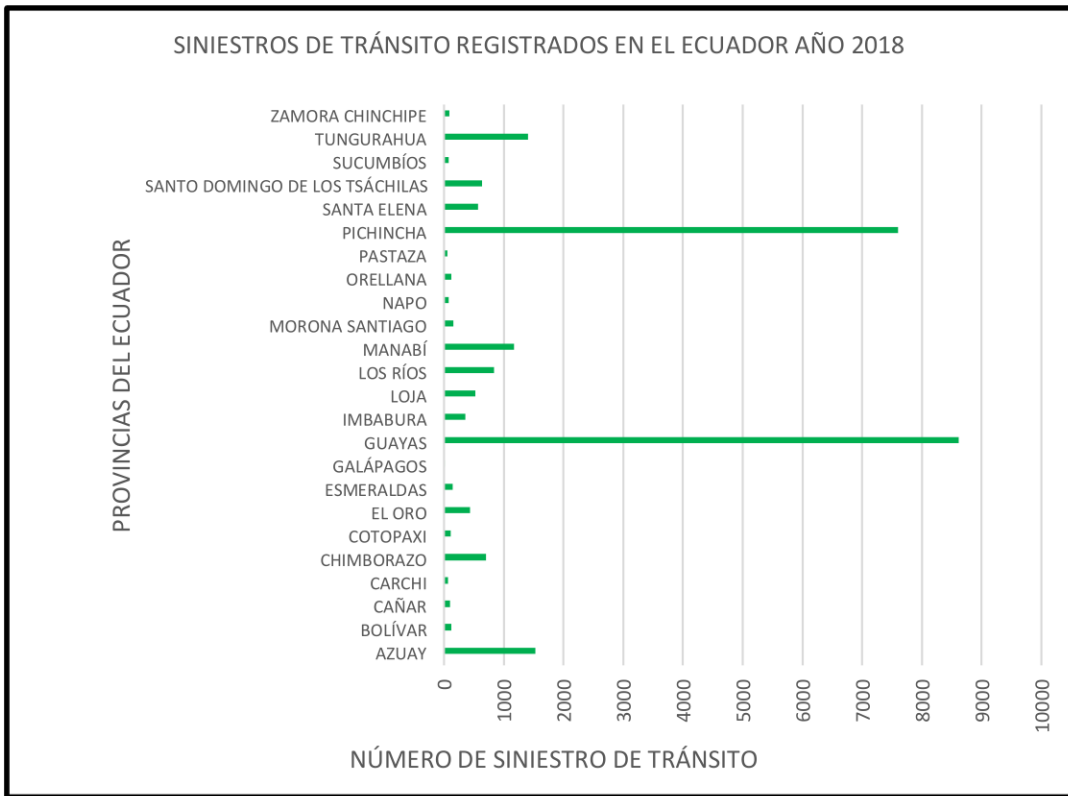


Figura 31: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2018 fuente: autores

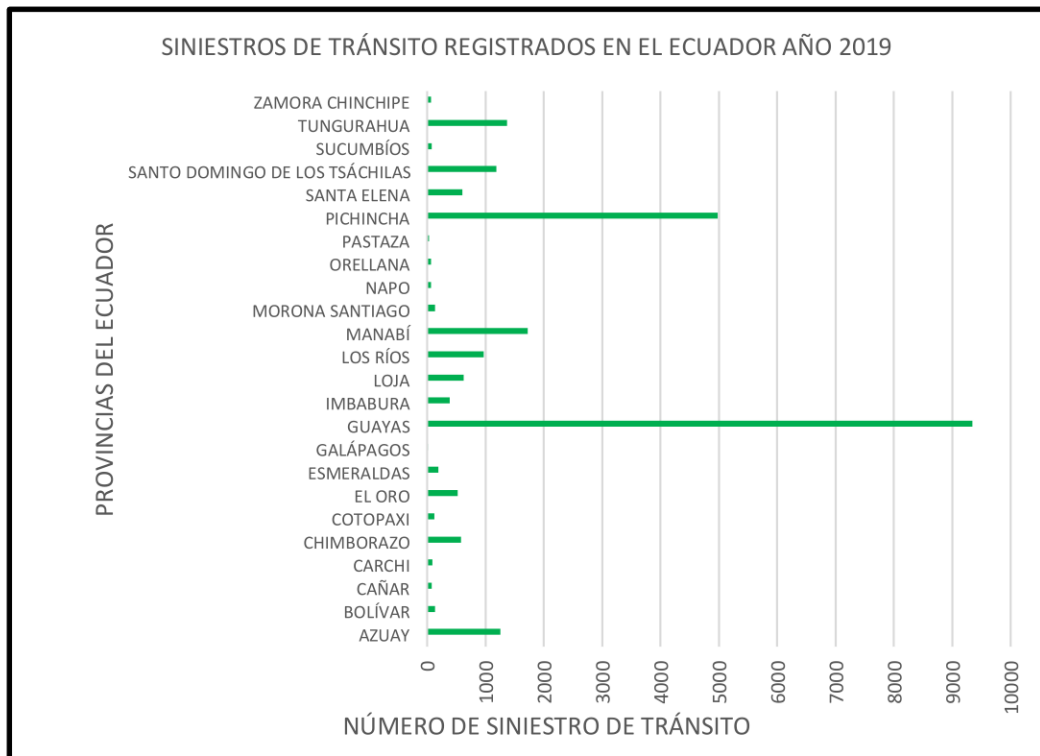


Figura 32: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2019 fuente: autores

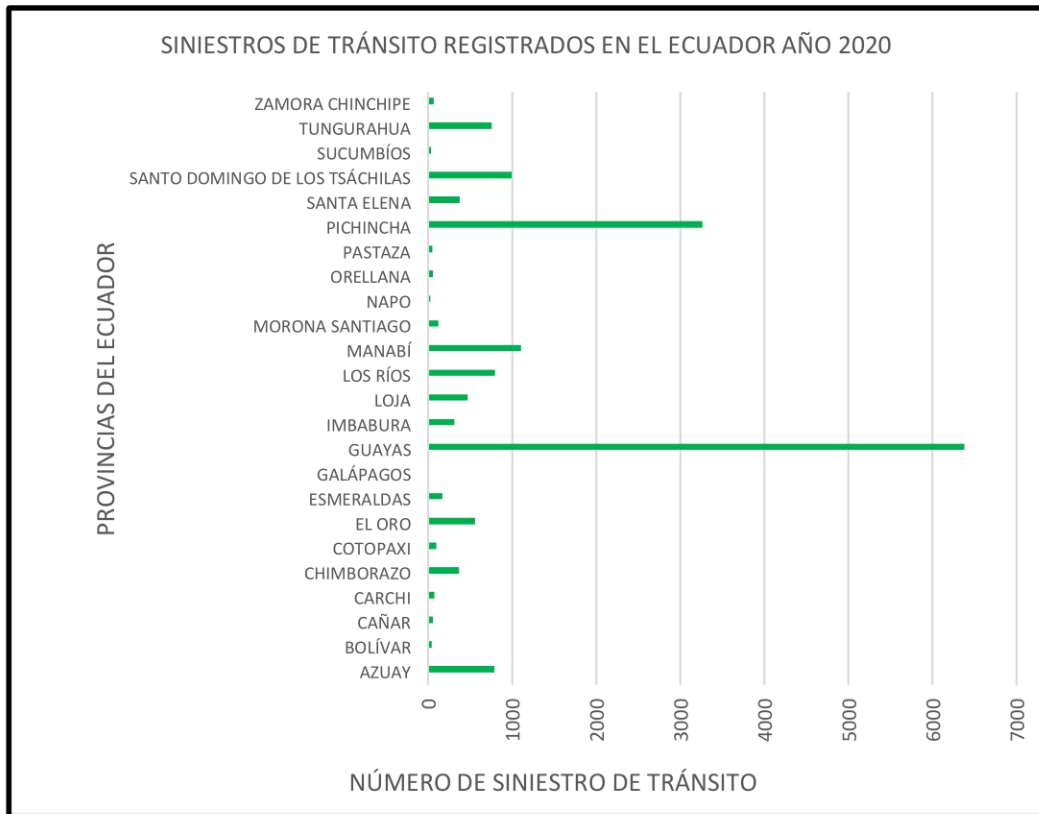


Figura 33: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2020 fuente: autores

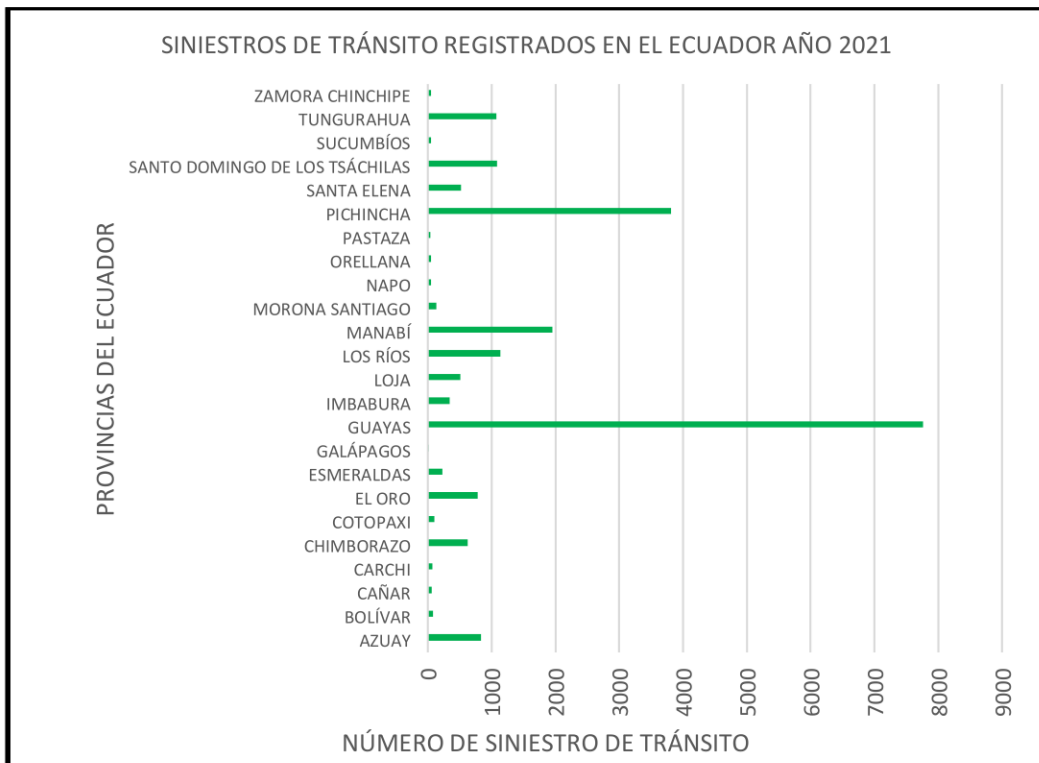


Figura 34: Siniestros de tránsito registrados en el Ecuador año 2021 fuente: autores

Una vez observados los registros de siniestros de tránsito proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos INEC, conjuntamente con el apoyo de la Agencia Nacional de Tránsito ANT, se observó que durante los años 2010, 2011, 2012, 2013 la provincia del Guayas lidera en números de accidentes de tránsito registrados en el país, durante los años 2014, 2015, 2016, 2017 la provincia de Pichincha lidera este registro, para posteriormente en los años 2018, 2019, 2020 y en lo que del año 2021 la provincia del Guayas vuelve a encabezar este registro; esto se debe en parte a factores como la densa población que poseen estas provincias, la mala gestión de los gobiernos municipales y la falta de control en seguridad vial y normas de tránsito.

A continuación, se presentará un registro detallado de la cantidad de accidentes de tránsito ocurridos en el Ecuador en cada uno de sus años, cabe mencionar que la cantidad observada durante el año 2020 y 2021 es menor en consideración a los demás años registrados, esto claramente se debe al confinamiento producto de la emergencia sanitaria por el Covid-19 que afecto no solo al país, si no al mundo entero.

<b>REGISTRO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN EL ECUADOR EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS</b>	
<b>AÑO</b>	<b>NÚMERO DE SINIESTROS DE TRÁNSITO</b>
2010	25588
2011	24626
2012	23854
2013	28169
2014	38658
2015	35706
2016	30269
2017	28967
2018	25530
2019	24595
2020	16972
2021	21352

*Tabla 10: Registro de la Accidentabilidad en tránsito en el Ecuador en los últimos 10 años fuente: (INEC, 2021).*

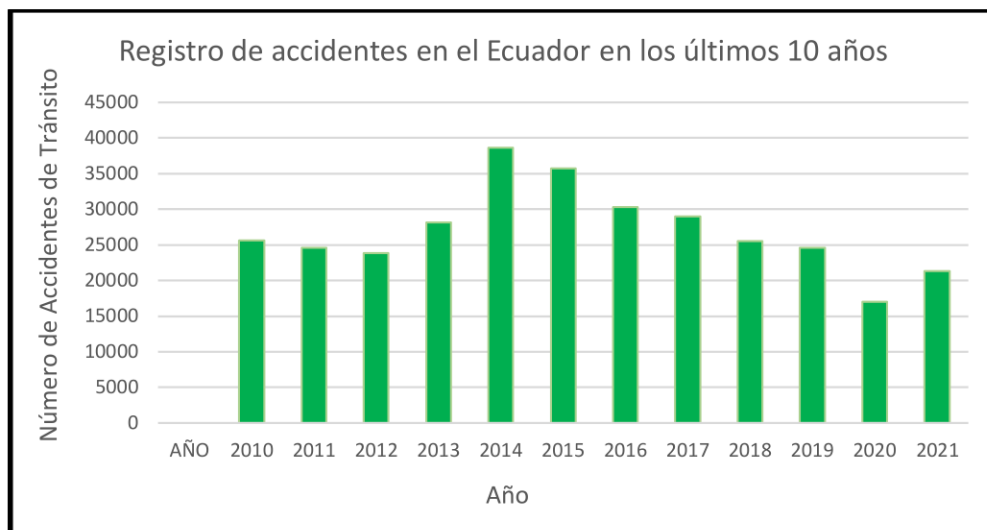


Figura 35: Registro de accidentes en el Ecuador en los últimos 10 años fuente: (INEC, 2021).

Como podemos observar tanto en la Tabla 7 como en la Figura 34 de los registros anuales en siniestros de tránsito, se evidencia un crecimiento en los años 2013, 2014 y un considerable descenso a partir del año 2015, esto puede deberse a la intensificación en políticas y controles por partes de las autoridades y los gobiernos municipales hacia la seguridad vial, mejoramiento de señalización, mejoramiento en el estado de las carreteras, retenes y controles de velocidad, entre otros.

Por otro lado, la cifra más baja registrada en estos últimos 10 años pertenece a la del año 2020, esto se debe a que el 2020 fue el año en el cual el país se vio más afectado por la pandemia del Covid-19; razón por la cual se decretó confinamiento obligatorio a la mayoría de personas que residían en el país, motivo por el cual los datos estadísticos referentes a siniestros de tránsito resultan ser tan bajos.

### 2.5.6 Accidentes de tránsito en la ciudad de Cuenca

Según datos estadísticos proporcionados por la Empresa Pública de Movilidad EMOV EP, los accidentes de tránsito en el año 2020 a comparación del año 2019, se han reducido en un 64%; se cree que esta reducción se debe a la restricción vehicular que se presenció durante la pandemia, a esto se le suma la instalación de los foto sensores

ubicados en la Av. de las Américas sector Hospital del Río, Av. Ordóñez Lasso, Av. Ricardo Durán, Panamericana Norte, todos considerando ambas direcciones, los radares de velocidad implementados van desde los 50 a 70km/h, (EMOV EP, 2020).

Entre las principales causas de accidentes de tránsito registrados en la ciudad están el uso del celular, el exceso de velocidad, el consumo de bebidas alcohólicas y el irrespeto a las señales de tránsito.

A continuación, en la tabla 8 y 9 se observa el registro de accidentes suscitados en la ciudad de Cuenca, la presente información corresponde a la cantidad de accidentes registrados en la ciudad, así como a la cantidad de fallecidos por los mismos. La información comprende desde el año 2019 hasta del año 2021.

<b>ACCIDENTES DE TRÁNSITO REGISTRADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA</b>		
<b>AÑO</b>	<b>NÚMERO DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO</b>	<b>NÚMERO DE FALLECIDOS EN ACCIDENTES DE TRÁNSITO</b>
<b>2019</b>	771	27
<b>2020</b>	437	36
<b>2021</b>	643	65
<b>TOTAL</b>	<b>1851</b>	<b>128</b>

*Tabla 11: Accidentes de tránsito y número de fallecidos registrados en la ciudad de Cuenca, fuente (INEC, 2021)*

## **2.6 Evolución de los sistemas de transporte en la ciudad de Cuenca**

El transporte público en las ciudades genera un gran peso dentro del desarrollo de las mismas, ya que, además de ser una actividad económica fundamental, se vuelve una necesidad esencial para el desenvolvimiento de los ciudadanos en su día a día.

Los primeros indicios de un sistema de transporte público en la ciudad se dan en la época de los sesentas, donde, debido a la expansión de la población y la necesidad de transportar mercadería entre provincias, se plantea por primera vez la construcción de una

red ferroviaria para conectar las diferentes ciudades del país. Es en 1965 cuando se concluye la construcción de los 3 ramales principales del sistema ferroviario del Ecuador, los cuales eran: El Ferrocarril del Norte que comprendía Quito-Ibarra -San Lorenzo; El Ferrocarril del Sur que iba de Guayaquil a Quito y El Ferrocarril Austral desde Sibambe a Cuenca. Este último inaugurándose al final, en la administración de la Primera Junta Militar bajo el mando del Contralmirante Ramo Castro Jijón (Isabel Matute, 2015).

El primer sistema de transporte público de buses se instauró en la década de los setenta bajo la administración del Consejo Nacional de Tránsito, el cual, contaba con unidades que circulaban en horarios establecidos durante toda la semana y con un costo de pasaje de 1 sucre. Este primer sistema de transporte constaba de cooperativas con determinado número de buses que competían por las rutas y pasajeros de la ciudad (Astudillo, 2016).

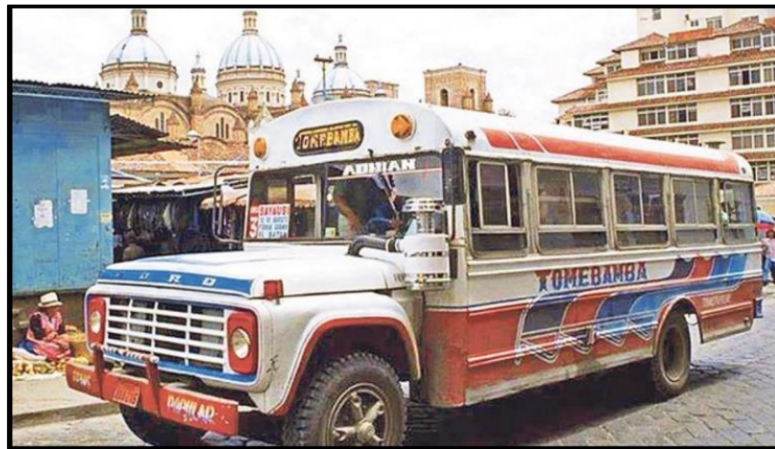


Figura 36: Primeros buses de transporte público en la ciudad fuente: <https://www.eltelegrafo.com.ec>

Entre los años de 1996 al 2000 se presentaron varios cambios y ajustes en la estructuración de la movilidad de la ciudad, el primero de estos fue el proyecto de reordenamiento de transporte público, seguido por la creación de la Unidad Municipal de Transporte (UMT) y el desarrollo de un plan para sistemas de tráfico sustentable para una

ciudad piloto. De la misma manera en 1999 se inició el proceso de constatación física para todos los vehículos de transporte público (Merchán, 2019).

A partir del año 2000 se realizó la unificación de los vehículos de transporte público y la Asociación de Transportistas Urbanos de Cuenca (ATUC), que hasta ese entonces representaba a todos los transportistas urbanos, paso a convertirse en la Cámara de Transporte de Cuenca, la cual estaba integrada por los dirigentes de las 7 operadoras de transporte existentes. Posteriormente se determinó la flota vehicular de buses con las 475 unidades de las compañías TRIGALES S.A., DIEZ DE AGOSTO, SUPERTAXIS RICAURTE S.A, UNCOVIA S.A., TURISMO BAÑOS, TOMEBAMBA, 12 DE ABRIL y se incorporó la Revisión Técnica Vehicular a los transportes comerciales como taxis, busetas escolares y unidades de transporte de cargas.



*Figura 37: Modelos de buses urbanos desde los años 2000 fuente: <https://www.eltelegrafo.com.ec>*

En el año 2006 se realizó un estudio de actualización del SIT (Sistema Integrado de Transporte de Cuenca) a cargo de la empresa A&V Consultores. Posteriormente entre los años 2008 y 2009 se comenzó con la construcción de terminales de transferencia en los sectores de la feria libre y el terminal terrestre, también se implementó el sistema de pago con tarjeta electrónica para el acceso al transporte público, generando un sistema de cobro mixto que funcionaba con dinero y tarjetas prepago (Merchán, 2019).

En este mismo año se implementó el sistema de caja común para la recaudación en las unidades de transporte, lo que produjo una mejora en la distribución de las ganancias y un sistema más transparente y organizado para las cooperativas que conformaban la cámara de transporte.

El sistema de caja común consiste en la recaudación de todos los pasajes a un fondo común, el cual se divide de manera equitativa en función del número de horas trabajadas.

Cuenca fue la primera ciudad del Ecuador en implementar el sistema de caja común y la Cámara de Transporte de Cuenca basó su diseño en algunos aplicados en Colombia, y en el Informe de Seguimiento y Control del Transporte Público proporcionado por la Secretaría de Transporte y Tránsito de Medellín. La distribución de las ganancias mediante la caja común es dividida por el número de horas trabajadas en las rutas que la Dirección de Movilidad determina para cada cooperativa de buses (Báez, 2012).



*Figura 38: Buses urbanos en la actualidad fuente: autores*

Para el año 2010 el Concejo Cantonal de Cuenca presentó una ordenanza para la creación de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca EMOV (EP), la cual, serviría como una organización reguladora del tránsito en la ciudad,

mejorando así su estructuración y trabajo integral para la ciudadanía. Su formación se da después de la absorción de las competencias de otras entidades municipales como: El Servicio de Estacionamiento Rotativo Tarifado (SERT), Empresa de Terminales Terrestres (EMTET) y la Revisión Técnica Vehicular (Cuenca-aire), generando así una administración unificada en los temas del tránsito de la ciudad (Concejo Cantonal de Cuenca, 2010).

En el 2012 el Consejo Nacional de Competencias transfirió a la Municipalidad de Cuenca las competencias para la planificación, regulación y control del transporte terrestre y seguridad vial. Desde el año 2014 empieza la construcción del sistema de transporte público Tranvía De los Cuatro Ríos, el cual, se plantea como una solución a la movilidad de la ciudad y está programado para su funcionamiento en el 2017.

En el año 2016 el consorcio encargado suspende la obra y un año más tarde se da por terminado el contrato del tranvía, parando así todas las obras y dejando el proyecto con un avance de casi el 75 % (Merchán, 2019).

Para el año 2018 se retomaron las obras del tranvía bajo la dirección del consorcio ACTN (Alstom, CIM (Compagnie Internationale de Maintenance), NGE Group (TSO y NGE) y se planteó un plazo final de entrega para octubre. En este mismo año se realizó el cambio del sistema mixto de cobro de pasajes a un sistema que funciona únicamente con el cobro por tarjeta. El consorcio SIR y la empresa Movilízate fueron los encargados de la distribución de las nuevas tarjetas para la población, las mismas que fueron divididas en tarjetas de tarifa normal, tarjetas de tarifa diferencial, tarjetas de tarifa estudiantil y tarjetas de tarifa turista. Es en este mismo año donde la empresa Tranvía de los Cuatro Ríos comienza con su programa de socialización a la ciudadanía por medio de videos explicando el uso y las rutas del sistema tranviario.

En marzo del 2019 el Tranvía empezó con su recorrido de prueba llevando a pasajeros sin costo, y continuó con todos los procesos para su inauguración hasta la emergencia sanitaria en marzo del 2020, en la cual, el Tranvía puso en pausa sus actividades. En el mes de mayo del mismo año, el Tranvía volvió a la circulación con una tarifa transitoria de \$0.30 y se introdujo la opción de cobro con tarjetas prepago (Merchán, 2019).

A partir del 01 de enero del 2021 el Tranvía funciona con regularidad, con una tarifa de \$ 1 para boletos sencillos y \$0.35 para tarifas multiviaje canceladas con tarjeta (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2020).



*Figura 39: Tranvía circulando el redondel Simón Bolívar fuente : autores*

### **2.6.1 Línea de tiempo**

A continuación, se presenta la línea de tiempo de la evolución del transporte público en la ciudad de Cuenca desde sus inicios en los años 60 hasta la fase operacional del Tranvía en el año 2021:

## LINEA DE TIEMPO - EVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE CUENCA

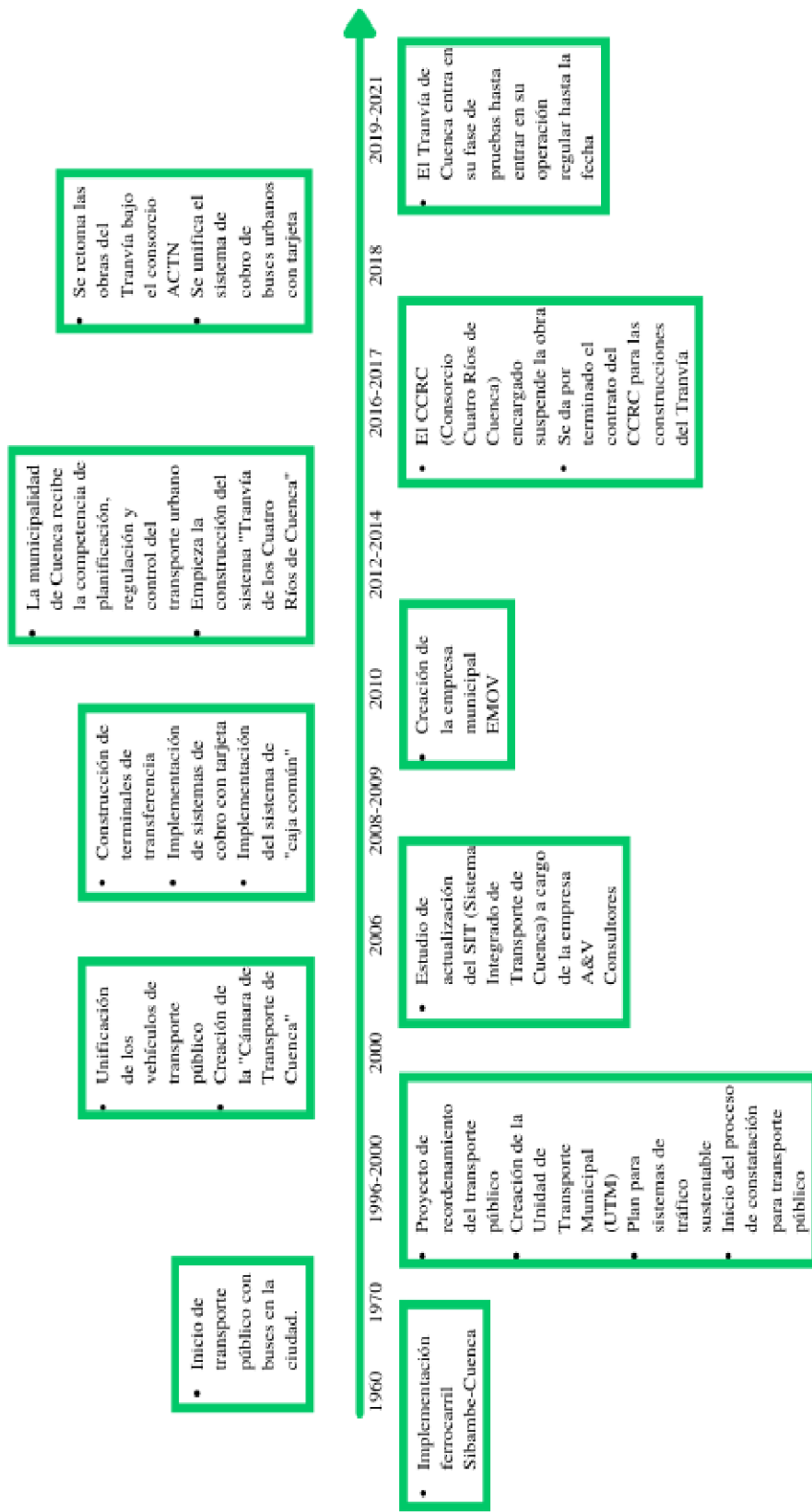


Figura 40: Línea de tiempo de evolución del transporte público en la ciudad de Cuenca fuente: autores

## **2.7 El Tranvía**

El Tranvía es un vehículo de conducción eléctrica el cual se desplaza sobre rieles que contienen una rodadura metálica que re-direcciona al mismo. Es un medio de transporte pensado para el transporte masivo de personas dentro de las ciudades, los tranvías operan conjuntamente con el tráfico de la ciudad requiriendo señalización auxiliar para su incorporación al tráfico urbano.

El tranvía fue inventado por el inglés John Outram en 1775, en ese entonces funcionaba por medio de tracción animal, halada por dos caballos, fueron muy populares dentro de la ciudad hasta que en el siglo XIX la tracción eléctrica reemplazaba a la tracción animal y es allí cuando los Tranvías adquieren importancia y seriedad como un medio de transporte público (Cruz & Virviescas, 2018).

Durante los años 30 se creía que el Tranvía tenía sus días contados, pues en varias ciudades de Europa tuvieron que competir contra un sistema de autobuses más moderno y flexible, sin embargo, el Tranvía siguió utilizándose cuando los autobuses y taxis generaban cada vez más tráfico sobre todo en las ciudades de rápido crecimiento. Fue allí cuando los Tranvías adquirieron fuerza como un medio de transporte alternativo más limpio, rápido y eficiente saltándose todo el tráfico de una ciudad, ya que el Tranvía se desplaza por sus propias líneas de conducción siguiendo una ruta la cual no varía a lo largo de su trayecto.

### **2.7.1 Los Sistemas de Transporte LRT (Light Railway Transit)**

Los sistemas LRT son sistemas más conocidos con el nombre de tranvías o metros ligeros; surgieron en año 1832, llegaron a latino américa en año 1858 comenzando su uso en países como México, Cuba y Chile, su uso principal fue para el transporte de carga y eran halados por caballos (Cruz & Virviescas, 2018).

Una característica que hay que tener en cuenta de los sistemas LRT, es que son sistemas con menos capacidad que un tren o un metro, además de ocupar obviamente un menor espacio de superficie, a pesar de ello es un sistema de transporte muy usado dentro de las ciudades debido a que provoca una movilización continua en su interior.

### **2.7.2 Tipos de Tranvías**

Según el documento escrito por Cruz y Virviescas “*Evaluación de la Operación del Tranvía de Cuenca Ecuador y del Tranvía de Medellín Colombia*” podemos diferenciar cuatro tipos de Tranvías que mencionaremos a continuación:

**Tranvía Convencional:** Este tipo de Tranvía se moviliza por medio de rieles, comparte su trayectoria con el tráfico de la ciudad, además de que circula en áreas urbanas. Este es el tipo de Tranvía que se encuentra en la ciudad de Cuenca.



*Figura 41: Tranvía Convencional de la ciudad de Cuenca, Ecuador fuente: autores*

**Metro Ligero:** Su alcance es mayor al Tranvía Convencional conectando áreas periféricas con el centro de la ciudad, generalmente posee su propia plataforma de desplazamiento, excepto en intersecciones con tráfico mixto (Cruz & Virviescas, 2018).



Figura 42: El Metro Ligero de Oporto fuente: <https://www.trenvista.net>

Tren-tram: tranvía capaz de tener doble funcionalidad como un tren convencional y un tranvía urbano; de infraestructura robusta y capaz de circular en velocidades que van desde los 30km/h a los 100km/h, adaptándose al tráfico de zonas interurbanas y metropolitanas de la ciudad de manera sencilla (Cruz & Virviescas, 2018).



Figura 43: El Tren-tram de Zaragoza, España fuente: <https://arainfo.org>

Pre-metro: por último tenemos al Pre-metro un vehículo que circula parcialmente en túneles y de manera exclusiva en núcleos urbanos, su trayectoria de recorrido no es muy larga.



Figura 44: Pre-metro de Buenos Aires, Argentina fuente: <https://elintransigente.com>

## **2.8 Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca**

### **2.8.1 Antecedentes**

La idea de la implementación del sistema de transporte público Tranvía en la ciudad de Cuenca, surge a raíz de una creciente demanda de movilización dentro de la ciudad, a esto se le suma un constante crecimiento del parque automotor registrado en el 2011 (cerca del 8% anual), lo cual, provoca un aumento en la congestión vehicular y mayores niveles de contaminación (Arévalo, y otros, 2015).

El proyecto tranviario presentó a la ciudadanía una manera más óptima de movilizarse desde el norte hasta el sur de la ciudad pasando por lugares estratégicos, como el Centro Histórico, el Aeropuerto, el Terminal Terrestre y la Feria Libre, entre otros. Su presupuesto inicial fue de 232 millones de dólares en el 2013, sin embargo, esta cantidad aumentó a 282 millones al momento de su finalización en el 2019 debido a obras adicionales.

A continuación, se presenta un recuento de las principales actividades realizadas durante la ejecución del proyecto “Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca”:

**ACTIVIDADES REALIZADAS A LO LARGO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO TRANVÍA CUATRO RÍOS DE CUENCA**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
2009	Agosto	El exalcalde de la ciudad Dr. Paúl Granda propone la creación de un nuevo sistema de transporte público masivo: El Tranvía de Cuenca.
2011	Noviembre	Inicios de estudios complementarios, ingeniería y diseño final del proyecto por parte de la empresa Red Ferroviaria Vasca, ETS.
2012	Noviembre	El expresidente Rafael Correa firma un convenio de aportación al municipio por la cantidad de 147 millones de dólares para el proyecto "Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca".
2012	Agosto	Entrega de los estudios complementarios, de ingeniería y diseño final por parte de la empresa Red Ferroviaria Vasca, ETS.
2013	Abril	Firma del contrato con ARTELIA, el primer contrato que se efectúa es con el consorcio francés, cuyo cargo será la gerencia y fiscalización externa de todo el proyecto.
2013	Junio	Firma de contrato y convenio con el Consorcio Cuatro Ríos de Cuenca CCRC, se comienzan a intervenir las calles de la ciudad para la implementación de las rieles del Tranvía, comienza la construcción del patio taller.
2013	Junio	Firma de contrato con Alstom: en el contrato se detalla la provisión, instalación y asistencia a la puesta en servicio del Tranvía.
2013	Diciembre	Inicio de las primeras obras civiles, las obras avanzan con normalidad hasta abril del 2014.
2014	Mayo	Primera suspensión en las actividades: los trabajos efectuados para el proyecto Tranvía se detienen con el fin de evaluar su estado, este pedido lo realizó tras llegar a la alcaldía el Ing. Marcelo Cabrera, las obras se detuvieron durante todo ese año.
2014	Agosto	La UNESCO visita la ciudad de Cuenca por invitación del alcalde, con el motivo de evaluar que el nuevo proyecto Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca no represente ninguna amenaza para el patrimonio de la ciudad. Su informe es favorable, lo que da luz verde a la continuación de las obras, sin embargo, se decide esperar para no afectar a los comerciantes durante la época navideña.
2015	Marzo	Inician los trabajos en el Centro Histórico de la Ciudad.
2015	Junio	Llega desde Francia el primer modelo del Tranvía, en total serían 14 el número de unidades que usará el sistema.

2015	Octubre	Inician las primeras pruebas dinámicas con los vagones del Tranvía, estas pruebas las realizan conductores franceses con los vagones vacíos, los recorridos son muy cortos debido a que la plataforma aún no estaba lista.
2015	Noviembre	Fecha de vencimiento del primer plazo, se fija una nueva fecha para julio del 2016.
2016	Julio	Se vence el segundo plazo para la finalización de las obras, la obra se retrasa debido a un incumplimiento del CCRC y por un pedido del municipio de modificar los niveles de rasante en el Centro Histórico.
2016	Agosto	Paralización temporal de las obras efectuadas por parte del CCRC, la movilidad se dificulta debido al abandono de las actividades en las calles de la ciudad.
2017	Enero	Se termina el contrato con CCRC, debido a la presencia de una serie de irregularidades e incumplimientos en el mismo, el municipio da por terminado el contrato con CCRC y empieza un litigio legal, el municipio empieza a hacerse cargo personalmente de una parte de las obras por medio de una administración directa.
2017	Mayo	El tranvía efectúa su segunda prueba dinámica , en este segundo periodo de prueba se evidencia la circulación de más unidades tranviarias.
2017	Octubre	El municipio adjudica la obra al Consorcio ACTN por un contrato de 43,88 millones de dólares y un plazo de 300 días para la finalización de las actividades.
2017	Diciembre	El exalcalde Ing. Marcelo Cabrera firma un contrato con la empresa francesa ACTN Alstom, CIM para la reanudación de los trabajos en el Tranvía de Cuenca.
2018	Marzo	Puesta en marcha de las actividades de reanudación por parte de la empresa encargada ACTN.
2018	Agosto	El municipio firma un contrato con la empresa española Tenerife para el desarrollo de las etapas de pre operación y operación del Tranvía, el monto establecido llega a ser de 3,08 millones de euros (USD 3,32 millones).
2018	Octubre	Tras cumplirse los 300 días y por ende la finalización del tercer plazo establecido por parte del municipio, la empresa encargada ACTN pide una prórroga de 41 días para completar de manera definitiva la ejecución de las obras, debido a que estas aun no estaban completamente concluidas, este pedido de prórroga sería negado por el municipio de Cuenca.
2018	Noviembre	Luego de diálogos por parte del Consorcio ACTN y el municipio de la ciudad de Cuenca, se aprueba una corta prórroga para concluir con las actividades pendientes.

2018	Diciembre	El 14 de diciembre del 2018 el Tranvía de la ciudad de Cuenca sufre su primer choque en la intersección entre la Av. De las Américas y Nicolás de Rocha, durante unas pruebas de circulación.
2019	Marzo	El Tranvía de Cuenca inicia sus primeros viajes con usuarios, aunque aún para el momento no existía alguna tarifa definida.
2019	Mayo	El proyecto "Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca" llega a manos de la alcaldía del Ing. Pedro Palacios, tras evaluar el estado del proyecto se decide que los recorridos con los usuarios deben posponerse para resolver antes una serie de temas pendientes de operabilidad.
2020	Enero	El Tranvía de Cuenca reanuda sus pruebas pre operativas, el alcalde Pedro Palacios comenta que para el segundo semestre del año en curso el Tranvía iniciará su operación en su etapa comercial.
2020	Marzo	El Consejo Cantonal fija las tarifas de pasaje tras un estudio de consultoría, montos que al día de hoy se cobran por la utilización del Tranvía.
2020	Agosto	Se pretende unificar las tarjetas del bus urbano con las del Tranvía, sin embargo, por desacuerdos y conflictos de interés, no llegó a concretarse dicho proyecto, ese mismo año se repartieron cerca de 50600 tarjetas de Tranvía de manera gratuita con el fin de fomentar su uso en la ciudadanía.
2020	Septiembre	El Tranvía de Cuenca inició finalmente su operación comercial y se elimina la línea 100.
2021	Enero	La Cámara de Transporte de Cuenca anuncia el retorno de la línea 100.

*Tabla 12: Actividades realizadas en la implementación del Tranvía de Cuenca fuente: (Beltrán, 2020)*

### **2.8.2 Aspectos Operacionales del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca**

El Tranvía de la ciudad de Cuenca cuenta con un modelo de vehículos Citadis 302, de la compañía Alstom, las dimensiones del vagón son de 33 metros de largo por 3,28 metros de alto. El Tranvía de Cuenca se encuentra compuesto por 5 módulos, dos motores, una cabina, una góndola transportadora y dos cajas suspendidas, se encuentra diseñado para abastecer albergar y transportar hasta 300 pasajeros. La velocidad máxima a la que puede llegar el Tranvía es de 70 km/h, aunque circula dentro de la ciudad a un promedio de 22 km/h.

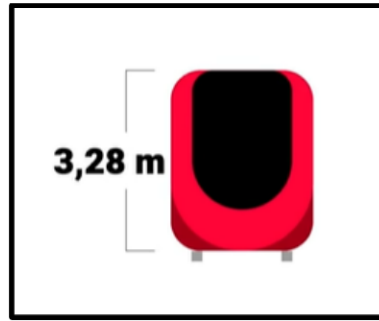


Figura 45: Alto de vagón Citadis 302 de Alstom fuente: (Beltrán, 2020)

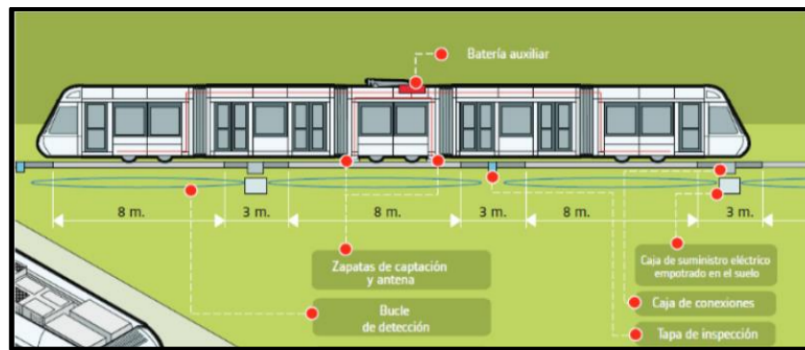


Figura 46: Longitud del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca fuente: (Arévalo, y otros, 2015)

### 2.8.3 Modelo de vagón Citadis 302

Los vagones del Tranvía funcionan por medio de líneas de alimentación con una corriente continua de 750 voltios, poseen baterías de respaldo que, en caso de fallar una alimentación por corriente, estas les permitirán llegar a la siguiente parada, luego de que la tensión convierta la corriente continua en corriente alterna de frecuencia variable se podrá alimentar a los motores que producen la tracción necesaria para movilizar la unidad (Arévalo, y otros, 2015).

El motor del Tranvía impulsa tres bogies cada uno con cuatro ruedas metálicas de 590 mm de diámetro; para su sistema de frenado, el vehículo está implementado con dispositivos de detención anti-patinaje y anti-deslizamiento, además de tener un

mecanismo de frenado eléctrico, mecánico, freno de emergencia y frenado de estacionamiento (Cruz & Virviescas, 2018).

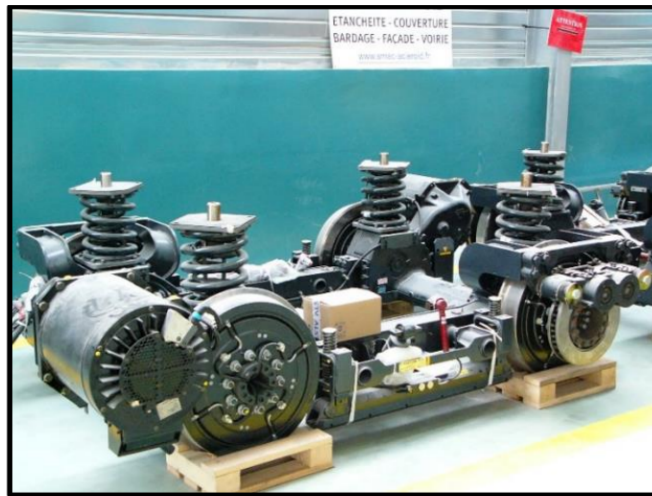


Figura 47: Motor de un Modelo Citadis 302 autor: Claude Shoshany

A continuación, se presenta una tabla en representación de una ficha técnica sobre el modelo Citadis 302 de la compañía Alstom realizado en el trabajo denominado “Evaluación de la Operación del tranvía de Cuenca Ecuador y del tranvía de Medellín Colombia”, en ella se detallan numerosos aspectos mecánicos tras el funcionamiento del Tranvía de Cuenca.

<b>FICHA TÉCNICA DEL MODELO CITADIS 302 DE ALSTOM</b>	
MARCA	MODELO
MODELO	CITADIS 302
AÑOS DE VIDA UTIL	30
COMPOSICIÓN AUTÓNOMA	BIDIRECCIONAL, 5 MÓDULOS ARTICULADOS Y DOS CABINAS DE CONDUCCIÓN
CAPACIDAD DE TRANSPORTE	300 PERSONAS
CONSUMO DE ENERGÍA	750 VOLTIOS DE CORRIENTE CONTINUA
MOTORES	4 DE 120 KW DE POTENCIA UNITARIA

VELOCIDAD COMERCIAL	MÁXIMA 70 km/h Y MEDIA 20 km/h
DIMENSIÓN	LARGO: 32,55 m, ANCHO: 2,65m, ALTURA: 3,47m
DIÁMETRO DE LAS RUEDAS	590 mm NUEVAS Y 530 mm DESGASTADAS
PESO DEL TRANVÍA	40 T VACÍO Y 56,65 T CARGADO
ANCHO LIBRE EN LAS PUERTAS	0,800 m EN LAS SENCILLAS Y 1,300 m EN LAS DOBLES
MATERIALES DE LA ESTRUCTURA Y CAJA	ALUMINIO Y ACERO
COMPOSICIÓN	3 BOGÍES, 5 MÓDULOS
PISO	PISO INTEGRAL
PUERTAS	12 PUERTAS DE ACCESO, 6 A CADA LADO
FRENOS	FRENO DE EMERGENCIA FRENO DE ESTACIONAMIENTO ANTI-PATINAJE Y ANTIDESLIZAMIENTO FRENO ELÉCTRICO Y MECÁNICO

Tabla 13: Ficha Técnica del Citadis 302 de Alstom fuente: (Cruz & Virviescas, 2018)

En cuanto a los aspectos operativos y características en general del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca, hemos preparado una tabla resumen con toda la información principal sobre este modelo de transporte masivo.

<b>ASPECTOS OPERACIONALES DEL TRANVÍA CUATRO RÍOS DE CUENCA</b>			
<b>ASPECTOS</b>		<b>NÚMERO</b>	<b>UNIDADES</b>
Dimensiones	Largo	3,28	metros
	Ancho	33	metros
Capacidad	Sentados	52	personas
	De pie	155	personas
	Total	207	personas
Sistema de boletaje	Número de máquinas expendedoras	39	maquinas
	Puntos de adquisición de tarjetas	5	puntos

Capacidad de servicio diario	Proyección en la alcaldía de Paul Granda	120000	pasajeros
	Proyección en la alcaldía de Marcelo Cabrera	65000	pasajeros
Recorrido total (ida y vuelta)	Distancia	20,4	kilómetros
Distancia de la primera a la última parada		10,7	kilómetros
Velocidad máxima	Avenidas	25	km/h
	Centro Histórico	50	km/h
Tiempo de recorrido	Ida	35	minutos
	Vuelta	35	minutos
Frecuencia de circulación	Hora normal	10	minutos
	Hora pico	6	minutos
Unidades	Número de tranvías que funcionan simultáneamente	12	tranvías
	Número de tranvías de respaldo	2	tranvías
	Número total de tranvías	14	tranvías
Número total de estaciones		27	estaciones
Distancia entre estaciones	Avenidas	400	metros
	Centro Histórico	600	metros
Ancho de la vía férrea		1,435	metros
Tiempo de operación diaria	Operación continua de 6:00 a 22:00	16	horas

Tabla 14: Aspectos operacionales del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca fuente: (Beltrán, 2020)

#### 2.8.4 Sistema Intermodal de Transporte

Un sistema intermodal de transporte comprende la utilización de una serie de mecanismos o sistemas de movilización, el cual consiste en llevar unidades de carga ( $UCI_s$ ) minimizando su manipulación y eliminando los intermediarios que conlleva pasar de un sistema a otro. Un sistema intermodal puede operar con varios mecanismos de transporte, lo cual aumenta su rentabilidad, se reducen costos, se optimiza el tiempo de operación, aumenta la eficiencia, se optimizan los recursos, entre otras.

Dentro de un sistema intermodal de transporte puede existir un sistema multimodal de transporte, el cual consiste en cambio en la utilización de diferentes medios de transporte (carro, bus, tren, barco) para llevar la mercancía de un lugar a otro.

#### ***Ventajas de un Sistema Intermodal de Transporte***

- Reducen los costos de operación
- Reduce y agiliza el tiempo de transporte
- Minimiza la manipulación de carga
- Se adapta a cualquier escenario de transporte
- Hace posible conectar con cualquier punto de destino

#### ***Desventajas del Sistema Intermodal***

- Las rutas de movilización deben ser adecuadas para que el sistema funcione por lo que requiere de una considerable inversión
- Es necesario en ocasiones adaptar varios mecanismos de transporte para que el sistema funcione lo que requiere la inversión en varios medios de transporte.

### **2.8.5 Intermodalidad Aplicada en el Tranvía de Cuenca**

El Tranvía de Cuenca, así como varios de los más recientes medios de transporte, cuenta con un sistema intermodal en su operación que le permite una movilización rápida, silenciosa, con armonía visual y de fácil acceso para la ciudadanía.

Según la ordenanza que regula la operación del Tranvía por la ciudad de Cuenca, una LAC (Línea Aérea de Contacto) conocida también como catenaria constituye un hilo de cobre electrificado, el cual se utiliza para suministrar energía eléctrica necesaria para circular (GAD, Cuenca, 2019).

El Tranvía de la ciudad de Cuenca funciona bajo un sistema intermodal de transporte, este sistema moviliza al Tranvía por medio de una LAC (Línea Aérea de

Contacto) en los 17 km de ruta que están comprendidos fuera del Centro Histórico, por otro lado, en los 4 km restantes donde el Tranvía circula por el centro de la ciudad, se instaló un sistema APS (Alimentación Por Suelo), el mismo que se activa únicamente en el momento en que el Tranvía circula. Una de las razones por las que se implementó un sistema intermodal en la circulación del tranvía por la ciudad de Cuenca fue para minimizar el impacto visual que conllevaría una LAC en las zonas del centro histórico.

La empresa eléctrica ecuatoriana CELEC EP se encarga de suministrar energía eléctrica durante el recorrido del tranvía, se suministran alrededor de 750 Kw de corriente continua (ELUniverso, 2021).

### 2.8.6 Sistema de Alimentación por LAC

Como mencionamos el Tranvía de la ciudad de Cuenca cuenta con una LAC (Línea Aérea de Contacto) o también conocido como Línea de Alta Capacidad, esta línea funciona como un sistema de alimentación de corriente hacia el tranvía; mediante una línea “catenaria” y un pantógrafo, la corriente eléctrica se conduce hacia el tranvía de manera constante a medida que el mismo avanza por la ciudad.

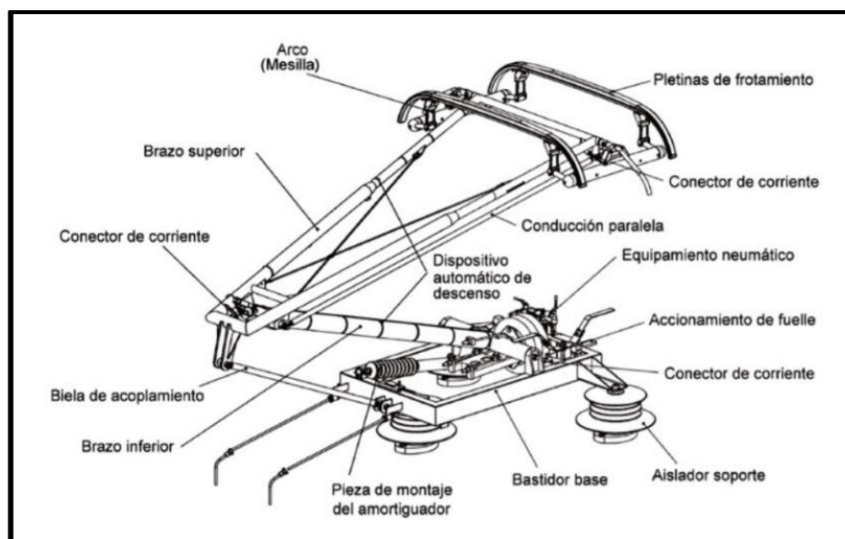


Figura 48: Esquema general de un Pantógrafo fuente: (Álvarez, s.f)



*Figura 49: Línea Aérea de Conducción LAC del Tranvía en Américas y Ordóñez Lasso fuente: autores*

### **2.8.7 Sistema de Alimentación por APS**

El Sistema de Alimentación por Suelo APS es un sistema que hace parte de la intermodalidad con la que el Tranvía circula por la ciudad de Cuenca, el sistema APS del Tranvía que podemos ver en la ciudad de Cuenca, se sitúa en la zona del Centro Histórico, cubriendo una distancia aproximada de 4 km de la ruta.



*Figura 50: Sistema APS de Alstom aplicado en Cuenca fuente: <https://www.trenvista.net>*

### 2.8.8 Análisis de la Ruta del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca

La ruta establecida del Tranvía de Cuenca posee una longitud de 20,4 km (ida y vuelta) y está diseñada para que a lo largo de su trayecto el vehículo ferroviario cruce de norte a sur de manera diagonal por la ciudad.

Tiene un total de 27 paradas estratégicas, 14 en el centro de la ciudad, la ruta de ida y vuelta es similar y se separa una cuadra al momento de ingresar al centro histórico debido a que esta no puede ser muy ancha, las principales avenidas por las que el tranvía circula son la Av. de las Américas y la Av. España, la distancia promedio entre paradas son 400 metros en el centro y 600 metros entre las paradas situadas a lo largo de las avenidas.

Las calles por las que el Tranvía circula por el centro histórico son la Mariscal Lamar, Gran Colombia y Gaspar Sangurima.

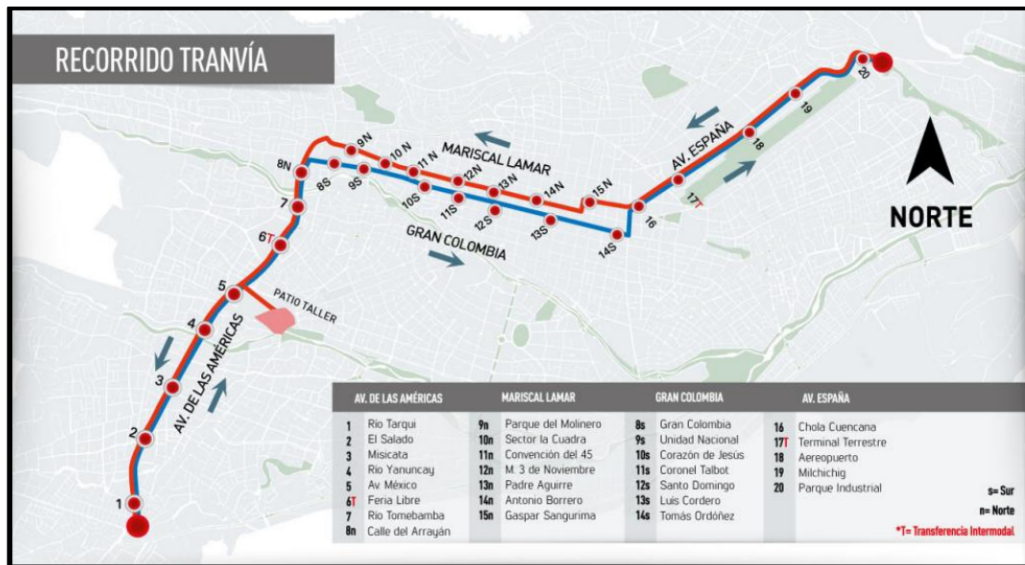


Figura 51: Recorrido del Tranvía de Cuenca fuente: (tranvía, 2019)

### 2.9 Registro de accidentes del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca

Debido a los accidentes que se han ido presentando desde la implementación y fase de pruebas del sistema tranviario, la empresa encargada “Tranvía de los Cuatro Ríos

de Cuenca” ha recopilado un registro de todos los accidentes ocurridos desde el 2019, el cual, mediante una solicitud a la información pública, fue obtenido para su análisis en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

### 2.9.1 Análisis del Registro de Accidentes por su Tipología.

AÑO	TIPO DE ACCIDENTE	
	Tipo	Número
2019	Choque lateral	5
	Choque Frontal	2
2020	Choque Lateral	11
	Choque Frontal	6
	Atropello	1
2021	Choque Lateral	8
	Choque Frontal	9
	Atropello	1
TOTAL		43

Tabla 15: Tipos de accidentes ocurridos en contra del Tranvía de Cuenca fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

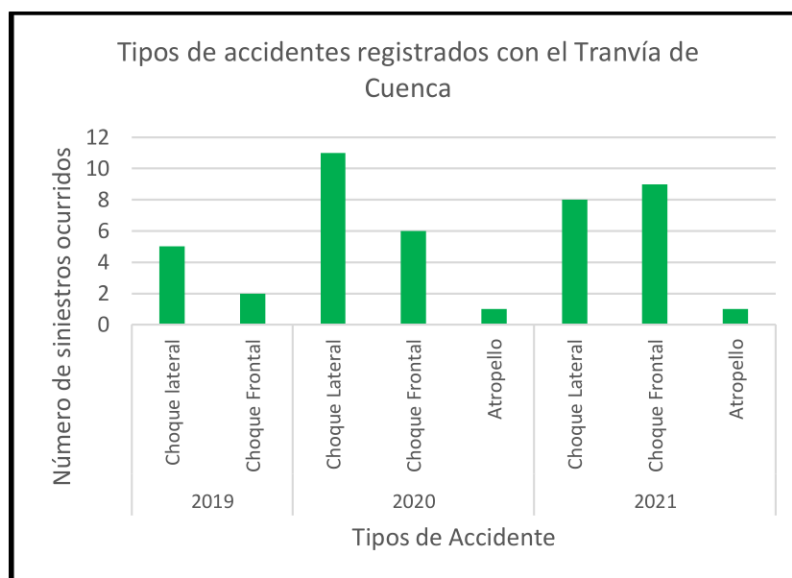


Figura 52: Gráfica de los tipos de accidentes ocurridos en contra del Tranvía de Cuenca fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía

## 2.9.2 Análisis del Registro de Accidentes por su Tipo de Vehículo.

AÑO	TIPO DE VEHÍCULO	
	Tipo	Número
2019	Automóvil Particular	4
	Motocicleta	3
2020	Automóvil Particular	15
	Motocicleta	2
	Bicicleta	1
2021	Automóvil Particular	13
	Impacto con señal de tránsito	1
	Motocicleta	3
	Tranvía impacta a peatón	1

Tabla 16: Tipo de vehículos de transporte relacionados en incidentes de tránsito con el Tranvía de Cuenca

fuelle: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

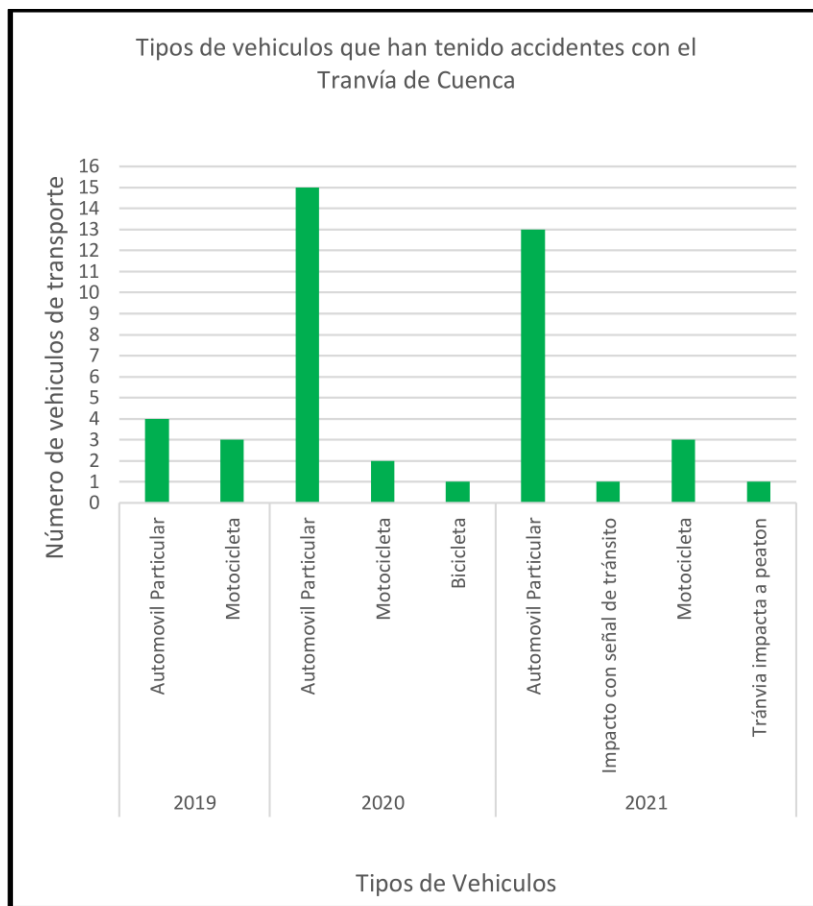


Figura 53: Tipos de vehículos que han sufrido accidentes con el Tranvía hasta la fecha fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

### 2.9.3 Análisis del Registro de Accidentes por su Causa más frecuente.

AÑO	CAUSA	
	Tipo	Número
2019	Invasión de la vía	4
	Conductor en estado de embriaguez	1
	Giro indebido	1
2020	Invasión de la vía	10
	Giro indebido	5
2021	Invasión de la vía	15
	Peatón en estado de embriaguez - invasión de la vía	1
	Giro indebido	1

Tabla 17: Causas más comunes de los accidentes de tránsito contra el Tranvía de Cuenca fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

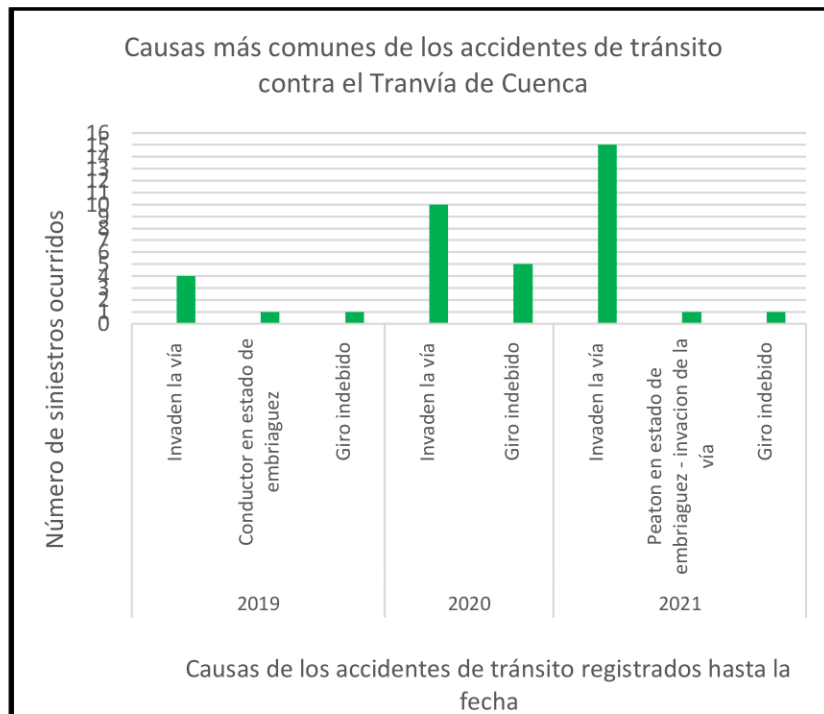


Figura 54: Causas de los accidentes de tránsito contra el Tranvía de Cuenca fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

La información anteriormente analizada parte de un registro de accidentes de tránsito ocurridos contra el Tranvía de Cuenca, desde el año 2019 hasta el año 2021. En base a la información de la tabla número 15 , podemos concluir que, en cuanto a tipos de accidentes registrados, los más comunes son los choques laterales y frontales, según la tabla numero 16 los accidentes más frecuentes que ha tenido el Tranvía han sido con automóviles particulares seguido de motocicletas.

En cuanto a las causas de los accidentes registrados podemos observar según la tabla número 17 que la causa más común se da por una invasión en la ruta establecida del Tranvía, esta categoría abarca distintos motivos como por ejemplo el irrespeto a las señales de tránsito, manejar de manera distraída, manejar en exceso de velocidad o inclusive en estado de embriaguez, entre otras; la causa concurrente más común que se observó en los registros de accidentes fue: el irrespeto a las señales de tránsito.

En las Figuras 56, 57 y 58 se presentan el registro de accidentes de cada intersección dividido en el número de accidentes que han ocurrido por año. Los datos adicionales de los accidentes registrados por la empresa encargada como su fecha, hora y descripción se presentarán en el registro de accidentes adjunto en el anexo I.

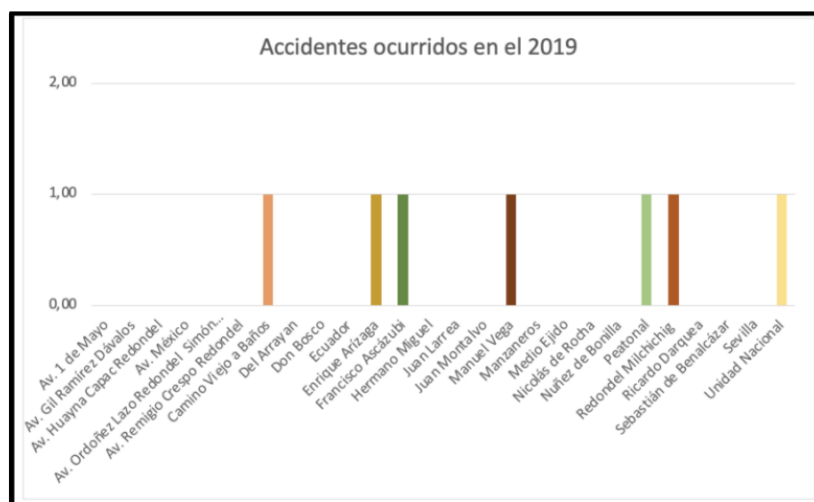


Figura 55: Número de accidentes ocurridos en cada intersección de la ruta del tranvía en el año 2019

fuelle: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

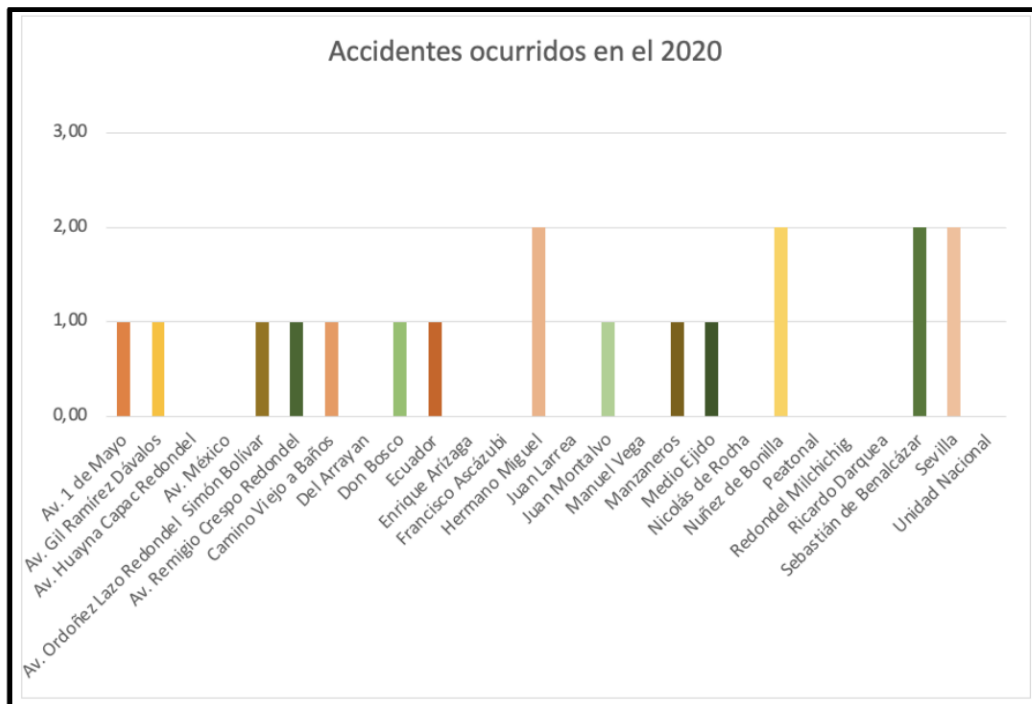


Figura 56: Número de accidentes ocurridos en cada intersección de la ruta del tranvía en el año 2020

fuentes: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

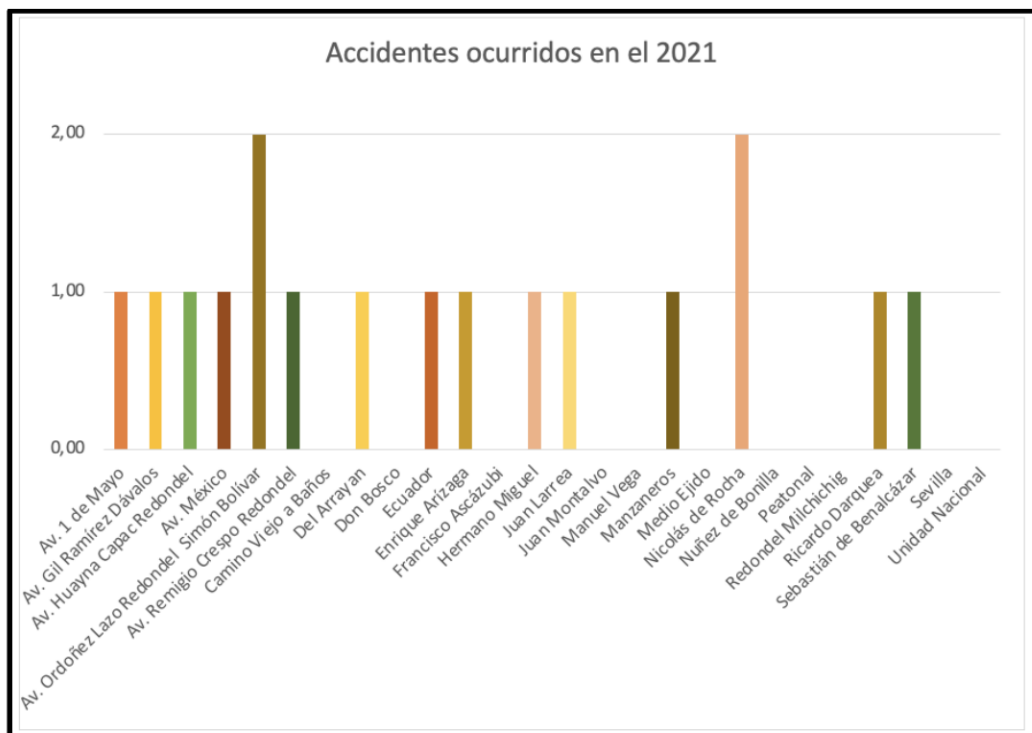


Figura 57: Número de accidentes ocurridos en cada intersección de la ruta del Tranvía en el año 2021

fuentes: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

## 2.9.4 Análisis de Índices de accidentabilidad en la ruta del Tranvía.

Según lo presentado en el registro de accidentes entregado por la empresa municipal Tranvía, se puede observar que la accidentabilidad con el sistema tranviario se encuentra presente en todas las intersecciones de su ruta. En la figura 59 se presentan los porcentajes de accidentabilidad para cada intersección en base a los accidentes ocurridos desde el 2019.

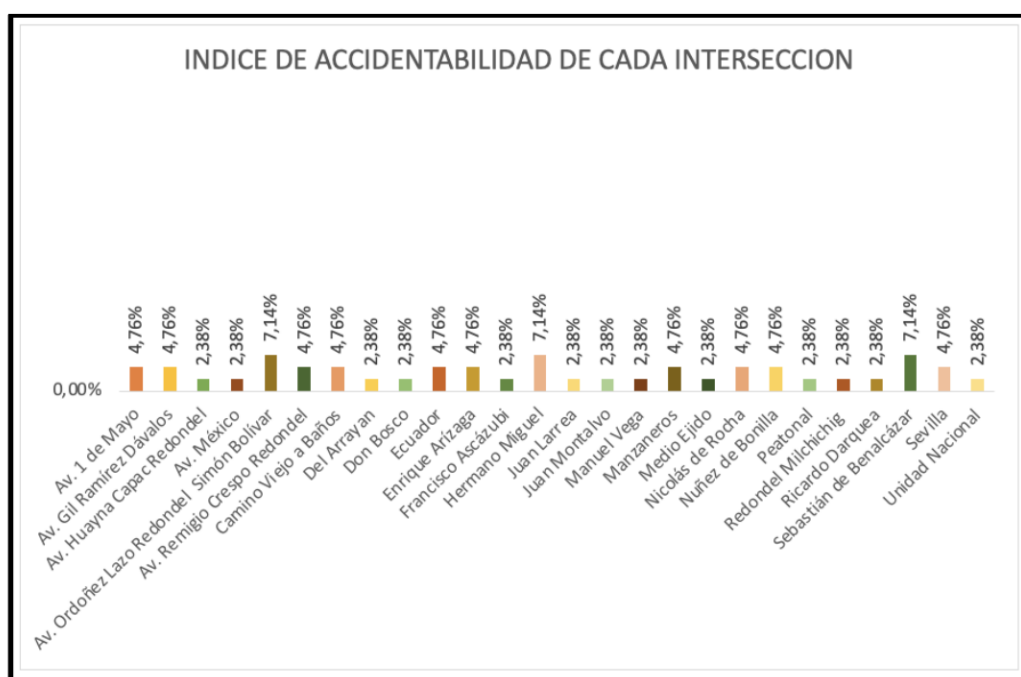


Figura 58: Índice de accidentabilidad de cada intersección de la ruta del tranvía. fuente: Registro de accidentes proporcionado por la empresa Tranvía.

En las gráficas presentadas se puede observar que las intersecciones que poseen un mayor índice de accidentabilidad con relación a otras, son la Av. Ordoñez Lasso Redondel Simón Bolívar, la Calle Hermano Miguel y la Calle Sebastián de Benalcázar.

De igual manera, se puede observar, dentro de las gráficas presentadas, que las intersecciones con un menor índice de accidentabilidad son: Av. Huayna Cápac Redondel de la Chola Cuencana, Av. México, Calle Del Arrayan, Av. Don Bosco, Calle Francisco Ascazubi, Calle Juan Larrea Guerrero, Calle Juan Montalvo, Calle Manuel Vega, Calle

Medio Ejido, Redondel de Milchichig, Calle Ricardo Darquea y Unidad Nacional. De entre las cuales se realiza un análisis de la Av. Huayna Cápac Redondel de la Chola Cuencana como la intersección que posee el menor índice de accidentabilidad debido a que presenta condiciones similares con la intersección Redondel Simón Bolívar, lo cual, facilitará su comparación para la determinación de los factores que producen accidentes en el sistema tranviario.

#### **2.10 Intersección: Redondel Simón Bolívar**

Según lo mencionado en el registro de accidentes, el Redondel Simón Bolívar se considera como la intersección del sistema tranviario con mayor índice de accidentabilidad a lo largo de su ruta, ya que, en esta se han presentado el 7,14% de los accidentes ocurridos desde la puesta en marcha del Tranvía.

El redondel Simón Bolívar es una intersección que se encuentra al noroeste de la ciudad, en la cual intersectan las vías Av. de las Américas, Gran Colombia y la Av. Ordoñez Lasso, lo que produce un alto flujo de vehículos y una mayor posibilidad de accidentes debido a que son vías de uso muy frecuente en la ciudad.

Esta intersección se encuentra conformada por dos entradas y dos salidas de la Av. de las Américas, una entrada y salida de la av. Ordóñez Lasso y una entrada y salida de la Calle Gran Colombia. Las vías del sistema tranviario que circulan por el redondel Simón Bolívar ingresan por las dos entradas opuestas de la Av. de las Américas, y mientras que una continua por la misma avenida con dirección a la Feria Libre El Arenal, la otra ruta gira con dirección a la calle Gran Colombia. Para la implementación de estas rutas del sistema tranviario, fue necesario realizar la reducción de sección de carril en estas vías, convirtiendo la entrada norte de la Av. de las Américas y la salida a la Calle Gran Colombia en calzadas de un solo carril.

**Antes**

**Después**



*Figura 59: Ingreso al redondel Simón Bolívar por la av. De las Américas (entrada norte), antes y después de la implementación del tranvía. fuente: autores*

Para la implementación del Tranvía también fue necesario la instalación de varios tipos de señalización en el redondel, como señalización horizontal en la pintura de la calzada, vertical para las diferentes señales de tránsito y la implementación de semaforización preferencial al Tranvía antes de los cruces de vías.



*Figura 60: Semaforización en el redondel Simón Bolívar fuente: autores*

## **2.11 TPDA de las calles que intersectan al redondel Simón Bolívar**

Para la obtención del TPDA de la intersección de mayor accidentabilidad, como un punto más de comparación para el análisis de factores que producen los accidentes del sistema tranviario, se procedió a la realización de conteos de 12 horas en cada uno de los ingresos de la intersección, para así poder obtener el volumen de tránsito que ingresa al redondel en el día y tiene posibilidad de estar involucrado en un accidente con el Tranvía. Estos conteos fueron realizados por los estudiantes de 7mo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Cuenca bajo la supervisión del docente de la materia de tránsito.

Debido a que los conteos de las 4 entradas a la intersección fueron tomados en condiciones similares, se procederá a la realización del cálculo de los factores de expansión o mayor ración de tráfico aplicables para cada ingreso y para el TPDA total de la intersección.

### **2.11.1 Cálculo de TPDA y FHMD en las intersecciones del Redondel Simón Bolívar**

#### ***Av. Ordoñez Lasso***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 1 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las gráficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 1 y 2.

### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$FHMD = \frac{1293}{4 * 347}$$

$$FHMD = 0,9315$$

### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el  $T_o$  será tomado como el mayor valor de la figura 2 del anexo II.

Cálculo TPDA		
fh	1,046	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,098230682	
fe	1,224359512	
Ta	1293	
TPDA	$Ta * fh * fd * fs * fm =$	1583

*Tabla 18: cálculo TPDA Av. Ordoñez Lasso fuente: autores*

### ***Av. De las Américas (Bajada)***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 2 en el Anexo 1. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). La graficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo 1 en las figuras 3 y 4.

### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$FHMD = \frac{1022}{4 * 285}$$

$$FHMD = 0,8964$$

### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el  $T_o$  será tomado como el mayor valor de la figura 4 del anexo II.

Cálculo TPDA		
fh	1,046	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,098230682	
fe	1,224359512	
Ta	1022	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	1251

*Tabla 19: cálculo TPDA Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores*

### ***Av. de las Américas (Subida)***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 3 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las graficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 5 y 6.

### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$FHMD = \frac{426}{4 * 123}$$

$$FHMD = 0,8658$$

### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el  $T_0$  será tomado como el mayor valor de la figura 6 del anexo II.

Cálculo TPDA		
fh	1,046	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,098230682	
fe	1,224359512	
Ta	426	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	522

*Tabla 20: Cálculo TPDA Av. De las Américas (Subida) fuente: autores*

### ***Calle Gran Colombia***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 4 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). La graficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 7 y 8.

### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$FHMD = \frac{525}{4 * 157}$$

$$FHMD = 0,8359$$

### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el  $T_o$  será tomado como el mayor valor de la figura 8 del anexo II.

Cálculo TPDA		
fh	1,046	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22435951	
TA	525	
TPDA	TA*fh*fd*fs*fm=	643

*Tabla 21 cálculo TPDA Gran Colombia fuente: autores*

### ***Redondel Simón Bolívar***

Para la obtención del TPDA del redondel de mayor accidentabilidad se procedió a la suma de todos los vehículos que ingresaron al mismo durante el conteo. Esta tabla se encuentra como tabla 5 dentro del anexo II.

De la misma manera que en las intersecciones, se procederá al cálculo del factor horario de máxima demanda de la intersección en su totalidad. Las figuras representativas para la obtención de los valores estarán presentes en el anexo II como figura 9 y figura 10.

### Cálculo FHMD

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{3030}{4 * 814}$$

$$PHF = 0,9305$$

### Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para la obtención del valor de TPDA el To será tomado como el mayor valor de la figura 10 del anexo II.

Cálculo TPDA		
fh	1,046	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,098230682	
fe	1,224359512	
To	3030	
TPDA	To*fh*fd*fs*fm=	3710

Tabla 22: cálculo TPDA Redondel Simón Bolívar fuente: autores

## 2.12 Cálculo de los niveles de servicio en el redondel Simón Bolívar

Para el cálculo de los niveles de servicio en las vías del redondel de mayor índice de accidentabilidad, se procederá con la metodología explicada anteriormente mediante la utilización de las tablas de la normativa SIECA y el HCM.

Se procederá al cálculo de los niveles de servicio por separado de cada una de las vías que llegan a la intersección de mayor accidentabilidad.

### Av. Ordoñez Lasso

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. Ordoñez Lasso
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	55
Ancho de carril (m)	3,075
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	0%
VHMD (vehículos)	1293
FHMD	0,93155
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	1388
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	5,09
%buses PB	1,62
%vehiculos recreativos PR	6,702

Tabla 23: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

#### Relación volumen capacidad de la vía V/C

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento obtenida del HCM y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

V/C	Av. Ordoñez Lasso
A	0,15
B	0,27
C	0,43
D	0,64
E	1

Tabla 24: V/C Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

#### Factor de ajuste FD

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	Av. Ordoñez Lasso
factor ajuste FD	0,71

Tabla 25: Fd Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

### *Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante fotogrametría, los valores del factor  $F_w$  para los diferentes niveles de servicio serán:

FW	Av. Ordoñez Lasso
A	0,58
B	0,58
C	0,58
D	0,58
E	0,75

Tabla 26: Fw Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

### *Factor de ajuste FHV*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del  $F_{hv}$  serán:

Camiones ET	Av. Ordoñez Lasso
A	2
B	2,2
C	2,2
D	2
E	2
Buses EB	
A	1,8
B	2
C	2
D	1,6
E	1,6
Vehiculos recreativos ER	
A	2,2
B	2,5
C	2,5
D	1,6
E	1,6

Tabla 27: factores de vehículos equivalentes Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv serán:

FHV = $(1/(1+PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)))$	Av. Ordoñez Lasso
A	0,873908925
B	0,849033376
C	0,849033376
D	0,908403825
E	0,908403825

Tabla 28: Fhv Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Av. Ordoñez Lasso
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	151,147792
B	264,3217497
C	420,9568606
D	670,352606
E	1354,430104

Tabla 29: Niveles de servicio Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. Ordoñez Lasso es de 1388, por lo que, al ser mayor que el ideal para el nivel de servicio E, esta vía se encuentra con un nivel de servicio F.

#### **Av. de las Américas (Bajada)**

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. De las Americas ( Bajada )
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	30
Ancho de carril (m)	3,1
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	100%

VHMD (vehículos)	1022
FHMD	0,8964
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	1140
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	2,69
%buses PB	0,38
%vehiculos recreativos PR	7,63

Tabla 30: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

#### Relación volumen capacidad de la vía V/C

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento obtenida del HCM y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

V/C	Av. De las Americas ( Bajada )
A	0,04
B	0,16
C	0,32
D	0,57
E	1

Tabla 31: V/C Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

#### Factor de ajuste FD

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	Av. De las Americas ( Bajada )
factor ajuste FD	0,71

Tabla 32: Fd Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

#### Factor de ajuste FW

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía,

obtenidos mediante fotogrametría, los valores del factor  $F_w$  para los diferentes niveles de servicio serán:

FW	Av. De las Americas ( Bajada )
A	0,58
B	0,58
C	0,58
D	0,58
E	0,75

Tabla 33:  $F_w$  Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

#### Factor de ajuste FHV

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del  $F_{hv}$  serán:

Camiones ET	Av. De las Americas ( Bajada )
A	2
B	2,2
C	2,2
D	2
E	2
<b>Buses EB</b>	
A	1,8
B	2
C	2
D	1,6
E	1,6
<b>Vehiculos recreativos ER</b>	
A	2,2
B	2,5
C	2,5
D	1,6
E	1,6

Tabla 34: factores de vehículos equivalentes Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de  $F_{hv}$  será:

FHV = $(1/(1+ PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)))$	Av. De las Americas ( Bajada )
A	0,891662951
B	0,869164646
C	0,869164646
D	0,930267173
E	0,930267173

Tabla 35: Fhv Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Av. De las Americas ( Bajada )
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	41,12492198
B	160,3490565
C	320,698113
D	611,4020987
E	1387,028355

Tabla 36: Niveles de Servicio Av. de las Américas (Bajada) fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. de las Américas (Bajada) es de 1140, por lo que, se encuentra más cercano al nivel de servicio E.

#### Av. de las Américas (Subida)

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. De las Americas ( Subida)
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	30
Ancho de carril (m)	3
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	100%
VHMD (vehículos)	426
FHMD	0,9102
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	468
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	4,035
%buses PB	0,9836
%vehiculos recreativos PR	9,5586

Tabla 37: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. De las Américas (Subida) fuente: autores

### *Relación volumen capacidad de la vía V/C*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

V/C	Av. De las Americas ( Subida)
A	0,04
B	0,16
C	0,32
D	0,57
E	1

*Tabla 38: V/C Av. De las Américas (Subida) fuente: autores*

### *Factor de ajuste FD*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	Av. De las Americas ( Subida)
factor ajuste FD	0,71

*Tabla 39: Fd Av. De las Américas (Subida) fuente: autores*

### *Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor *Fw* para los diferentes niveles de servicio serán:

FW	Av. De las Americas ( Subida)
A	0,58
B	0,58
C	0,58
D	0,58
E	0,75

*Tabla 40: Fw Av. De las Américas (Subida) fuente: autores*

### Factor de ajuste FHV

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

Camiones ET	Av. De las Americas ( Subida)
A	2
B	2,2
C	2,2
D	2
E	2
Buses EB	
A	1,8
B	2
C	2
D	1,6
E	1,6
Vehiculos recreativos ER	
A	2,2
B	2,5
C	2,5
D	1,6
E	1,6

Tabla 41: factores de vehículos equivalentes Av. De las Américas (Subida) fuente: autores

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

$FHV = \frac{1}{(1+PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1))}$	Av. De las Americas ( Subida)
A	0,8599029
B	0,832199462
C	0,832199462
D	0,90612278
E	0,90612278

Tabla 42: Fhv Av. De las Américas (Subida) fuente: autores

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Av. De las Americas ( Subida)
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	39,66009758
B	153,5294827
C	307,0589655
D	595,5336121
E	1351,029066

Tabla 43: Niveles de Servicio Av. de las Américas (Subida) fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. De las Américas (Subida gimnasio) es de 468, por lo que, se encuentra más cercano al nivel de servicio D

### **Calle Gran Colombia**

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Gran Colombia
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	50
Ancho de carril (m)	4,2
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	0%
VHMD (vehículos)	525
FHMD	0,8359
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	628
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	2,029
%buses PB	1,4142
%vehiculos recreativos PR	6,7636

Tabla 44: Datos para el cálculo de niveles de servicio Gran Colombia fuente: autores

### **Relación volumen capacidad de la vía V/C**

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

V/C	Gran Colombia
A	0,15
B	0,27
C	0,43
D	0,64
E	1

Tabla 45: V/C Gran Colombia fuente: autores

#### Factor de ajuste $FD$

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste  $Fd$  será:

	Gran Colombia
factor ajuste $FD$	0,71

Tabla 46:  $Fd$  Gran Colombia fuente: autores

#### Factor de ajuste $FW$

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor  $Fw$  para los diferentes niveles de servicio serán:

FW	Gran Colombia
A	0,7
B	0,7
C	0,7
D	0,7
E	0,88

Tabla 47:  $Fw$  Gran Colombia fuente: autores

#### Factor de ajuste $FHV$

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones,

buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

Camiones ET	Gran Colombia
A	2
B	2,2
C	2,2
D	2
E	2
<b>Buses EB</b>	
A	1,8
B	2
C	2
D	1,6
E	1,6
<b>Vehiculos recreativos ER</b>	
A	2,2
B	2,5
C	2,5
D	1,6
E	1,6

Tabla 48: factores de vehículos equivalentes Gran Colombia fuente: autores

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

$FHV = (1/(1+ PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)))$	Gran Colombia
A	0,898660887
B	0,877236075
C	0,877236075
D	0,935141573
E	0,935141573

Tabla 49: Fhv Gran Colombia fuente: autores

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Gran Colombia
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	187,5864736
B	329,6056648
C	524,9275403
D	832,8595283
E	1635,974073

Tabla 50: Niveles de Servicio Calle Gran Colombia fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Gran Colombia es de 628, por lo que, se encuentra más cercano al nivel de servicio C.

### **2.13 Levantamiento con Dron**

Para el levantamiento de información en las dos intersecciones de interés se realizó un vuelo con dron, con el objetivo de obtener información geográfica del lugar, con la información una vez procesada se realizaron 2 láminas tamaño A2 escala 1:750 en donde se muestra a escala el redondel con sus respectivas intersecciones e información de secciones tipo de cada una de ellas, toda esta información se la podrá observar en los planos adjuntos dentro del Anexo 2 del presente documento.



*Figura 61: Dron utilizado para el levantamiento de información topográfica fuente: autores*

### **2.14 Acciones tomadas por la empresa Tranvía para disminuir la accidentabilidad**

Desde la implementación del Tranvía en la ciudad en el año 2018, la empresa municipal encargada ha buscado soluciones que disminuyan los índices de accidentabilidad en las intersecciones de la ruta tranviaria. Entre estas soluciones se pueden destacar la colocación de señalización horizontal como pintura en las calzadas de las vías y la implementación de delineadores a lo largo de la ruta tranviaria, con el objetivo de delimitar y organizar el tráfico que pasa por cada intersección.



*Figura 62: Delineadores de tráfico vehicular en la ciudad del Cuenca fuente: <https://twitter.com/emov>*

Debido al alto nivel de accidentabilidad observado en la intersección del Redondel Simón Bolívar, la empresa encargada de la operación del Tranvía se ha planteado la implementación de una semaforización auxiliar adicional a la ya existente, buscando así que los usuarios de vehículos particulares tengan un mejor desenvolvimiento ante la señalización y respeten los cruces con el sistema tranviario de la ciudad.

#### **2.14.1 Implementación de la semaforización auxiliar en el redondel Simón Bolívar**

Para el análisis del impacto producido por la semaforización auxiliar en la intersección de mayor accidentabilidad, se procedió a realizar un conteo parcial de todos los vehículos que irrespetan las señales de tránsito antes y después de la implementación de dicha semaforización. Los conteos se realizaron en periodo de tiempo de 6 horas diarias durante una semana, tomando así, el número de vehículos que tiene mayor posibilidad de estar involucrado en un accidente durante las 3 horas del día en que se presenta un mayor flujo vehicular por la zona y en 3 horas consecuentes para su comparación con el desenvolvimiento del tráfico bajo situaciones normales.

Dentro de los conteos, los parámetros tomados en cuenta para la realización del análisis son:

- “Total de vehículos que cruzan el semáforo en rojo antes de que pase el Tranvía”

Este parámetro se contempla como el más importante ya que podrá determinar de forma directa si la intervención de la señalización auxiliar puede reducir el nivel de accidentabilidad de la intersección.

- “Tiempo en que los vehículos se detienen cuando el semáforo del Tranvía cambia a rojo”.

Se define como los tiempos de reacción de los conductores con el sistema de semaforización.

- “Total de vehículos que cruzan el semáforo en rojo después de que el Tranvía pasa por la intersección”.

Este parámetro determina todos los vehículos que cruzan por la intersección del Tranvía, después de que este haya pasado, pero sin que el tiempo para que se pueda volver a circular comience.

- “Tiempo hasta que se regula la intersección después de que pasa el Tranvía”.

Este parámetro hace referencia a cuánto tiempo se demoran los vehículos en volver a circular con normalidad después del paso del Tranvía, para este parámetro se considera el tiempo desde que el semáforo del Tranvía deja de estar en rojo, hasta que el tráfico en la intersección vuelva a fluir y su fila de vehículos en la intersección circule con normalidad nuevamente.



*Figura 63: Realización de conteos en el redondel Simón Bolívar fuente: autores*

### **2.14.2 Tipo de Semaforización**

La semaforización auxiliar que se implementó en la intersección de mayor accidentabilidad consiste en dos semáforos de doble óptica tipo 12-100, con fases de rojo y amarillo intermitente, colocados a una altura de un metro cincuenta con relación a la vía. Esta semaforización adicional a la existente estará conectada mediante el mismo cableado que llega a la semaforización principal del redondel, por lo que, su programación y tiempos de rojo y amarillo serán los mismos que el resto de los semáforos del tranvía.



*Figura 64 Semaforización auxiliar fuente: autores*

### 2.14.3 Implementación de la Semaforización

La propuesta de semaforización para la disminución de la accidentabilidad en el redondel Simón Bolívar, fue una propuesta planteada por la empresa encargada de la operación del Tranvía de Cuenca, consiste en la implementación de los dos semáforos auxiliares de doble ópticas en las zonas de mayor riesgo dentro de la intersección.

Dentro del análisis de la accidentabilidad del redondel se puede determinar que las dos zonas más propensas en las que puede presentarse un accidente con el Tranvía, es en los cruces de la ruta del mismo con el redondel, siendo la primera una zona de accidentabilidad alimentada por los vehículos que ingresan por la Av. De Las Américas (subida gimnasio) y realizan un giro con dirección hacia la Av. Ordoñez Lasso, y por los vehículos que siguen de frente la calle Gran Colombia.

La segunda zona de análisis para la accidentabilidad del Tranvía se encontrará en el otro cruce de la ruta tranviaria con el redondel, en el cual, los vehículos que ingresan por la Av. De Las Américas (Bajada) y realizan un giro con dirección hacia la Gran COLOMBIA, y los vehículos que siguen de frente la Av. Ordoñez Lasso, estarán más propensos a sufrir un accidente.

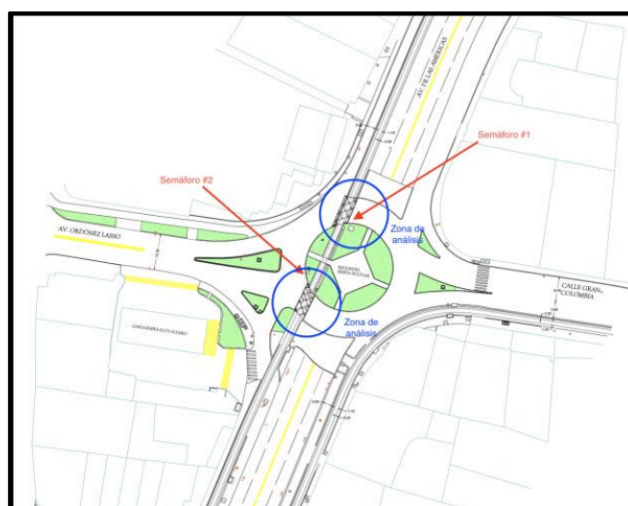


Figura 65: Ubicación semaforización auxiliar fuente: autores

Se coordinó con el personal administrativo del Tranvía para proceder con la implementación de la semaforización auxiliar anteriormente mencionada; los puntos clave fueron los lugares antes de los cruces por los rieles del Tranvía, donde se pretende detener al tráfico en su mayor medida posible y formar una cola de espera mientras pasa la unidad por el sector.



*Figura 66: Colocación de semaforización auxiliar en el Redondel Simón Bolívar fuente: autores*

### **2.15 Intersección: Redondel Chola Cuencana**

Como ya se planteó, la intersección de menor accidentabilidad escogida para el análisis en este trabajo de titulación es la del Redondel de la Chola Cuencana, la misma que, al contar con cuatro ingresos, cuatro salidas, un paso a desnivel y dos cruces con la línea del Tranvía, se convierte en una intersección de condiciones similares a la de mayor accidentabilidad, facilitando así el análisis comparativo de las mismas para la determinación de los factores que producen la accidentabilidad en el sistema tranviario.

El redondel de la Chola Cuencana se encuentra al norte de la ciudad y es intersectado por las avenidas Huayna Cápac, España y Hurtado de Mendoza, además de

la calle Gaspar Sangurima. Esta intersección cuenta con dos cruces con la línea del tranvía, el primero que ingresa por la avenida España y continua hacia la calle Gaspar Sangurima y el segundo que ingresa por la Av. Huayna Cápac y continua hacia la Av. España.

De igual manera que en la intersección de mayor accidentabilidad, fue necesaria la adecuación de la intersección para el paso del sistema tranviario. Entre los cambios más relevantes implementados en el redondel se encuentran, la reducción del ancho de carril en la entrada y salida de la avenida España, la reducción de ancho de carril en el ingreso por la Av. Huayna Cápac, el cambio de lado de la entrada vehicular de la calle Gaspar Sangurima, el cierre de la anterior entrada de la calle Gaspar Sangurima para convertirse únicamente en ruta de circulación del Tranvía, la implementación de semaforización en los cruces del sistema tranviario y la colocación de señalización horizontal y vertical para la intersección.

**Antes**

**Después**



*Figura 67: Entrada al redondel De la Chola Cuenca por la Av. España antes y después de la implementación del Tranvía, fuente: autores*

## **2.16 TPDA de las calles que intersectan al redondel Chola Cuencana**

De la misma manera que en la intersección de mayor accidentabilidad, en la intersección de menor accidentabilidad se procedió a la realización de conteos de 12 horas en cada uno de los ingresos de la intersección, para de esta manera, poder obtener el volumen de tránsito que ingresa al redondel en el día y tiene posibilidad de estar involucrado en un accidente con el Tranvía. Estos conteos que también fueron realizados por los estudiantes de 7mo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Cuenca bajo la supervisión del docente de la materia de tránsito.

Debido a que los conteos de las 4 entradas a la intersección fueron tomados en condiciones similares, se procederá a la realización del cálculo de los factores de expansión o mayoración de tráfico aplicables para cada ingreso y para el TPDA total de la intersección.

### **2.16.1 Cálculo de TPDA y FHMD en las intersecciones del Redondel Chola Cuencana**

De la misma manera que con la intersección de mayor índice de accidentabilidad, se procederá al cálculo del TPDA de cada una de las vías que ingresan a la intersección de menor accidentabilidad y del redondel en su totalidad.

#### ***Av. Huayna Cápac (Subida)***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 6 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las gráficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 11 y 12.

### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{608}{4 * 168}$$

$$PHF = 0,9047$$

### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el Ta será tomado como el mayor valor de la figura 12 del anexo II.

<b>Cálculo TPDA</b>		
fh	1,0467	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22517887	
Ta	608	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	745

*Tabla 51 Cálculo TPDA fuente: autores*

### ***Av. Huayna Cápac (bajada)***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 7 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las gráficas

representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 13 y 14.

*Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{1129}{4 * 346}$$

$$PHF = 0,8157$$

*Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el Ta será tomado como el mayor valor de la figura 14 del anexo II.

<b>Cálculo TPDA</b>		
fh	1,0467	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22517887	
Ta	1129	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	1383

*Tabla 52: cálculo TPDA fuente: autores*

***Av. España***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 8 en el Anexo 1. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el

máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las gráficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 15 y 16.

#### *Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{1031}{4 * 357}$$

$$PHF = 0,7219$$

#### *Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el Ta será tomado como el mayor valor de la figura 16 del anexo II.

<b>Cálculo TPDA</b>		
fh	1,0467	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22517887	
Ta	1031	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	1263

*Tabla 53: cálculo TPDA fuente: autores*

#### ***Calle Gaspar Sangurima***

Los conteos realizados para esta intersección se podrán encontrar dentro de tabla 9 en el Anexo II. Una vez realizado el conteo se podrá determinar el factor horario de

máxima demanda mediante la obtención del volumen horario de máxima demanda y el máximo flujo en periodos de 15 minutos (Moncayo & Castillo, 2021). Las gráficas representativas para la determinación de estas variables se podrán encontrar en el anexo II en las figuras 17 y 18.

*Cálculo FHMD*

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{160}{4 * 53}$$

$$PHF = 0,7547$$

*Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)*

Para la obtención del valor de TPDA el Ta será tomado como el mayor valor de la figura 18 del anexo II.

<b>Cálculo TPDA</b>		
fh	1,0467	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22517887	
Ta	160	
TPDA	Ta*fh*fd*fs*fm=	196

*Tabla 54: cálculo TPDA fuente: autores*

### ***Cálculo de TPDA en el Redondel Chola Cuenca***

Para la obtención del TPDA del redondel de menor accidentabilidad se procedió a la suma de todos los vehículos que ingresaron al mismo durante el conteo. Esta tabla se encuentra como tabla 10 dentro del anexo II.

De la misma manera que en las intersecciones, se procederá al cálculo del factor horario de máxima demanda de la intersección en su totalidad. Las figuras representativas para la obtención de los valores estarán presentes en el anexo II como figura 19 y figura 20.

### ***Cálculo FHMD***

Mediante la utilización de la ecuación 1 del presente documento obtenemos el FHMD:

$$PHF = \frac{2780}{4 * 817}$$

$$PHF = 0,8506$$

### ***Cálculo tráfico promedio diario anual (TPDA)***

Para la obtención del valor de TPDA el To será tomado como el mayor valor de la figura 20 del anexo II.

<b>Cálculo TPDA</b>		
fh	1,0467	
fd	0,9628	
fs	1,107	
fm	1,09823068	
fe	1,22517887	
To	2780	

TPDA	$To * fh * fd * fs * fm =$	3406
------	----------------------------	------

Tabla 55: cálculo TPDA fuente: autores

### 2.16.2 Cálculo niveles de servicio redondel De La Chola Cuencana

Para el cálculo de los niveles de servicio en las vías que intersectan el redondel de menor índice de accidentabilidad, se procederá con la metodología explicada en capítulos anteriores, mediante la utilización de las tablas de la normativa SIECA y el HCM.

Se procederá al cálculo de los niveles de servicio por separado de cada una de las vías que llegan a la intersección de menor accidentabilidad.

#### *Av. Huayna Cápac (Subida)*

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. Huayna Cápac (subida)
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	50
Ancho de carril (m)	3,32
Ancho de hombros (m)	0
Restricción de rebase (%)	100%
VHMD (vehículos)	608
FHMD	0,9047
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	672
distribución direccional	100/0
%camiones PT	2,413
%buses PB	0
%vehículos recreativos PR	9,1127

Tabla 56: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores

*Relación volumen capacidad de la vía V/C*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>V/C</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Subida)</b>
<b>A</b>	0,04
<b>B</b>	0,16
<b>C</b>	0,32
<b>D</b>	0,57
<b>E</b>	1

*Tabla 57: V/C Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores*

*Factor de ajuste FD*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	<b>Av. Huayna Cápac (Subida)</b>
<b>factor ajuste FD</b>	0,71

*Tabla 58: Fd Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores*

*Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor *Fw* para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>FW</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Subida)</b>
<b>A</b>	0,65
<b>B</b>	0,65
<b>C</b>	0,65
<b>D</b>	0,65
<b>E</b>	0,82

*Tabla 59: Fw Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores*

*Factor de ajuste FHV*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

<b>Camiones ET</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Subida)</b>
<b>A</b>	2
<b>B</b>	2,2
<b>C</b>	2,2
<b>D</b>	2
<b>E</b>	2
<b>Buses EB</b>	
<b>A</b>	1,8
<b>B</b>	2
<b>C</b>	2
<b>D</b>	1,6

<b>E</b>	1,6
<b>Vehículos recreativos ER</b>	
<b>A</b>	2,2
<b>B</b>	2,5
<b>C</b>	2,5
<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6

*Tabla 60: factores de vehículos equivalentes Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores*

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

$FHV = (1/(1 + PT(ET-1) + PB(EB-1) + PR(ER-1)))$	<b>Av. Huayna Cápac (Subida)</b>
A	0,882236901
B	0,857893023
C	0,857893023
D	0,92695055
E	0,92695055

*Tabla 61: Fhv Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores*

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Av. Huayna Cápac (Subida)
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	45,60106094
B	177,3710984
C	354,7421967
D	682,7491351
E	1511,077708

Tabla 62: Niveles de Servicio Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. Huayna Cápac (subida) es de 672, por lo que, se encuentra más cercano al nivel de servicio D.

#### **Av. Huayna Cápac (Bajada)**

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. Huayna Capac (bajada)
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	50
Ancho de carril (m)	3,28
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	0%
VHMD (vehículos)	1129
FHMD	0,8157
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	1384
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	2,026
%buses PB	0,9893
%vehiculos recreativos PR	10,2644

Tabla 63: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores

*Relación volumen capacidad de la vía V/C*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>V/C</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Bajada)</b>
<b>A</b>	0,15
<b>B</b>	0,27
<b>C</b>	0,43
<b>D</b>	0,64
<b>E</b>	1

*Tabla 64: V/C Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores*

*Factor de ajuste FD*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	<b>Av. Huayna Cápac (Bajada)</b>
<b>factor ajuste FD</b>	0,71

*Tabla 65: Fd Av. Huayna Cápac (bajada) fuente: autores*

*Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor *Fw* para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>FW</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Bajada)</b>
<b>A</b>	0,65
<b>B</b>	0,65
<b>C</b>	0,65
<b>D</b>	0,65
<b>E</b>	0,82

*Tabla 66: Fw Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores*

*Factor de ajuste FHV*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

<b>Camiones ET</b>	<b>Av. Huayna Cápac (Bajada)</b>
<b>A</b>	2
<b>B</b>	2,2
<b>C</b>	2,2
<b>D</b>	2
<b>E</b>	2
<b>Buses EB</b>	
<b>A</b>	1,8
<b>B</b>	2
<b>C</b>	2

<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6
<b>Vehículos recreativos ER</b>	
<b>A</b>	2,2
<b>B</b>	2,5
<b>C</b>	2,5
<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6

*Tabla 67: factores de vehiculos equivalentes Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores*

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

$FHV = (1/(1+ PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)))$	<b>Av. Huayna Cápac (Bajada)</b>
A	0,868547733
B	0,841629698
C	0,841629698
D	0,919301676
E	0,919301676

*Tabla 68: Fhv Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores*

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

Niveles ideales de servicio	Av. Huayna Cápac (Bajada)
$2800*(v/c)*fd*fw*fhv$	
A	168,350607
B	293,6395519
C	467,6481752
D	760,2698408
E	1498,608821

Tabla 69: Niveles de Servicio Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. Huayna Cápac (Bajada) es de 1384, por lo que, se encuentra más cercano al nivel de servicio E.

#### **Av. España**

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Av. España
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	50
Ancho de carril (m)	3,44
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	0%
VHMD (vehículos)	1031
FHMD	0,7219
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	1428
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	2,029
%buses PB	2,5823
%vehiculos recreativos PR	7,0339

Tabla 70: Datos para el cálculo de niveles de servicio Av. España fuente: autores

### *Relación volumen capacidad de la vía V/C*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>V/C</b>	<b>Av. España</b>
<b>A</b>	0,15
<b>B</b>	0,27
<b>C</b>	0,43
<b>D</b>	0,64
<b>E</b>	1

*Tabla 71: V/C Av. España fuente: autores*

### *Factor de ajuste FD*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	<b>Av. España</b>
factor ajuste FD	0,71

*Tabla 72: Fd Av. España fuente: autores*

### *Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía, obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor *Fw* para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>FW</b>	<b>Av. España</b>
<b>A</b>	0,65
<b>B</b>	0,65
<b>C</b>	0,65
<b>D</b>	0,65
<b>E</b>	0,82

*Tabla 73: Fw Av. España fuente: autores*

*Factor de ajuste FHV*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

<b>Camiones ET</b>	<b>Av. España</b>
<b>A</b>	2
<b>B</b>	2,2
<b>C</b>	2,2
<b>D</b>	2
<b>E</b>	2
<b>Buses EB</b>	
<b>A</b>	1,8
<b>B</b>	2
<b>C</b>	2
<b>D</b>	1,6

<b>E</b>	1,6
<b>Vehículos recreativos ER</b>	
<b>A</b>	2,2
<b>B</b>	2,5
<b>C</b>	2,5
<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6

*Tabla 74: factores de vehículos equivalentes Av. España fuente: autores*

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

<b>FHV = <math>\frac{1}{1 + PT(ET-1) + PB(EB-1) + PR(ER-1)}</math></b>	<b>Av. España</b>
<b>A</b>	0,888608326
<b>B</b>	0,865291805
<b>C</b>	0,865291805
<b>D</b>	0,9276548
<b>E</b>	0,9276548

*Tabla 75: Fhv Av. España fuente: autores*

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

<b>Niveles ideales de servicio</b>	<b>Av. España</b>
2800*(v/c)*fd*fw*fhv	
A	172,2389518
B	301,8951188
C	480,79593
D	767,1779405
E	1512,225748

*Tabla 76: Niveles de Servicio Av. España fuente: autores*

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Av. España es de 1428, por lo que, el nivel de servicio más cercano será el E.

### ***Calle Gaspar Sangurima***

- Datos de entrada para el análisis

Datos de la vía	Gaspar Sangurima
Tipo de terreno	Terreno plano
Velocidad (km/h)	30
Ancho de carril (m)	2,55
Ancho de hombros (m)	0
Restriccion de rebase (%)	100%
VHMD (vehículos)	160
FHMD	0,7547
Ve (VHMD/ FHMD) (vehículos)	212
distribucion direccional	100/0
%camiones PT	2,9315
%buses PB	0,1628
%vehiculos recreativos PR	15,6351

*Tabla 77: Datos para el cálculo de niveles de servicio Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

*Relación volumen capacidad de la vía V/C*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 5 del presente documento y teniendo en consideración el tipo de terreno y la restricción de rebase, los valores de V/C para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>V/C</b>	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>A</b>	0,04
<b>B</b>	0,16
<b>C</b>	0,32
<b>D</b>	0,57
<b>E</b>	1

*Tabla 78: V/C Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

*Factor de ajuste FD*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 6 del presente documento para el factor de distribución direccional, el factor de ajuste *Fd* será:

	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>factor ajuste FD</b>	0,71

*Tabla 79: Fd Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

*Factor de ajuste FW*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 7 del presente documento y teniendo en consideración el ancho de carril y el ancho de hombro de la vía,

obtenidos mediante el levantamiento con Dron, los valores del factor  $F_w$  para los diferentes niveles de servicio serán:

<b>FW</b>	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>A</b>	0,49
<b>B</b>	0,49
<b>C</b>	0,49
<b>D</b>	0,49
<b>E</b>	0,66

*Tabla 80: Fw Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

*Factor de ajuste FHV*

Mediante la utilización de la tabla Nro. 8 del presente documento y con el tipo de terreno de la vía, los valores de vehículos equivalentes para camiones, buses y vehículos recreativos (motos) para la utilización de la fórmula del Fhv serán:

<b>Camiones ET</b>	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>A</b>	2
<b>B</b>	2,2
<b>C</b>	2,2
<b>D</b>	2
<b>E</b>	2
<b>Buses EB</b>	
<b>A</b>	1,8
<b>B</b>	2

<b>C</b>	2
<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6
<b>Vehículos recreativos ER</b>	
<b>A</b>	2,2
<b>B</b>	2,5
<b>C</b>	2,5
<b>D</b>	1,6
<b>E</b>	1,6

*Tabla 81: factores de vehiculos equivalentes Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

Entonces, los factores de vehículos equivalentes obtenidos mediante la utilización de la fórmula de Fhv será:

<b>FHV=(1/(1+PT(ET-1)+PB(EB-1)+PR(ER-1)))</b>	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>A</b>	0,820857261
<b>B</b>	0,786576289
<b>C</b>	0,786576289
<b>D</b>	0,88959867
<b>E</b>	0,88959867

*Tabla 82: Fhv Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

Una vez obtenidos todos los factores, se procederá al cálculo de los niveles ideales de servicio de la vía.

<b>Niveles ideales de servicio</b>	<b>Gaspar Sangurima</b>
<b>2800*(v/c)*fd*fw*fhv</b>	
<b>A</b>	31,98453899
<b>B</b>	122,5951512
<b>C</b>	245,1903023
<b>D</b>	493,9482382
<b>E</b>	1167,224623

*Tabla 83: Niveles de Servicio Calle Gaspar Sangurima fuente: autores*

Se puede observar que el volumen de tráfico de la Calle Gaspar Sangurima es de 212, por lo que, el nivel de servicio más cercano será el C.

### **2.17 Encuestas de Satisfacción**

Para un mejor entendimiento del comportamiento de los usuarios del Tranvía y de la población cercana a las intersecciones por las que pasa el sistema tranviario, se realizaron encuestas de satisfacción. Las encuestas fueron realizadas a usuarios del Tranvía y a moradores cercanos a las intersecciones escogidas. Para las encuestas a usuarios que utilizan el sistema de transporte, se crearon 40 encuestas con 5 preguntas cada una; los usuarios entrevistados fueron seleccionados aleatoriamente dentro de la unidad.

De igual forma se crearon 20 encuestas dirigidas hacia los moradores tanto del redondel Simón Bolívar, como del redondel Chola Cuencana, la encuesta, al igual que la de los usuarios, posee 5 preguntas, con algunas diferencias. Dentro del anexo III, figuras 1 y 2, se podrá encontrar los modelos de encuesta utilizados para la obtención de información de usuarios del tranvia y moradores cercanos a las intersecciones de estudio.

### 3. Capítulo III: Análisis Crítico y Presentación de Resultados

#### 3.1 Estudios de los resultados obtenidos en las encuestas

##### 3.1.1 Encuesta realizada hacia los usuarios del Tranvía



Figura 68: Encuestas de satisfacción realizadas a los usuarios del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca fuente: autores

Las respuestas obtenidas de las encuestas dirigidas a los usuarios del Tranvía podrán encontrarse en el anexo III tabla 1. A continuación se presentarán de manera gráfica los resultados y el análisis de las respuestas obtenidas.

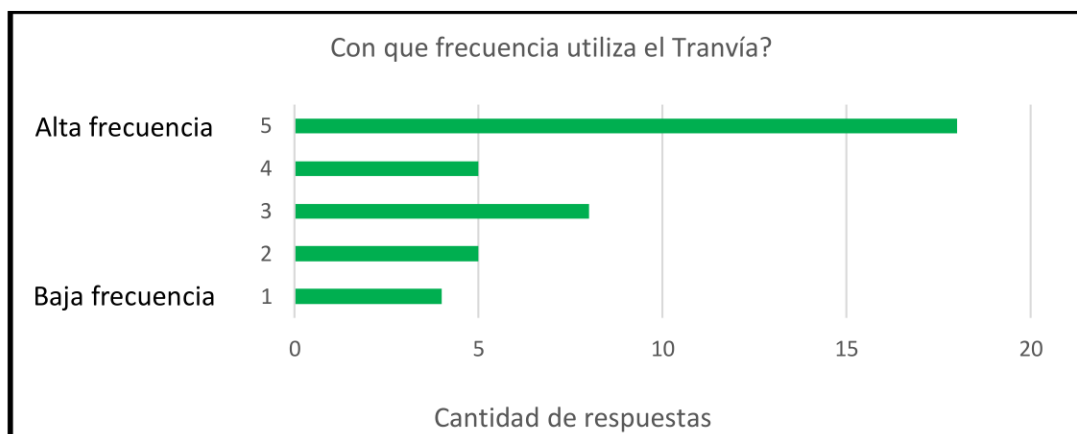


Figura 69: Gráfico pregunta número 1 – encuesta a usuarios del Tranvía fuente: autores

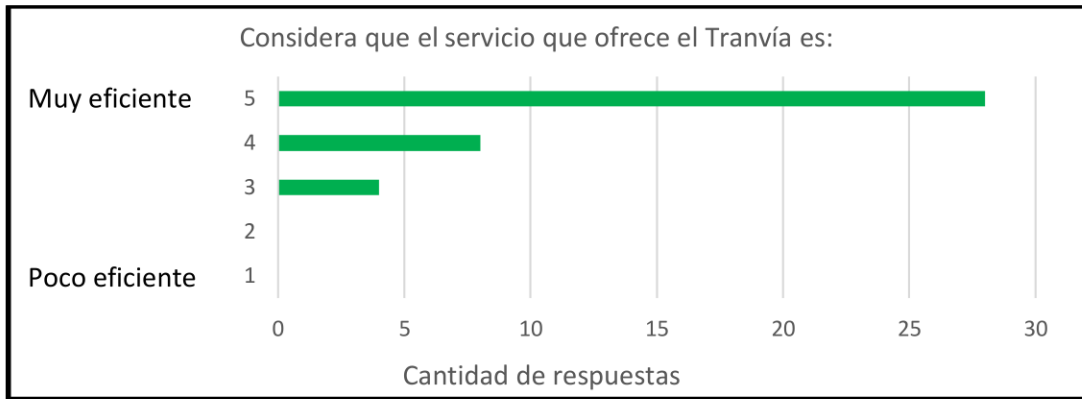


Figura 70: Gráfico pregunta número 2 – encuesta a usuarios del Tranvía fuente: autores

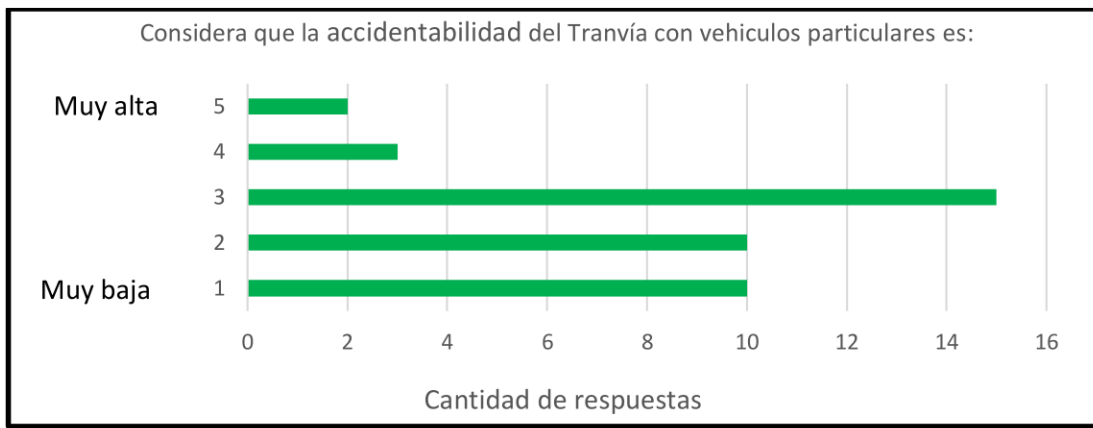


Figura 71: Gráfico pregunta número 3 – encuesta a usuarios del Tranvía fuente: autores

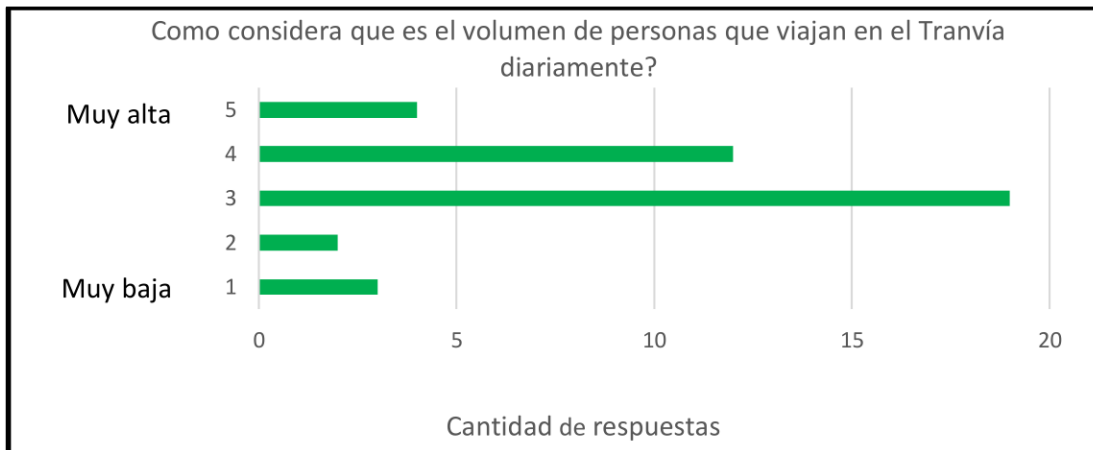


Figura 72: Gráfico pregunta número 4 – encuesta a usuarios del Tranvía fuente: autores

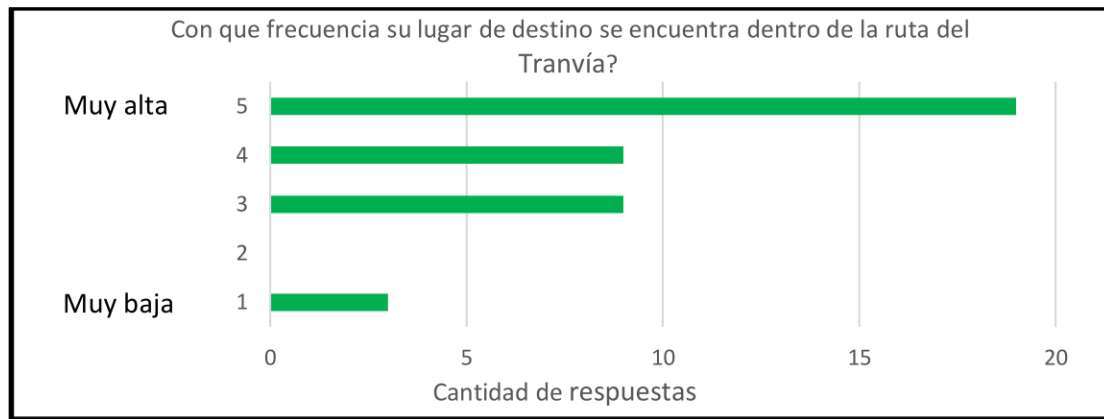


Figura 73: Gráfico pregunta número 5 – encuesta a usuarios del Tranvía fuente: autores

### Análisis de la encuesta:

#### Pregunta número 1:

¿Con que frecuencia utiliza el tranvía?

- La mayor cantidad de usuarios respondieron que utilizan con alta frecuencia el Tranvía, por lo que nos indica que se trata de un transporte que hace parte del día a día de la mayoría de los usuarios que moviliza.

#### Pregunta número 2:

Considera que el servicio que ofrece el tranvía es:

- Las opciones venían desde poco eficiente hasta muy eficiente, en donde la mayoría de usuarios calificaron al transporte como muy eficiente, motivo que demuestra la buena impresión a nivel de servicio que genera el Tranvía en sus usuarios.

#### Pregunta número 3:

Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:

- En nivel de escala de 5 puntos entre 1 “muy baja” y 5 “muy alta”, la mayoría de usuarios eligieron el número 3, lo cual indica una percepción media de la problemática que tratamos.

Pregunta número 4:

¿Cómo considera que es el volumen de personas que viajan en el tranvía diariamente?

- A un nivel de escala de 5 puntos entre 1 “muy baja” y 5 “muy alta”, la mayoría de usuarios eligieron el número 3, lo cual indica una percepción media en cuanto a saturación de las unidades.

Pregunta número 5:

¿Con que frecuencia su lugar de destino se encuentra dentro de la ruta del tranvía?

- A un nivel de escala de 5 puntos entre 1 “muy baja” y 5 “muy alta”, la mayoría de usuarios eligieron el número 5, lo que nos indica que la ruta estratégica del Tranvía conecta directamente con el destino al que sus usuarios pretenden llegar, esto se convierte en un indicativo positivo en cuanto a nivel de servicio por parte del Tranvía.

### **3.1.2 Encuesta realizada hacia los moradores del Tranvía – redondel Simón Bolívar**

Para los moradores cercanos al redondel Simón Bolívar, se realizaron 20 encuestas con 5 preguntas, el objetivo principal de realizar encuestas dirigidas hacia los moradores de las intersecciones seleccionadas, fue para poder obtener una estimación de las diferentes opiniones que comparten los moradores en los lugares donde se han obtenido una mayor y menor accidentabilidad en estos últimos años.

Realizar las encuestas en el redondel Simón Bolívar fue fundamental para conocer si realmente los moradores del sector estiman que se trata de una intersección conflictiva para el Tranvía y si necesita más o menos señalización, teniendo en cuenta la implementación de una futura semaforización en el lugar.

Al momento de la realización de las encuestas dirigidas hacia los moradores del sector, se logró evidenciar que la mayoría de ellos adjudicaba la cantidad de accidentes de tránsito relacionados con el Tranvía, con el irrespeto hacia señalización existente en el lugar.



Figura 74: Encuesta realizada a moradores cercanos al redondel Simón Bolívar fuente: autores

Las respuestas obtenidas de las encuestas dirigidas a los moradores de las zonas cercanas del Tranvía podrán encontrarse dentro del anexo III en la tabla 2. A continuación se presentarán de manera gráfica los resultados y el análisis de las respuestas obtenidas.

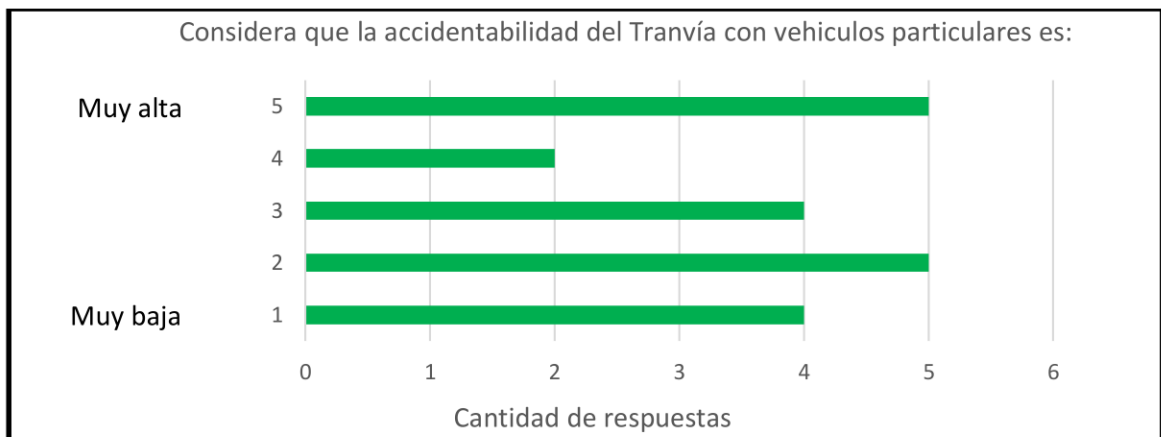


Figura 75: Gráfico pregunta número 1 – encuesta realizada a los moradores del redondel Simón Bolívar fuente: autores

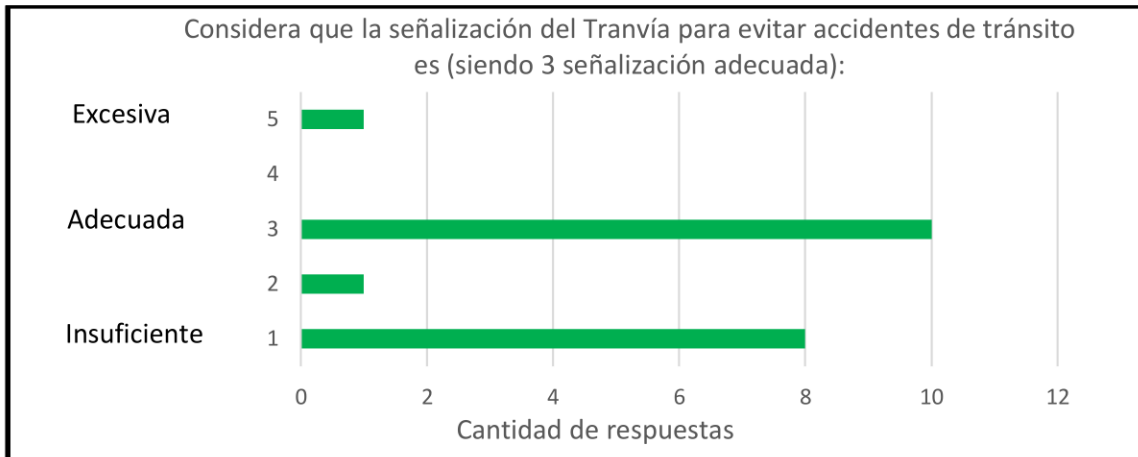


Figura 76: Gráfico pregunta número 2 – encuesta realizada a los moradores del redondel Simón Bolívar

fuelle: autores

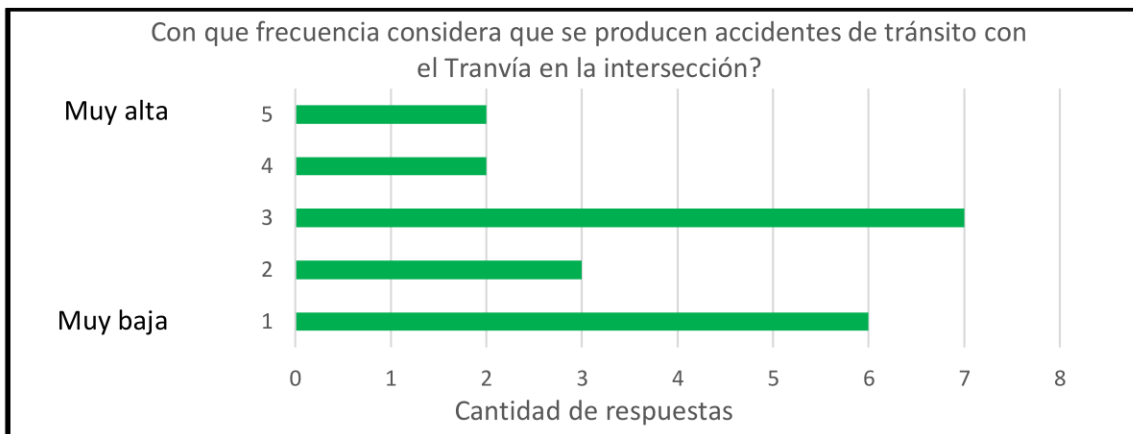


Figura 77: Gráfico pregunta número 3 – encuesta realizada a los moradores del redondel Simón Bolívar

fuelle: autores

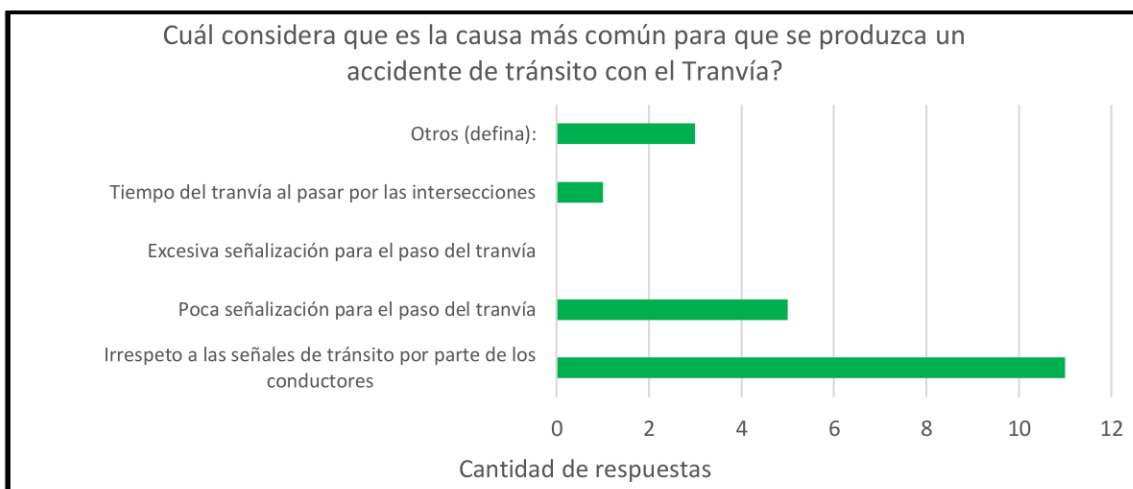


Figura 78: Gráfico pregunta número 4 – encuesta realizada a los moradores del redondel Simón Bolívar

fuelle: autores

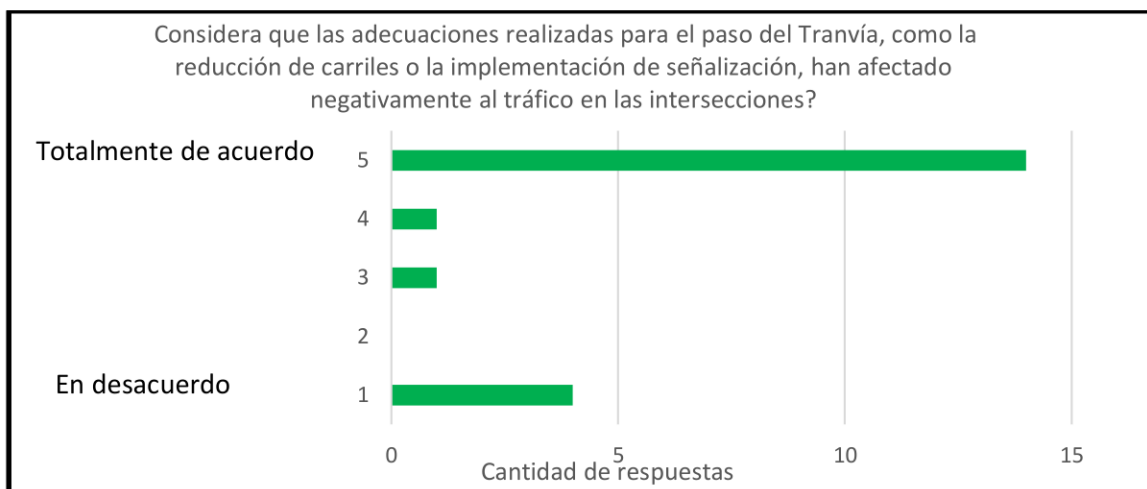


Figura 79: Gráfico pregunta número 5 – encuesta realizada a los moradores del redondel Simón Bolívar

fuelle: autores

#### *Análisis de la encuesta:*

##### Pregunta número 1:

Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:

- En esta pregunta surgen opiniones divididas entre los moradores del sector, algunos de ellos califican a la accidentabilidad con un 2 lo cual indica una baja accidentabilidad, mientras que a otros les parece que la accidentabilidad si se puede considerar como muy alta.

##### Pregunta número 2:

Considera que la señalización del tranvía para evitar accidentes de tránsito es (siendo 3 señalización adecuada):

- En esta pregunta al mencionar la opción 3 como “adecuada”, la mayoría de moradores eligió esta opción como respuesta, indicando que les parece que la señalización que ahora posee el tranvía es adecuada.

##### Pregunta número 3:

¿Con que frecuencia considera que se producen accidentes de tránsito con el tranvía en la intersección?

- A un nivel de escala de 5 puntos entre 1 “muy baja” y 5 “muy alta”, la mayoría de moradores eligieron el número 3, indicando que estiman que se han producido accidentes con cierta frecuencia en el sector, esto tiene sentido si tomamos en cuenta que, en los últimos 3 años de registro analizados, se han producido 3 accidentes de tránsito en el redondel Simón Bolívar.

Pregunta número 4:

¿Cuál considera que es la causa más común para que se produzca un accidente de tránsito con el tranvía?

- En esta pregunta, la mayoría de los moradores encuestados respondieron que “el irrespeto a las señales de tránsito” les parece el factor más común para que se produzcan los accidentes con el Tranvía, esto indica y pone en evidencia, la falta de cultura vial que los conductores de vehículos particulares tienen al momento de circular y como esto ha afectado negativamente para el Tranvía.

Pregunta número 5:

¿Considera que las adecuaciones realizadas para el paso del tranvía, como la reducción de carriles o la implementación de señalización, han afectado negativamente al tráfico en las intersecciones?

- En esta última pregunta la mayoría de moradores respondieron con un 5, lo cual indica que están totalmente de acuerdo en que las acciones tomadas en para el paso del tranvía como la reducción de carriles como podemos observar en la Av. de las Américas al momento de ingresar al redondel Simón Bolívar, es una opción que afecta de manera negativa al tráfico, esto señala un poco de descontento por parte de la ciudadanía hacia las acciones tomadas en el sector.

### **3.1.3 Encuesta realizada hacia los moradores del Tranvía – redondel Chola Cuencana**

De igual manera para los moradores cercanos al redondel Chola Cuencana se fabricaron 20 encuestas con las mismas 5 preguntas que se hicieron a los moradores del redondel Simón Bolívar.

Para realizar las encuestas en el redondel de la Chola Cuencana, se optó por entrevistar a los moradores dueños de los establecimientos cercanos al redondel, algunos de ellos no guardaban su desdén comentando que el Tranvía afectó durante mucho tiempo su negocio, otros simplemente comentaban que tenían que cerrar durante un largo tiempo ya que acceder al local era muy difícil para sus clientes.

Se logró evidenciar un mayor descontento de los moradores cercanos al redondel de la Chola Cuencana hacia el Tranvía, que de los moradores cercanos al redondel Simón Bolívar, hay que tener en cuenta que debido a las construcciones del Tranvía que se realizaron en gran parte del centro histórico de la ciudad de Cuenca, muchos moradores dueños de establecimientos locales se vieron en la forzosa situación de cerrar permanente o indefinidamente sus negocios, las construcciones en el lugar generaban que se volviese para el cliente una tarea muy difícil acceder a los locales comerciales del centro, especialmente a aquellos locales que se encontraban en las calles Mariscal Lamar, Gran Colombia y Gaspar Sangurima.



*Figura 80: Encuestas de satisfacción realizadas en el redondel Chola Cuencana fuente: autores*

Las respuestas obtenidas de las encuestas dirigidas a los usuarios del tranvía podran encontrarse dentro del anexo III en la tabla 3. A continuación se presentarán de manera gráfica los resultados y el analisis de las respuestas obtenidas.

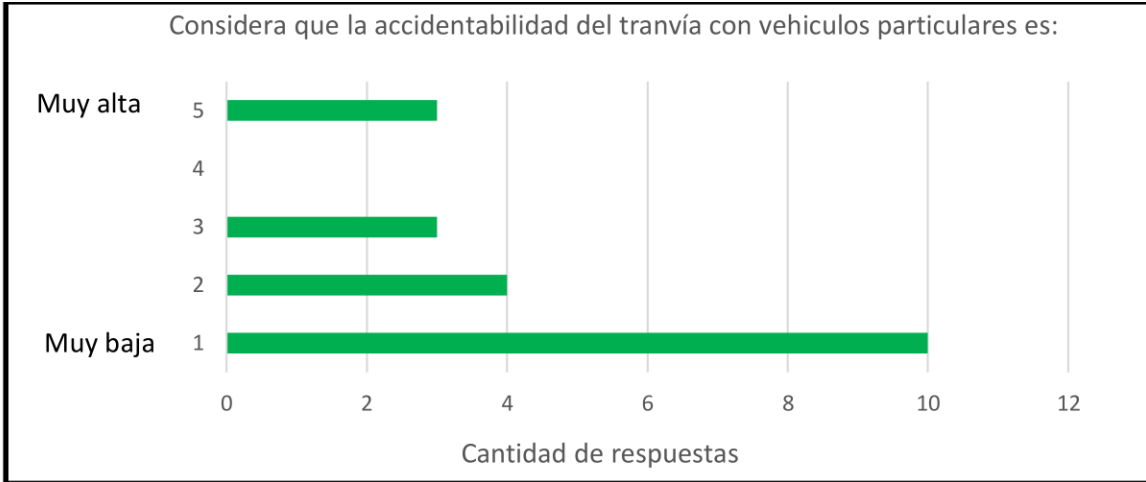


Figura 81: Gráfico pregunta número 1 – encuesta realizada a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

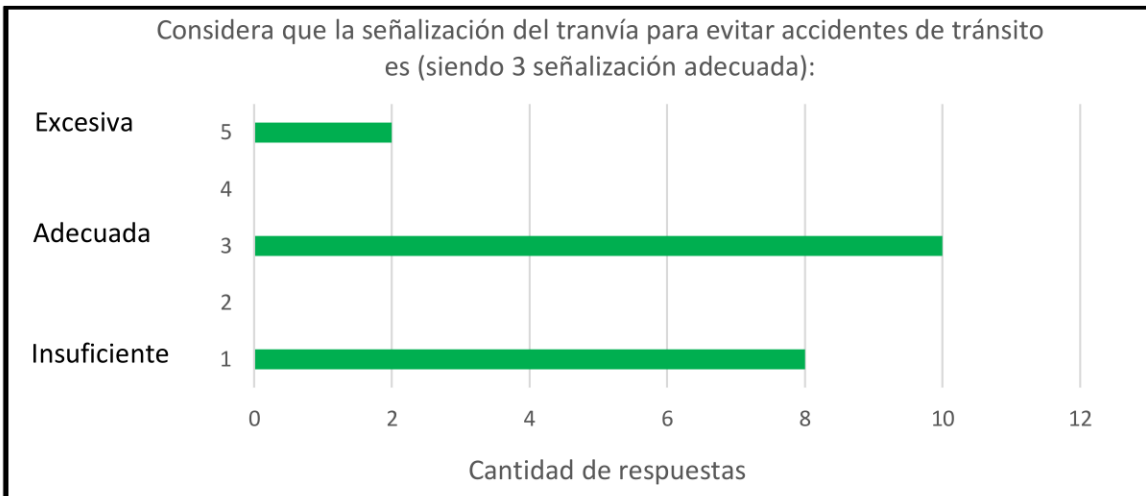


Figura 82: Gráfico pregunta número 2 – encuesta realizada a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

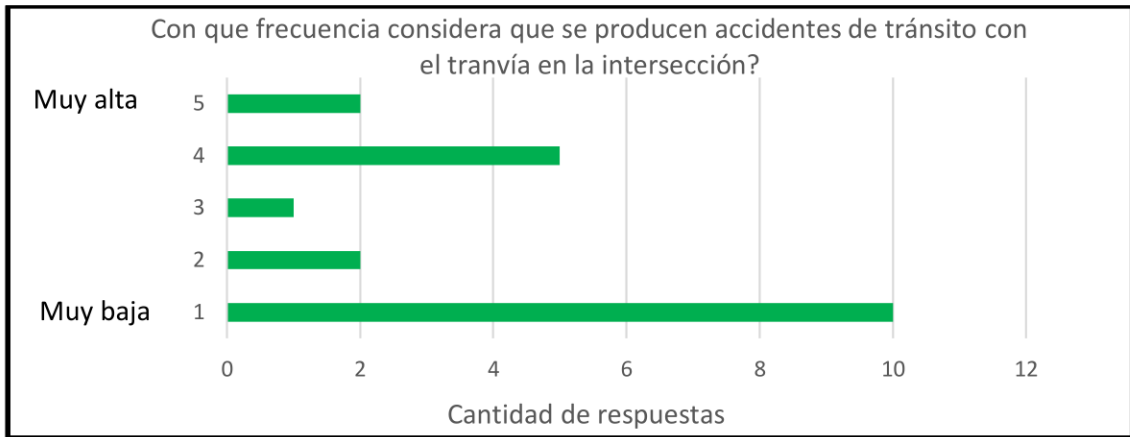


Figura 83: Gráfico pregunta número 3 – encuesta realizada a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

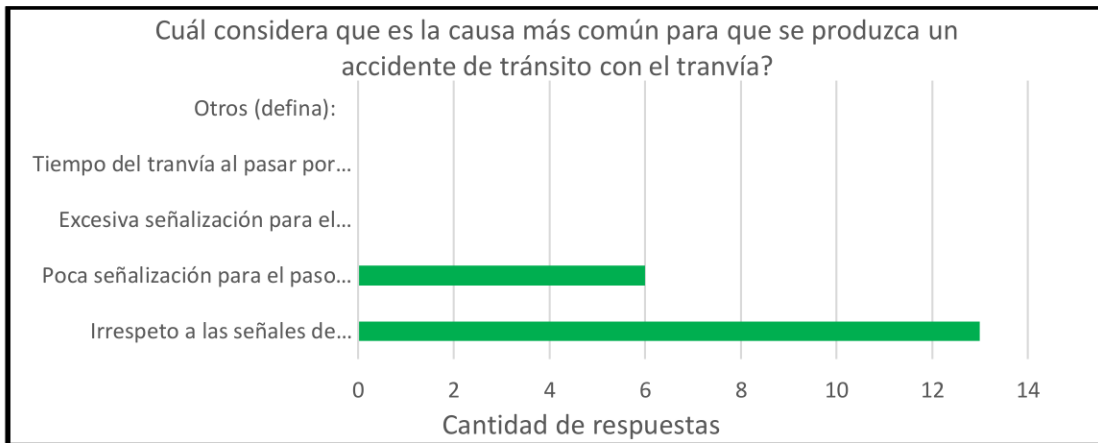


Figura 84: Gráfico pregunta número 4 – encuesta realizada a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

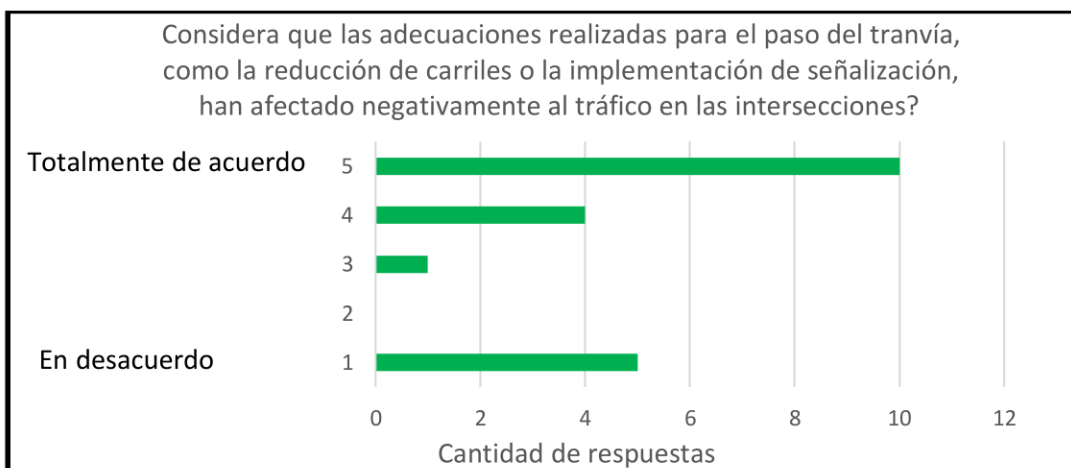


Figura 85: Gráfico pregunta número 5 – encuesta realizada a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

*Análisis de la encuesta:*

Pregunta número 1:

¿Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es?

- La mayoría de participantes señalaron que les parece baja la accidentabilidad del Tranvía en el redondel de la Chola Cuencana, es una respuesta esperada teniendo en cuenta que precisamente se escogió esa intersección para catalogarla como “de baja accidentabilidad” y así poder compararla con el redondel de Simón Bolívar. Debemos tener en cuenta que según los registros analizados ha ocurrido en el redondel de la Chola Cuencana un accidente en los últimos 3 años.

Pregunta número 2:

¿Considera que la señalización del tranvía para evitar accidentes de tránsito es (siendo 3 señalización adecuada)?

- De la misma manera que con los moradores del redondel Simón Bolívar, los moradores del redondel Chola Cuencana también indicaron que les parece adecuada la señalización en el sector, sin embargo, existe también una cantidad de personas que indicaron que les parece insuficiente la señalización en el sector adjudicando que, al tratarse de un redondel con un tráfico constante y saturado, la señalización es clave para evitar accidentes de tránsito y más aún, ahora que también circula el Tranvía.

Pregunta número 3:

¿Con que frecuencia considera que se producen accidentes de tránsito con el tranvía en la intersección?

- Ya que se trata de una intersección no tan conflictiva, la mayoría de moradores respondieron con “1” lo que en la encuesta marcaba un nivel de muy baja frecuencia.

Pregunta número 4:

¿Cuál considera que es la causa más común para que se produzca un accidente de tránsito con el tranvía?

- La mayoría de moradores cercanos al sector respondieron eligiendo la primera opción, señalando que el irrespeto a las señales de tránsito por parte de los conductores es la causa más común y por ende principal para que se produzca un accidente de tránsito con el Tranvía, esto nos indica un serio problema que hay que tener en cuenta con respecto a nuestra cultura vial como ciudadanos, además de dejar en claro que una parte de los ciudadanos que conducen no conocen o aún no se acostumbran a las señales de tránsito ahora con la implementación del Tranvía.
- En esta pregunta un morador nos comentó que tomar en cuenta una buena calibración en la semaforización del sector, podría hacer que la accidentabilidad redujera.

Pregunta número 5:

¿Considera que las adecuaciones realizadas para el paso del tranvía, como la reducción de carriles o la implementación de señalización, han afectado negativamente al tráfico en las intersecciones?

- La mayoría de los moradores participantes de nuestras encuestas realizadas respondieron que están totalmente de acuerdo en que, las adecuaciones realizadas para el paso del Tranvía, han afectado negativamente el tráfico en las intersecciones.
- En el caso del redondel de la Chola Cuencana, la calle más afectada fue la Gaspar Sangurima, esta calle que antes era de doble sentido, ahora cede parte de su carril al paso del Tranvía. Actualmente esta calle posee un único sentido al momento de llegar al redondel de la Chola Cuencana.

### 3.2 Comparativa entre intersecciones

#### 3.2.1 Análisis comparativo de TPDA en las intersecciones del redondel Simón

##### Bolívar y el redondel de La Chola Cuencana

Como se mencionó anteriormente, los valores de TPDA se obtuvieron mediante cálculo en cada una de las intersecciones cuya circulación de tráfico desemboca hacia el redondel, los resultados obtenidos del análisis se presentan a continuación:

<b>CUADRO COMPARATIVO DE LOS VALORES DE TPDA OBTENIDOS EN CADA UNA DE LAS INTERSECCIONES</b>			
<b>REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR</b>		<b>REDONDEL CHOLA CUENCANA</b>	
<b>VÍA</b>	<b>VALOR DE TPDA</b>	<b>VÍA</b>	<b>VALOR DE TPDA</b>
Av. Ordoñez Lasso	1583	Av. España	1263
Av. De las Américas (Bajada)	1251	Av. Huayna Cápac (Bajada)	1383
Av. De las Américas (Subida)	522	Av. Huayna Cápac (Subida)	745
Calle Gran Colombia	643	Calle Gaspar Sangurima	196
Redondel Simón Bolívar	3710	Redondel Chola Cuencana	3406

Tabla 84: Cuadro comparativo de valores de TPDA fuente: autores

Con los resultados anteriormente presentados se puede observar que los valores de TPDA calculados para el redondel Simón Bolívar son relacionables con los obtenidos para el redondel Chola Cuencana, a excepción de la calle Gaspar Sangurima, la cual, representa el valor más bajo de TPDA obtenido.

Dentro de este análisis comparativo también se puede analizar que los valores obtenidos únicamente para las avenidas principales que cruzan a los redondeles analizados no guardan relación con los niveles de accidentabilidad presentados ya que los valores de TPDA de la av. Huayna Cápac en la intersección de menores índices de

accidentabilidad son mayores a los calculados para la av. de las Américas en la intersección donde se han producido más accidentes. Este análisis indica que el comportamiento del tráfico en cada intersección es influido en conjunto por todas las vías que intersectan al redondel, lo cual, llega a alterar la accidentabilidad que ocurre en el mismo.

Dentro de la tabla 84 se puede observar que el valor total de TPDA en el redondel Simón Bolívar es mayor a comparación del redondel Chola Cuencana. Esta diferencia representa un 8,92 % más de vehículos que circulan en una intersección y puede ser analizado como un factor de influencia en la accidentabilidad de los redondeles, ya que, un mayor valor de TPDA en el redondel se ve reflejado en un mayor número de vehículos que interactúan con el Tranvía al momento de su cruce y están propensos a sufrir un accidente con el mismo.

### **3.2.2 Análisis comparativo de los Niveles de Servicio las intersecciones del redondel Simón Bolívar y el redondel de La Chola Cuencana**

Para efectuar el cálculo de los niveles de servicio en cada una de las intersecciones de interés, se utilizó la normativa SIECA del año 2004 y el Manual de Capacidad de Carreteras HCM. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

<b>CUADRO COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE SERVICIO OBTENIDOS EN CADA UNA DE LAS INTERSECCIONES</b>			
<b>REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR</b>		<b>REDONDEL CHOLA CUENCANA</b>	
<b>VÍA</b>	<b>CATEGORÍA DE NIVEL</b>	<b>VÍA</b>	<b>CATEGORÍA DE NIVEL</b>
Av. Ordoñez Lasso	F	Av. España	E
Av. De las Américas (Bajada)	E	Av. Huayna Cápac (Bajada)	E
Av. De las Américas (Subida)	D	Av. Huayna Cápac (Subida)	D

Calle Gran Colombia	C	Calle Gaspar Sangurima	C
---------------------	---	------------------------	---

*Tabla 85: Cuadro comparativo de niveles de servicio fuente: autores*

Una vez obtenidos los niveles de servicio de cada vía que intersectan a los redondeles analizados, se puede determinar que la principal comparativa se encuentra en el nivel de servicio calculado para las vías que presentan el mayor TPDA de sus respectivas intersecciones, siendo estas, la Av. Ordoñez Lasso y la Av. Huayna Cápac (bajada). Estos niveles de servicio son determinantes dentro del comportamiento del tráfico ya que, al ser las vías que más vehículos aportan hacia los redondeles, los niveles de servicio bajos se ven reflejados en continuos congestionamientos y dificultad de circulación para toda la intersección.

Dentro del análisis comparativo entre intersecciones se puede observar que el nivel de servicio F asignado a la Av. Ordoñez Lasso afecta negativamente al comportamiento del tráfico de todo el redondel, lo cual, llega a representar un factor de importancia dentro del análisis de la accidentabilidad, ya que, el desenvolvimiento del tráfico en una vía con un nivel de servicio bajo genera situaciones en las que los vehículos se encuentran más propensos a sufrir un accidente con la unidad tranviaria debido a los congestionamientos o a la presión social para irrespetar la semaforización por parte de los demás conductores.

### **3.2.3 Análisis comparativo de la señalización vehicular en las intersecciones del redondel Simón Bolívar y el redondel de la Chola Cuencana**

Como es ya de conocimiento previo se sabe que el Tranvía de Cuenca circula tanto por el redondel Simón Bolívar como por el redondel de la Chola Cuencana; es por ello que, al momento de realizar un análisis comparativo de la señalización vehicular que

existente en cada uno de los redondeles, es posible observar una señalización parecida en las dos zonas de interés.

Las dos intersecciones poseen señalización preventiva e informativa como:

**Ceda el Paso:** usualmente ubicada en la entrada de cada redondeel, esta señalización informa al conductor que debe dar prioridad a los vehículos que se encuentran circulando por el redondeel.



Figura 86: Señalización de "Ceda el Paso" fuente: <https://www.diariodecuyo.com.ar>

**Prioridad Tranvía:** esta señalización indica al conductor que se está acercando a una zona en donde circula el Tranvía y por ende debe dar prioridad a dicha unidad, su función es la de evitar que vehículos y peatones se detengan en el cruce.



Figura 87: Señalización de "Prioridad Tranvía" fuente: [https://twitter.com/tranvia\\_cuenca](https://twitter.com/tranvia_cuenca)

**Catenaria Tranvía "Altura máxima 5.5 metros":** esta señal es de carácter informativa y su intención es la de comunicar a los conductores que la altura máxima

permitida para cualquier medio de transporte en dicha zona es de 5.5 metros, esta señalización sirve para que los vehículos no choquen con la Línea Aérea de Contacto (LAC) del Tranvía.



Figura 88: Señalización de "Catenaria Tranvía" fuente: [https://twitter.com/tranvia\\_cuenca](https://twitter.com/tranvia_cuenca)

**No bloquear el cruce:** es una señalización preventiva, su intención es la de mantener libre los rieles del Tranvía al momento en el que está pasando la unidad por el sector.



Figura 89: Señalización de "No Bloquear Cruce"

Además de las señales de tránsito anteriormente mencionadas, cada redondel posee su respectiva semaforización, la cual, se mantiene en amarillo preventivo y cambia a color rojo al momento en el que está pasando el Tranvía por el sector.

Existen cuatro tipos de semaforización existentes en el lugar, tanto en el redondel Simón Bolívar como en el redondel de la Chola Cuencana se puede observar el semáforo usual de tres tiempos, figura 90; el semáforo de cruce peatonal, figura 91, y el semáforo propio del cruce del Tranvía, figura 94, adicional a ello, en el redondel Simón Bolívar se observa otro tipo de semaforización de dos tiempos, figura 92 , la cual posteriormente se complementa con la implementación de la semaforización auxiliar ubicada a 1,50m del suelo en el mismo redondel.



*Figura 90: Semáforo de tres tiempos existente fuente: autores*



*Figura 91: Semáforo de cruce peatonal existente fuente: autores*



Figura 92: SemafORIZACIÓN auxiliar existente fuente: autores

Con el objetivo de representar mejor la cantidad y el tipo de semafORIZACIÓN que existen en cada una de las intersecciones, se realizó el siguiente cuadro comparativo en donde se establecen cuatro tipos de semafORIZACIÓN existente. A continuación, en la tabla número 86 se presenta la comparativa de semafORIZACIÓN entre intersecciones.

*Tipos de semafORIZACIÓN existente*

- SemafORIZACIÓN tipo I: Semáforo tres tiempos
- SemafORIZACIÓN tipo II: Semáforo peatonal
- SemafORIZACIÓN tipo III: Semáforo auxiliar dos tiempos
- SemafORIZACIÓN tipo IV: Semáforo especial del Tranvía

COMPARATIVA DE SEMAFORIZACIÓN ENTRE INTERSECCIONES				
REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR				
CANTIDAD DE SEMAFORIZACIÓN EXISTENTE EN EL REDONDEL				
TIPO	I	II	III	IV
REDONDEL SIMÓN BOLÍVAR	16	13	2	1
REDONDEL CHOLA CUENCANA	13	6	0	1

Tabla 86: Comparativa de semafORIZACIÓN entre intersecciones fuente: autores

La ubicación exacta de cada tipo de semafORIZACIÓN existente en los redondeles, se podrá observar en las láminas de cada intersección en el anexo 4 al comparar la

semaforización existente en cada intersección, se puede determinar que redondel Simón Bolívar posee una mayor semaforización que el redondel de la Chola Cuencana, esto depende de las condiciones y requerimientos específicos de circulación vehicular que posee cada intersección, además cabe recalcar que recientemente, la empresa municipal del Tranvía implementará dos semáforos de tipo auxiliar de dos tiempos ubicados a 1,50 del suelo en cada cruce con el Tranvía.

En el redondel Simón Bolívar se observa una mayor cantidad de señalización que en el redondel de la Chola Cuencana, esto indica un factor que podría causar incomodidad y confusión al momento de conducir por la intersección y por ende ser un posible factor que ocasione más accidentabilidad en la zona.

#### *Semaforización propia del Tranvía*

En las dos intersecciones de interés se logró observar una semaforización particular propia de la circulación del Tranvía, esta semaforización es de tipo IV según lo que se observa en las láminas del anexo número 4, se trata de un semáforo ubicado a unos 4 metros del suelo aproximadamente que indica sobre todo a los peatones si la unidad está a punto de pasar por el lugar, se trata de una señalización para evitar en lo posible futuros accidentes.



Figura 93: Semáforo tranviario fuente: tranviacuenca



*Figura 94: SemafORIZACIÓN del Tranvía de Cuenca fuente: autores*

Una particularidad que se logró observar en el redondel Simón Bolívar fue que, durante el paso del Tranvía por el sector, casi todos los semáforos existentes cambian de color amarillo preventivo a rojo restringiendo la circulación del tráfico mientras pasa la unidad, los semáforos que se mantenían en amarillo son aquellos que no intervenían con el paso del Tranvía como, por ejemplo, continuando la Av. de las Américas en sentido de subida, una vez pasando el redondel, existen dos semáforos, uno a cada lado de la vía que se mantienen en amarillo así cruce en esos momentos la unidad.

#### **3.2.4 Análisis comparativo de las secciones tipo en las intersecciones del redondel Simón Bolívar y Chola Cuencana**

Dentro del estudio de las intersecciones de mayor y menor accidentabilidad en la ruta del Tranvía, se realizó un levantamiento de información en el cual constan las secciones tipo de las vías que pertenecen a cada intersección; en total se realizaron dos planos de tamaño A2 que corresponden al levantamiento de información realizado en cada una de las intersecciones de interés, esta información se la podrá observar en el anexo número 4 al final del documento.

### **Intersección “Redondel Simón Bolívar”**

El redondel Simón Bolívar es un punto clave dentro de la ruta del Tranvía, en él se han suscitado 3 accidentes de vehículos particulares con el sistema tranviario hasta la fecha, es una de las intersecciones con mayor vulnerabilidad, por ende, fue escogida para este estudio comparativo.

El redondel Simón Bolívar posee dos cruces vehiculares que atraviesan la ruta del Tranvía, además de cuatro entradas que se detallan a continuación:

Av. Ordóñez Lasso: posee dos carriles con 6,15 metros cada uno con un parterre divisor de 1 metro de ancho aproximadamente.

Calle Gran Colombia: posee dos carriles, de 5,60 y 8,40 metros, su carril más ancho contempla mayor tráfico es el carril de entrada al redondel o entrada a la Av. de las Américas, mientras que su carril más pequeño contempla menos tráfico, ese carril corresponde a los vehículos que salen del redondel o que giran provenientes de la Av. de las Américas.

Av. de las Américas (Bajada): posee un único carril para vehículos particulares que comprende 3,10 metros de ancho, fue significativamente reducido para compartir su circulación con el Tranvía.

Av. de las Américas (Subida): El carril analizado es de 3,00 metros de ancho, de única dirección sin oportunidad de rebase, su ancho fue reducido para compartir su circulación con el Tranvía.

### **Intersección Redondel Chola Cuencana**

A diferencia del redondel Simón Bolívar, el redondel de la Chola Cuencana posee una accidentabilidad menor con el Tranvía, razón por la cual se escogió dicha intersección para este estudio comparativo; mientras que el redondel Simón Bolívar posee 3 accidentes

lo cual representa el 7,14% del total, el redondel de la Chola Cuencana posee 1 accidente que representa el 2,38% del total registrado hasta septiembre del 2021.

El redondel de la Chola Cuencana posee 4 entradas que se detallan a continuación

1. Av. Huayna Cápac (Bajada): posee un carril de 3.30 metros, es una sección de un solo carril al momento de llegar al redondel de la Chola Cuencana.
2. Av. España: la sección tipo que posee la Av. España se ha visto significativamente disminuida, quedando en un solo carril de 3.45 metros al momento de llegar al redondel, esta disminución en la sección se produjo debido a la incorporación de los rieles para la circulación del Tranvía.
3. Calle Gaspar Sangurima: la calle Gaspar Sangurima ha cambiado mucho a lo largo del tiempo, debemos tomar en cuenta que se trata de una calle perteneciente al centro histórico de la ciudad, su primera modificación se produjo al momento de incorporar un paso a desnivel para una circulación más óptima del tráfico, en ese momento la mantuvo ambos sentidos en carriles separados, sin embargo, al momento de incorporar los rieles para la circulación del Tranvía, la calle quedo con un único carril de 2.55 metros de ancho y con un único sentido hacia el redondel de la Chola Cuencana, esta última modificación según las encuestas que realizamos trajo mucho descontento a los moradores cercanos al sector, y varios atribuyen esta acción al continuo aumento de tráfico que se presencia en la zona.
4. Av. Huayna Cápac (Subida): al igual que la Av. España y la calle Gaspar Sangurima, el carril en sentido de subida de la Av. Huayna Cápac se redujo notoriamente quedando con un único carril sin opción de rebase de 3.30 metros de ancho; esta modificación al igual que en los anteriores casos se produjo por la incorporación de los rieles del Tranvía.

*“Todo el detalle miento de las intersecciones podrá revisarse con detenimiento en los planos de los redondeles adjunto en los anexos”.*

Una vez descritas cada una de las secciones tipo de las vías que conectan con las intersecciones, se puede observar que en el caso del redondel de la Chola Cuenca en la Av. España, la Av. Huayna-Cápac (subida) y la calle Gaspar Sangurima, sus secciones tipo se encuentran compartidas con la ruta de rieles por la pasa el Tranvía. En el caso del redondel Simón Bolívar las vías que comparten su sección tipo con la ruta del Tranvía son la Av. de las Américas en sus dos sentidos y la Calle Gran Colombia.

Tanto en el redondel de la Chola Cuencana como en el redondel Simón Bolívar se han tenido que reducir y modificar las secciones tipo de ciertas vías para permitir el paso del Tranvía por el sector, sin embargo, en el caso del redondel Simón Bolívar a pesar de las modificaciones, se observa que ingresa una mayor cantidad de vehículos en el redondel, lo que ocasiona un mayor flujo vehicular y por ende mayores probabilidades de accidentes en la intersección.

### **3.3 Factores que producen accidentabilidad en la operación del Tranvía Cuatro**

#### **Ríos de Cuenca**

Tras exponer los diferentes resultados obtenidos de la evaluación tanto del redondel Simón Bolívar, como del redondel de la Chola Cuencana, se lograron determinar ciertos factores que inciden en que una intersección sea más vulnerable que otra; los factores más relevantes que inciden en la accidentabilidad de la zona se nombran a continuación:

### **3.3.1 Señalización Vehicular**

Ambas intersecciones poseen una señalización similar, ya que por ambos circula el tranvía en interacción con el tráfico habitual de la ciudad. Al momento de comparar la cantidad de señalización que existe en un redondel y en otro, se logró observar que en el redondel Simón Bolívar existe una mayor cantidad de semáforos y de señalización preventiva e informativa existente, esto puede generar una distracción y confusión para los conductores de vehículos particulares, a esto se le suma que por el redondel ingresa un mayor cantidad de vehículos que en el de la Chola Cuencana, es por ello que consideramos a la señalización preexistente como un posible factor que produce accidentabilidad en la zona, aunque no represente la totalidad de la razón de los accidentes suscitados con el Tranvía hasta la fecha.

### **3.3.2 Reducción de carriles para el paso del Tranvía**

Como se mencionó anteriormente, en los dos redondeles de estudio se realizaron adecuaciones para permitir que el Tranvía circule por tales sectores, los cambios más notorios fueron la reducción de carriles en la Av. España, Av. de las Américas, en la calle Gaspar Sanguina y en la calle Gran Colombia, en el caso de la calle Gaspar Sangurima a la entrada del redondel de la Chola Cuencana se optó por cerrar el carril izquierdo de entrada hacia el redondel, para dar prioridad al paso del Tranvía y dejar el carril derecho como un carril de única entrada hacia el redondel. Estas adecuaciones sin duda generaron que en las vías exista un mayor congestionamiento vehicular sobre todo en horas pico

Al observarse un alto flujo vehicular, la maniobrabilidad de los conductores se complica generando que se propicien accidentes en los dos redondeles, sin embargo, el tráfico vehicular se intensifica mayormente en el redondel Simón Bolívar, a pesar de que en ambos redondeles se han intervenido ciertas vías de ingreso. Este es un factor que

condiciona el flujo en los dos redondeles y por ende influye en la accidentabilidad de la zona.

### **3.3.3 Valores de TPDA obtenidos**

El TPDA representa que tan saturada se puede encontrar una vía a nivel de flujo vehicular, esta información también es fundamental para realizar futuras adecuaciones o diseños en las vías de interés. Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación el redondel Simón Bolívar posee un TPDA ligeramente superior al De la Chola Cuencana, siendo este un factor que propicia a la accidentabilidad en el sector debido al cambio negativo en el desenvolvimiento del tráfico que este representa.

Las vías con mayores valores de TPDA en cada uno de los redondeles fueron Av. Ordóñez Lasso y la Av. Huayna Cápac en su sentido de bajada antes de llegar al redondel.

Estas avenidas poseen valores de TPDA altos para las características geométricas que poseen cada una de las vías, esto se reduce a un mayor tráfico, mayor saturación vehicular y mayor demanda en horas pico, lo que genera una mayor probabilidad de que se generen accidentes en el sector.

### **3.3.4 Irrespeto a las Señales de Tránsito – Actitud de la ciudadanía frente a las normas de tránsito**

El irrespeto a las señales de tránsito por parte de la ciudadanía es probablemente el factor más predominante para que se genere un accidente de tránsito, a este factor se le puede añadir el conducir en estado de ebriedad, circular a exceso de velocidad, conducir de manera distraída, o realizar giros indebidos. Estos son los factores más comunes que se han presentado en los accidentes en los que ha estado involucrado el Tranvía.

Cabe mencionar que durante el conteo realizado en los cruces semafóricos del redondel Simón Bolívar, gran parte de los conductores optaban por pasar el semáforo aun

en color rojo, aunque ya haya pasado el Tranvía por el sector, esto se debe a la insistencia de los demás conductores en pasarse el semáforo en rojo y no esperar el tiempo prudente hasta que el semáforo cambie a color amarillo y puedan así continuar circulando con normalidad.

### **3.3.5 Niveles de servicio**

Finalmente se puede mencionar a los niveles de servicio como otro factor de gran influencia en el análisis de la accidentabilidad de las vías que desembocan en los dos redondeles. Como se pudo observar dentro de la tabla 85, la gran mayoría poseen niveles de servicio bajos que van desde un nivel de servicio C hasta un nivel de servicio F, según las tablas de la normativa HCM (Highway Capacity Manual) del 2010, lo que nos indican que se tratan de vías con altos flujos vehiculares y dificultad en su circulación.

En el caso del redondel Simón Bolívar se observó que los niveles de servicio son más bajos a comparación del redondel de la Chola Cuencana, razón por la cual sus vías tienen un desempeño más bajo, lo cual genera mayores accidentes e incomodidad para los conductores al momento de circular.

### **3.4 Resultados del análisis de la implementación semafórica auxiliar**

Para la realización del análisis de los resultados obtenidos con la implementación de la semaforización auxiliar, se procederá al análisis por separado de las dos posibles zonas de impacto que se pueden producir en el redondel de mayor accidentabilidad, tanto en horas de circulación normal como en horas pico, durante una semana antes y después de la colocación del semáforo. Este estudio también será realizado con la distinción entre las horas de circulación normal y las horas pico de tráfico en la intersección debido a que representan diferencias en el comportamiento del tráfico en el redondel.

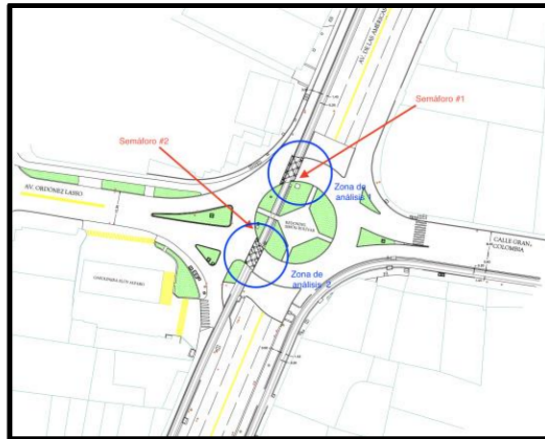


Figura 95: Mapa de zonas de posible impacto en el redondel Simón Bolívar fuente: autores

Los parámetros a comparar serán los ya establecidos en el capítulo dos del presente trabajo de titulación, los mismo que, fueron obtenidos durante 3 horas de circulación normal y 3 horas pico, a lo largo de una semana, antes y después de la implementación de la semaforización auxiliar. Estos datos serán tabulados de tal manera que se realizarán promedios en los parámetros de tiempo y sumas en las cantidades de vehículos para cada hora normal y hora pico de cada día de las semanas de análisis. Para posteriormente realizar el promedio semanal de estos mismos factores.

Conteos de tráfico en el redondel "Simón Bolívar" - Sentido Av. de las Américas de bajada				
El conteo se lo realizó considerando únicamente el Tranvía que baja de la Av. De las Américas				
Hora normal de 8:00am a 9:00am				
Hora de llegada del Tránvía	Tiempo hasta que los vehículos se detienen	# de vehículos que cruzan con rojo antes del Tranvía	# de vehículos que cruzan con rojo después del Tranvía	Tiempo hasta que la intersección se regule
08:05:00	5,1	0	0	9,26
08:15:00	8,27	1	1	5,92
08:23:00	4,58	0	1	9,62
08:33:00	3,22	0	1	5,24
08:43:00	6,15	0	0	6,56
08:52:00	6,16	0	0	7,03
Conteos de tráfico en el redondel "Simón Bolívar" - Sentido Av. de las Américas de bajada				
El conteo se lo realizó considerando únicamente el Tranvía que baja de la Av. De las Américas				
Hora normal de 11:00am a 12:00pm				
Hora de llegada del Tránvía	Tiempo hasta que los vehículos se detienen	# de vehículos que cruzan con rojo antes del Tranvía	# de vehículos que cruzan con rojo después del Tranvía	Tiempo hasta que la intersección se regule
11:04:00	6,66	1	1	7,81
11:13:00	3,6	1	1	1,45
11:24:00	10,46	1	0	1,95
11:33:00	13,24	0	1	3,67
11:43:00	9,08	0	0	12,52
11:51:00	8,94	0	0	2,44
Conteos de tráfico en el redondel "Simón Bolívar" - Sentido Av. de las Américas de bajada				
El conteo se lo realizó considerando únicamente el Tranvía que baja de la Av. De las Américas				
Hora normal de 17:00pm a 18:00pm				
Hora de llegada del Tránvía	Tiempo hasta que los vehículos se detienen	# de vehículos que cruzan con rojo antes del Tranvía	# de vehículos que cruzan con rojo después del Tranvía	Tiempo hasta que la intersección se regule
17:02:00	20	0	0	6,64
17:11:00	3	0	0	3,12
17:21:00	8,65	2	0	1,6
17:29:00	4,7	0	3	5,4
17:38:00	7,4	0	2	1,63
17:46:00	7,9	1	0	14,95
17:57:00	10,36	0	0	11,31

Tabla 87: Ejemplo conteos para el análisis de resultados de la semaforización fuente: autores

promedio 8-9	5,58	1	3	7,2716667
promedio 11-12	8,6633333	3	3	4,9733333
promedio 17-18	8,8585714	3	5	6,3785714
promedio lunes	7,7006349	3	4	6,2078571

Tabla 88: Ejemplo promedios horarios de los datos de la semaforización fuente: autores

Es de esta manera que se podrá obtener los datos de los promedios horarios semanales para cada una de las vías que intersectan el redondel Simón Bolívar, en hora normal y hora pico, antes y después de la implementación de la solución de semaforización auxiliar.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los promedios horarios semanales de antes y después de la semaforización auxiliar donde:

**A:** Tiempo hasta que los vehículos se detienen (segundos)

**B:** Número de vehículos que cruzan en rojo antes del Tranvía

**C:** Número de vehículos que cruzan en rojo después del Tranvía

**D:** Tiempo hasta que la intersección se regule (segundos)

### - Hora normal antes de la implementación del semáforo

Promedios horarios semanales				
	A	B	C	D
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	12,1813016	1	5	3,00693651
Promedio horario semanal Gran Colombia	5,59733333	2	4	2,7124127
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	6,73349206	3	3	8,11601587
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	6,38314603	12	5	3,95206349

Tabla 89: Promedios horarios semanales hora normal antes de la implementación del semáforo fuente:

autores

**- Hora pico antes de la implementación del semáforo**

Promedios horarios semanales				
	A	B	C	D
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	12,3624444	1	5	2,84022222
Promedio horario semanal Gran Colombia	5,858063492	3	5	3,92247619
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	6,18274603	2	4	8,58526349
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	6,53620635	12	5	3,61738095

*Tabla 90: Promedios horarios semanales hora pico antes de la implementación del semáforo fuente:*

*autores*

**- Hora normal después de la implementación del semáforo**

Promedios horarios semanales				
	A	B	C	D
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	11,6276667	0	3	3,04544444
Promedio horario semanal Gran Colombia	7,7526	3	6	9,51414603
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	6,44040635	2	4	11,4320349
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	6,23960317	12	5	3,30669841

*Tabla 91: Promedios horarios semanales hora normal después de la implementación del semáforo fuente:*

*autores*

**- Hora pico después de la implementación del semáforo**

Promedios horarios semanales				
	A	B	C	D

Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	10,7065873	1	3	3,56760317
Promedio horario semanal Gran Colombia	7,78544444	2	5	10,2921111
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	7,0115873	3	5	12,6763175
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	5,73506349	10	4	3,70731746

Tabla 92: Promedios horarios semanales hora pico después de la implementación del semáforo fuente:

autores

Una vez obtenidos todos los datos de promedios horarios semanales en la intersección de mayor accidentabilidad, se procederá al análisis de cada uno de los factores de tiempo en cada vía de la intersección y cada factor de número de vehículos para las dos zonas determinadas con anterioridad. Cada uno de los indicadores de tráfico será analizado independientemente para obtener la comparativa de antes y después de la implementación de la semaforización auxiliar.

- **Tiempo hasta que los vehículos se detienen en la intersección cuando el semáforo para el paso del Tranvía cambia a rojo**

Este indicador de tráfico se presentará mediante las siguientes tablas comparativas:

***Hora normal***

Tiempo hasta que los vehículos se detienen en la intersección cuando el semáforo para el paso del Tranvía cambia a rojo en horas de circulación normal (segundos)		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	12,1813	11,6276
Promedio horario semanal Gran Colombia	5,5973	7,5527

Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	6,7334	6,4404
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	6,3831	6,2396

Tabla 93: parámetro de análisis 1 antes y después de la colocación de la semaforización en hora normal

fuelle: autores

### ***Hora pico***

Tiempo hasta que los vehículos se detienen en la intersección cuando el semáforo para el paso del Tranvía cambia a rojo en horas pico (segundos)		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	12,3624	10,7065
Promedio horario semanal Gran Colombia	5,858	7,7854
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	6,1827	7,0115
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	6,5362	5,735

Tabla 94: parámetro de análisis 1 antes y después de la colocación de la semaforización en hora pico

fuelle: autores

Como se puede observar dentro del análisis de este factor antes y después de la implementación de la semaforización auxiliar, los tiempos promedio en los que los vehículos se detienen al momento del cambio del semáforo a color rojo, no se alteran o presentan una variación muy pequeña en la mayoría de intersecciones, las cuales, pueden presentarse debido al aumento de vehículos en la intersección antes de los cruces al momento del paso del Tranvía.

El mayor cambio que se puede observar dentro del análisis de este factor, es el aumento en los tiempos del cruce con la calle Gran Colombia. Esta variación se puede

atribuir al aumento de vehículos que esperan el paso del Tranvía en la zona 1 por parte de la Av. De las Américas en sentido de subida, lo cual, genera más volumen vehicular antes del cruce, lo que demora el tiempo hasta que se detiene el tráfico de la calle Gran Colombia.

- **Tiempo hasta que los vehículos vuelven a circular con normalidad cuando el semáforo para el paso del tranvía cambia a amarillo intermitente**

Este indicador de tráfico se presentará mediante las siguientes tablas comparativas:

Tiempo hasta que los vehículos vuelven a circular con normalidad cuando el semáforo para el paso del Tranvía cambia a amarillo intermitente en horas de circulación normal(segundos)		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	3,0069	3,0454
Promedio horario semanal Gran Colombia	2,7124	9,5141
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	8,116	11,432
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	3,952	3,3066

*Tabla 95: parámetro de análisis 2 antes y después de la colocación de la semaforización en hora normal*

*fuentes: autores*

Tiempo hasta que los vehículos vuelven a circular con normalidad cuando el semáforo para el paso del Tranvía cambia a amarillo intermitente en hora pico (segundos)		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	2,8402	3,5676
Promedio horario semanal Gran Colombia	3,9224	10,2921

Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	8,5852	12,6763
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	3,6173	3,7973

Tabla 96: parámetro de análisis 2 antes y después de la colocación de la semaforización en hora pico

fuentes: autores

En el análisis del antes y después en este factor, se puede observar que dentro de las intersecciones con Av. De las Américas (Subida) Y Av. Ordoñez Lasso, el tiempo que tardan los vehículos en volver a circular con normalidad después del paso del Tranvía, se mantiene o presenta variaciones demasiado pequeñas para ser de importancia dentro el análisis.

Dentro de la comparativa, también se puede observar que en los cruces con la Av. De las Américas (Bajada) y en la calle Gran Colombia, existen aumentos significativos en los tiempos hasta la regulación de los cruces, esto puede darse debido a que, con el aumento del volumen de vehículos que esperan el paso del Tranvía, provenientes de las otras dos intersecciones, las vías analizadas tardan más en regular su tráfico una vez que la señalización cambia de rojo a amarillo intermitente.

- **Número de vehículos que cruzan en rojo después del paso del Tranvía cuando el semáforo continúa en rojo**

Este indicador de tráfico se presentará mediante las siguientes tablas comparativas:

Número de vehículos que cruzan en rojo después del paso del Tranvía cuando el semáforo continúa en rojo en hora normal		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	5	3

Promedio horario semanal Gran Colombia	4	6
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	3	4
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	5	5

Tabla 97: parámetro de análisis 3 antes y después de la colocación de la semaforización en hora normal

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan en rojo después del Tranvía cuando el semáforo continuo en rojo en hora pico		
Intersección del redondel	Antes de la semaforización auxiliar	Después de la semaforización auxiliar
Promedio horario semanal Av. Américas (Subida)	5	3
Promedio horario semanal Gran Colombia	5	5
Promedio horario semanal Av. Américas (Bajada)	4	5
Promedio horario semanal Av. Ordoñez Lasso	5	4

Tabla 98: parámetro de análisis 3 antes y después de la colocación de la semaforización en hora pico

fuelle: autores

Dentro del análisis de este parámetro, se puede observar que la implementación de la semaforización auxiliar no represento un cambio significativo en el número de vehículos que cruzan el semáforo en rojo después del paso del Tranvía, ya que, si bien en algunas intersecciones el número de vehículos disminuye, el resultado es compensado por el aumento en la cantidad de vehículos que cruzan en el resto de vías.

- **Número de vehículos que cruzan antes que el Tranvía cuando el semáforo está en rojo.**

Dentro de este indicador se realizará el análisis en las dos zonas de posible colisión con el Tranvía, las cuales, se componen del tráfico dos vías de la intersección para cada zona y estarán representadas con los promedios horarios semanales de los datos obtenidos con el levantamiento de información de campo.

Además, para la representación en porcentaje de los vehículos que cruzan cuando el semáforo del Tranvía se encuentra en rojo, el 100% de los mismos será tomado del porcentaje de vehículos que representen el tiempo del paso del Tranvía con relación al promedio de volúmenes horarios en las horas normales y horas pico obtenidos para el cálculo del TPDA.

- **Antes de la implementación de la semaforización auxiliar.**

Número de vehículos que cruzan la zona 1 antes de que el Tranvía pase cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora de circulación normal	
Av. de las Américas (Subida)	1
Gran Colombia	2
<b>Total</b>	<b>3</b>

Tabla 99: Vehículos que cruzan por zona 1 en hora normal antes de la implementación del semáforo

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan zona 2 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora de circulación normal	
Av. de las Américas (Bajada)	3
Av. Ordoñez Lasso	12
<b>Total</b>	<b>15</b>

Tabla 100: Vehículos que cruzan por zona 2 en hora normal antes de la implementación del semáforo

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan zona 1 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora pico	
Av. de las Américas (Subida)	1
Gran Colombia	3
<b>Total</b>	<b>4</b>

Tabla 101: Vehículos que cruzan por zona 1 en hora pico antes de la implementación del semáforo fuente:

autores

Número de vehículos que cruzan zona 2 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora pico	
Av. de las Américas (Bajada)	2
Av. Ordoñez Lasso	12
Total	14

Tabla 102: Vehículos que cruzan por zona 2 en hora pico antes de la implementación del semáforo fuente:

autores

- **Después de la implementación de la semaforización auxiliar.**

Número de vehículos que cruzan zona 1 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora de circulación normal antes de la implementación del semáforo	
Av. de las Américas (Subida)	0
Gran Colombia	3
Total	3

Tabla 103: Vehículos que cruzan por zona 1 en hora normal después de la implementación del semáforo

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan zona 2 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora de circulación normal antes de la implementación del semáforo	
Av. de las Américas (Bajada)	2
Av. Ordoñez Lasso	12
Total	14

Tabla 104: Vehículos que cruzan por zona 2 en hora normal después de la implementación del semáforo

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan zona 1 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora de pico	
Av. de las Américas (Subida)	1
Gran Colombia	2
Total	3

Tabla 105: Vehículos que cruzan por zona 1 en hora pico después de la implementación del semáforo

fuelle: autores

Número de vehículos que cruzan zona 2 antes que el Tranvía cuando el semáforo se encuentra en rojo en hora pico	
Av. de las Américas (Bajada)	3
Av. Ordoñez Lasso	10
Total	13

Tabla 106: Vehículos que cruzan por zona 2 en hora pico después de la implementación del semáforo

fuentes: autores

Para la representación en porcentaje de los resultados obtenidos se procederá a la realización del cálculo de todos los vehículos presentes en la intersección al momento del paso del Tranvía en una hora.

Para la realización de este cálculo se obtendrán los vehículos equivalentes al tiempo en el que los semáforos de cruce se encuentran en rojo durante todos los recorridos del Tranvía en una hora.

Tiempo del semáforo en rojo para el cruce del Tranvía (segundos)	
Medida 1	35,04
Medida 2	32,95
Medida 3	31,64
Valor promedio de un cruce de Tranvía	33,21
Tiempo de semáforo rojo en 1 hora	199,26

Tabla 107: Cálculo del tiempo que el semáforo pasa en rojo en una hora fuentes: autores

Una vez obtenido el tiempo total que el semáforo del Tranvía está en rojo dentro de una hora, se procederá a la conversión de este tiempo a número de vehículos mediante los valores promediados de los volúmenes horarios en las diferentes zonas.

### **-Antes de la implementación de la semaforización auxiliar**

Volumen de vehículos en hora de circulación normal Zona 1		
	Av. de las Américas (Subida)	Gran Colombia
8h00-9h00	298	423
11h00-12h00	362	439
17h00-18h00	350	430
Promedio	337	431
volumen total horario	768	

Volumen de vehículos que están en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	43
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	3
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	6,97%

Tabla 108: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 1 en hora normal antes de la implementación del

semáforo fuente: autores

Volumen de vehículos en hora de circulación normal Zona 2		
	Av. de las Américas (Bajada)	Av. Ordoñez Lasso
8h00-9h00	1016	1293
11h00-12h00	672	937
17h00-18h00	709	1075
Promedio	799	1102
volumen total horario		
	1901	
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	106	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	15	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	14,15%	

Tabla 109: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 2 en hora normal antes de la implementación del

semáforo fuente: autores

Volumen de vehículos en hora pico Zona 1		
	Av. de las Américas (Subida)	Gran Colombia
7h00-8h00	262	290
12h00-13h00	380	472
18h00-19h00	245	384
Promedio	296	382
volumen total horario		
	678	
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	38	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	4	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	10,52%	

Tabla 110: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 1 en hora pico antes de la implementación del

semáforo fuente: autores

Volumen de vehículos en hora pico Zona 2		
	Av. de las Américas (Bajada)	Av. Ordoñez Lasso
7h00-8h00	854	1114
12h00-13h00	797	1057
18h00-19h00	586	1007
Promedio	746	1060
volumen total horario	1806	
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	100	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	14	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	14%	

*Tabla 111: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 2 en hora pico antes de la implementación del*

*semáforo fuente: autores*

### **-Después de la implementación de la semaforización**

Volumen de vehículos en hora de circulación normal Zona 1		
	Av. de las Américas (Subida)	Gran Colombia
8h00-9h00	298	423
11h00-12h00	362	439
17h00-18h00	350	430
Promedio	337	431
volumen total horario	768	
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el tranvía cruza (100%)	43	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	3	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	6,97%	

*Tabla 112: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 1 en hora normal después de la implementación*

*del semáforo fuente: autores*

Volumen de vehículos en hora de circulación normal Zona 2		
	Av. de las Américas (Bajada)	Av. Ordoñez Lasso
8h00-9h00	1016	1293
11h00-12h00	672	937
17h00-18h00	709	1075
Promedio	799	1102

volumen total horario	1901
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	106
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	14
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	13,20%

*Tabla 113: Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 2 en hora normal después de la implementación del semáforo fuente: autores*

Volumen de vehículos en hora pico Zona 1		
	Av. de las Américas (Subida)	Gran Colombia
7h00-8h00	262	290
12h00-13h00	380	472
18h00-19h00	245	384
Promedio	296	382
volumen total horario		
678		
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el tranvía cruza (100%)	38	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	3	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	7,89%	

*Tabla 114 Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 1 en hora pico después de la implementación del semáforo fuente: autores*

Volumen de vehículos en hora pico Zona 2		
	Av. de las Américas (Bajada)	Av. Ordoñez Lasso
7h00-8h00	854	1114
12h00-13h00	797	1057
18h00-19h00	586	1007
Promedio	746	1060
volumen total horario		
1806		
Volumen de vehículos que está en la intersección cuando el Tranvía cruza (100%)	100	
Número de vehículos que cruza con el semáforo en rojo	13	
Porcentaje de vehículos que cruzan con el semáforo en rojo	13,00%	

*Tabla 115 Porcentaje de vehículos que cruzan por zona 2 en hora pico después de la implementación del semáforo fuente: autores*

El análisis de este factor de tráfico será el más determinante para la evaluación de los resultados obtenidos con la implementación de la semaforización auxiliar, ya que, el número total de vehículos que cruzan las zonas de análisis durante el semáforo en rojo antes del paso del Tranvía representa la mayor probabilidad de posibles accidentes de tránsito en el redondel.

Como se puede observar dentro del análisis comparativo, durante las horas de circulación normal en zona 1, el porcentaje de vehículos que cruza no presenta variación, mientras que, en zona 2 el porcentaje se reduce del 14.15% al 13.20%, lo cual, se puede considerar como una pequeña mejora debido a la disminución de vehículos que representa.

Dentro del análisis de este factor en horas pico, se puede observar que la reducción del porcentaje está más presente, ya que, en la zona 1 el porcentaje varía de 10.52% a 7.89% y en la zona 2 de 14% a 13%. Estas variaciones se pueden interpretar como una mejora hacia el desenvolvimiento del tráfico en la intersección de mayor accidentabilidad, ya que, al disminuirse los promedios horarios semanales del número de vehículos que cruza antes del Tranvía, también disminuye la probabilidad de accidentes con el mismo debido al irrespeto de las señales de tránsito en el redondel.

## **4. Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

La incorporación del sistema tranviario proporcionó a la ciudadanía una nueva alternativa de transporte público que facilita cruzar la ciudad de una manera más eficiente y ecológica, teniendo en cuenta que antes de llegada de la unidad tranviaria, el sistema de buses y taxis que atendían a la ciudad se saturaba en ciertos sectores debido a la creciente

demanda por parte de la población. La llegada del Tranvía representa la incorporación de un sistema de transporte novedoso que espera mejorar con el tiempo para cubrir las necesidades de un mayor número de personas dentro de la ciudad.

A partir de análisis realizado en base al registro de accidentes proporcionado por la empresa municipal encargada de la operación del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca, se pudo determinar las intersecciones con mayores y menores índices de accidentabilidad, de las cuales, se procedió a realizar un análisis comparativo escogiendo el redondel Simón Bolívar y el redondel De la Chola Cuencana como las intersecciones de mayor y menor vulnerabilidad respectivamente.

Se generaron 80 encuestas para usuarios del Tranvía y moradores cercanos a los redondeles, donde se logró recopilar información de parte de la ciudadanía, en la cual, se pudo observar que una gran parte de los usuarios encuestados aceptan de manera positiva al medio de transporte y lo han involucrado en sus actividades cotidianas, mientras que algunos moradores señalan que las adecuaciones generadas para la circulación del Tranvía han afectado negativamente el tráfico.

Los niveles de servicio obtenidos en las diferentes intersecciones muestran que, tanto en el redondel Simón Bolívar como en el redondel de la Chola Cuencana, existen deficiencias relacionadas a las características físicas de las vías, lo cual, además de situarlas en niveles de servicio bajos, genera un desempeño inadecuado en la circulación del tráfico, que, a su vez, influye en una mayor accidentabilidad con el Tranvía debido al aumento en la congestión vehicular.

Tras la revisión de la ficha técnica del Tranvía y la revisión bibliográfica sobre los principales aspectos operacionales de la unidad, se lograron determinar las principales características del medio de transporte como, su velocidad de circulación, longitud de la ruta, número de paradas, capacidad máxima de personas, puntos de transición del sistema

intermodal, distancia entre paradas, tiempos de recorrido, entre otras evidenciables en la tabla de aspectos operacionales del sistema tranviario.

Con los resultados obtenidos a partir de los registros de accidentes relacionados con el Tranvía, se pudo categorizar los siniestros de tránsito según su tipología, el tipo vehículo, su causa más frecuente y las intersecciones de mayor riesgo en ruta, determinando que, desde el inicio de su operación, los tipos de accidentes más frecuentes son choque lateral y frontal, los tipos de vehículos más afectados son los vehículos particulares, la causa más frecuente de accidente es la invasión de vía y las intersecciones de mayor índice de accidentabilidad hasta la fecha son: el redondel Simón Bolívar, la calle Hermano Miguel y la calle Sebastián de Benalcázar.

El análisis del antes y después de la implementación de la semaforización auxiliar en el redondel Simón Bolívar determinó que, el comportamiento de los conductores ante la nueva semaforización como medida de solución aplicada por la empresa encargada, mejoró en cuanto al número de vehículos que cruzan el semáforo en rojo antes del paso del Tranvía; debido a que se evidenció una reducción en cuanto a su porcentaje horario semanal con relación a los valores obtenidos antes de la implementación. Esta reducción es más evidenciable dentro de los análisis en horas pico, donde, se puede observar que en la zona de análisis “1”, existe una reducción del 2.63% de los vehículos que cruzan en rojo, mientras que, en la zona de análisis “2”, el porcentaje que se reduce es del 1% en la misma variable.

Luego de haber realizado un análisis de todas las variables presentes en la accidentabilidad del Tranvía, se pueden determinar que los siniestros de tránsito que han transcurrido hasta la fecha son el resultado de una serie de factores que actúan simultáneamente al momento de suscitarse un accidente con el sistema tranviario. Entre

los cuales se puede destacar, el TPDA de las zonas, los niveles de servicio de las vías, las secciones tipo, la señalización y la actitud por parte de los ciudadanos.

Como se pudo evidenciar durante la realización de este trabajo de titulación, gran parte de la población aún no se ha adaptado a las nuevas normas de circulación y señalización que trae consigo la implementación de este aún reciente sistema tranviario; es por esto que, las soluciones para disminuir los índices de accidentabilidad, son deberes que deben ser solventados mediante el trabajo conjunto de la ciudadanía y las autoridades encargadas.

## **4.2 Recomendaciones**

Este trabajo de titulación parte de la necesidad de conocer todos los factores que intervienen en la accidentabilidad del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca, y concluye en la determinación de los mismos y en el planteamiento teórico de soluciones que pueden ser aplicadas a futuro. Recomendamos continuar con el estudio de la accidentabilidad de este sistema de transporte dirigido hacia otras intersecciones consideradas de alta vulnerabilidad, aplicando un sistema similar o diferente al descrito en este documento y presentando nuevas propuestas que reduzcan la accidentabilidad en cada una de las intersecciones.

A continuación, se presentarán algunas recomendaciones adicionales basadas en el estudio realizado en las intersecciones:

### **4.2.1 Medidas correctivas**

Se puede observar que, dentro del comportamiento del tráfico en las intersecciones analizadas, no existen repercusiones para los vehículos que ignoran las normas de circulación y los semáforos al momento del paso del Tranvía en los redondeles. Este problema puede reflejarse en más vehículos que, al no ser controlados o sancionados

por las autoridades competentes, ponen en riesgo sus vidas y la integridad del sistema tranviario al desobedecer la señalización preferencial del Tranvía.

Como una de las posibles recomendaciones para la disminución de la accidentabilidad dentro de este factor, se puede plantear la intervención por parte de las autoridades en la movilidad de la ciudad, las cuales, mediante estudios de tráfico y controles en los redondeles y cruces de la ruta del Tranvía, podrían presentar multas o sanciones para todos los vehículos que no respeten la preferencia del sistema tranviario, generando así más respeto por parte de la ciudadanía hacia la señalización que está colocada de manera estratégica para evitar accidentes.

#### **4.2.2 Rutas alternas**

Otro gran problema que se puede observar dentro de los factores que producen la accidentabilidad del sistema tranviario, es la gran cantidad de vehículos que ingresan a los cruces directos con la ruta tranviaria, los cuales, genera más posibilidades de accidentes con el mismo debido a la congestión vehicular que producen.

Una recomendación para este problema puede presentarse como el planteamiento de rutas alternas a los cruces del Tranvía, las cuales, pueden generarse mediante desvíos señalizados obtenidos de estudios origen-destino en las zonas más congestionadas y de mayor accidentabilidad dentro de la ruta tranviaria.

#### **4.2.3 Educación vial**

Como ya se mencionó con anterioridad, la respuesta de los conductores con la señalización preferencial del sistema tranviario es deficiente, ya que, los mismos siguen irrespetando las señales de tránsito dentro de los cruces con el Tranvía.

Una recomendación que puede ayudar a mejorar el desenvolvimiento de los vehículos particulares en las intersecciones es la de generar campañas de educación vial

para el respeto y entendimiento de las señales de tránsito relacionadas con el Tranvía con la ayuda de las empresas encargadas de la movilidad en la ciudad, ya que, si bien se presentaron campañas de uso y señalización del Tranvía durante las fases de prueba, todavía existe una gran parte de la población que ignora su funcionamiento e importancia dentro de los cruces del sistema tranviario.

#### **4.2.4 Calibración de la semaforización**

Una recomendación para la disminución de la accidentabilidad en las intersecciones de la ruta tranviaria es la calibración de la semaforización en la ciudad en base al comportamiento actual del tráfico, ya que, en varias intersecciones, los tiempos del semáforo en rojo son excesivos, demorando así la circulación normal del tráfico una vez el Tranvía haya pasado.

Otro punto con relación a la señalización de la ruta tranviaria puede ser el análisis de varios semáforos que, dentro de las intersecciones del Tranvía, realizan trabajos redundantes o no necesarios para el control del tráfico, lo cual desaprovecha su equipo y puede llegar a generar señalización excesiva o confusa para el correcto desenvolvimiento de los vehículos particulares.

#### **4.2.5 Señalización inclusiva para personas con discapacidad y para ciclistas**

Como recomendación final para la disminución de accidentes y la mejora en la circulación de vehículos particulares, peatones y ciclistas, se puede proponer una adecuación en la semaforización que facilite y de prioridad al tráfico de personas en bicicleta o personas con discapacidad en la intersección mediante la implementación de semaforización complementaria auditiva y pasos preferenciales para ciclistas y vehículos recreativos.

## Bibliografía

1. A. N. Constituyente. (2012). *REGLAMENTO A LA LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL*. Art. 147.
2. Álvarez, Í. (s.f). Sistema de inspección de pantógrafos de trenes mediante visión artificial. *tria RAILWAY R&D*.
3. Arévalo, P., Criollo, D., Guamán, P., Medina, R., Morales, D., Romero, J., & Tapia, S. (2015). Modelado del Tranvía Citadis-302 Implementado en la Ciudad de Cuenca Utilizando Matlab - Simulink. *Revista Técnica "energía"*(12), Pp.284-293. Obtenido de <http://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/53/51>
4. Aroca, M. (2005). *ESTUDIO MÉDICO LEGAL DE LOS CUADROS LESIVOS EN LOS ACCIDENTES DE TRÁFICO*. VALENCIA, ESPAÑA: UNIVERSITAT DE VALÈNCIA - FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA.
5. Astudillo, I. R. (2016). *Obtencion de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del canton Cuenca*. Cuenca.
6. Báez, P. (2012). *Diseño de una metodología para la gestión administrativa de la caja comun en empresas de servicio de transporte de pasajeros urbanos*. Quito.
7. Baker, S., & Fricke, L. (1986). *The Traffic-Accident Investigation Manual -- At-scene Investigation and Technical Followup*. Evanston, Illinois: Northwestern University Traffic Institute.
8. Beltrán, J. (26 de Febrero de 2020). Todo lo que debe saber sobre el tranvía de Cuenca y por qué no funciona. *PRIMICIAS*.
9. Cal, R., Reyes, M., & Cárdenas, J. (2006). *Ingeniería de Tránsito - Fundamentos y aplicaciones* (Vol. 8a. Edición). México: Alfaomega.

10. Concejo Cantonal de Cuenca. (2010). *ORDENANZA DE CONSTITUCION, ORGANIZACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE MOVILIDAD, TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE CUENCA – EMOVEP*. Cuenca.
11. Cruz, C., & Virviescas, M. (2018). *EVALUACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL TRANVÍA DE CUENCA ECUADOR Y DEL TRANVÍA DE MEDELLÍN COLOMBIA*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Santo Tomás .
12. Díaz, B., & Sarango, P. (12 de Marzo de 2020). Sistema web y móvil híbrido para la recolección muestral de datos sobre flujo vehicular en la zona de regeneración urbana de la ciudad de Loja, Ecuador. *ESPACIOS*, 41(08), 4.
13. ecuadorexplorer. (s.f). *Cuenca-Ecuador*. Obtenido de Todo sobre Cuenca Ecuador: <https://www.ecuadorexplorer.com/html/cuenca.html>
14. EL COMERCIO. (18 de diciembre de 2017). *Los trabajos del tranvía en Cuenca se reanudan luego de 11 meses*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/trabajos-tranvia-cuenca-movilidad-obras.html>
15. ELTIEMPO. (30 de agosto de 2012). *Estudios para tranvía se entregaron ayer*. Obtenido de El Instituto Nacional de Preinversión, INP, entregó ayer a la Alcaldía de Cuenca, los estudios complementarios y de ingeniería, así como el diseño final del proyecto Tranvía de los 4 Ríos: <https://web.archive.org/web/20120901213519/http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/104337-estudios-para-tranva-a-se-entregaron-ayer>
16. ELUniverso. (18 de junio de 2021). *Tranvía de Cuenca se paralizó por falta de energía eléctrica*.

17. EMOV EP. (2020). *Menos del 64% de siniestros de tránsito en el 2020*. Cuenca: Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte - EMOV EP. Obtenido de <https://www.emov.gob.ec/menos-el-64-de-siniestros-de-transito-en-el-2020/>
18. GAD, Cuenca. (2019). *ORDENANZA QUE REGULA LA OPERACIÓN DEL SISTEMA TRANVIARIO DEL CANTÓN CUENCA*. CONSEJO CANTONAL DEL CANTÓN CUENCA.
19. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2020). *TARIFA TRANSITORIA DEL BOLETO SENCILLO VIGENTE HASTA EL 31 DE DICIEMBRE*. Obtenido de Tranvía: <http://tranvia.cuenca.gob.ec/content/tarifa-transitoria-del-boleto-sencillo-vigente-hasta-el-31-de-diciembre>
20. goraymi.com. (s.f.). *Independencia de Cuenca*. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/azuay/cuenca/independencias/independencia-cuenca-a33c6ed6f>
21. Gordillo, & Miguitama. (2018). *DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE MAYORACIÓN DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA) PARTIENDO DE DATOS HISTÓRICOS DE ZONAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE CUENCA*. Cuenca: UNIVERSIDAD DE CUENCA - FACULTAD DE INGENIERÍA.
22. INEC. (2021). *Reporte Siniestros de Tránsito*. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
23. Isabel Matute, F. R. (2015). *La Llegada del tren a Cuenca: Etnografía e Historia*. Cuenca.
24. Merchan, S. D. (2019). *Determinación de la tarifa del Tranvía 4 Ríos de la Ciudad de Cuenca, a partir de los costos de inversión y operación*. Cuenca.

25. Minagua, V. (2017). *LA CAUSA BASAL EN LOS DELITOS DE TRÁNSITO Y SU INCIDENCIA EN LAS SENTENCIAS EMITIDAS POR PARTE DE LOS JUECES DE LA UNIDAD JUDICIAL PENAL CON SEDE EN EL CATÓN RIOBAMBA DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2016*. RIOBAMBA-ECUADOR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO - FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ADMINISTRATIVAS-CARRERA DE DERECHO.
26. Moncayo, B., & Castillo, C. (2021). *Estudio de impacto a la movilidad por la inclusión de un centro comercial en el sector Gapal de la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
27. Montesdeoca, R., & Vásquez, E. (febrero de 2015). ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE SERVICIO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TRANVÍA EN LA CIUDAD DE CUENCA. Cuenca, Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA - Sede Cuenca.
28. National Academies of Science . (2016). *Highway Capacity Manual*. Washington D. C.
29. OMS. (2009). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LA SEGURIDAD VIAL: ES HORA DE PASAR A LA ACCIÓN*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud. Obtenido de [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/report/web\\_version\\_es.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/report/web_version_es.pdf)
30. OMS. (2013). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LA SEGURIDAD VIAL 2013: APOYO AL DECENIO DE ACCIÓN*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud: Departamento de Prevención de la Violencia y los Traumatismos y Discapacidades (VIP). Obtenido de

- [https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2013/report/summary\\_es.pdf](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/report/summary_es.pdf)
31. OMS. (2015). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LA SEGURIDAD VIAL 2015: Manejo de Enfermedades No Transmisibles, Discapacidad, Violencia y Prevención de Lesiones (NVI)*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
  32. OMS. (2018). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL DE LA SEGURIDAD VIAL 2018*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
  33. Pizarro, O. (1990). *MEDICINA LEGAL EN EL TRÁNSITO*. Editorial Jurídica de Chile.
  34. Rumé, S. (2018). Reflexiones antropológicas sobre la difícil ejecución del proyecto tranvía en Cuenca. *CIVITIC - Revista Interuniversitaria de Estudios Urbanos de Ecuador*(4), 25-34. Obtenido de <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/15811/1/REXTN-Ci4-04-Rume.pdf>
  35. Salinas, M., & Vele, L. (2014). *ESTUDIO CIENTÍFICO DE LA ACCIDENTABILIDAD DE TRÁNSITO EN EL CANTÓN CUENCA*. Cuenca - Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.
  36. Salvatierra, V. (2017). *ESTRATEGIAS OPTIMAS PARA LA CONSERVACION Y DESARROLLO VIAL POR NIVELES DE SERVICIO, DE SUPERFICIES DE RODADURA ASFALTICAS EN CARRETERAS DEL PERU*. Trujillo .
  37. Tranvía. (2019). *Rendición de Cuentas 2019*. Cuenca: Aldaldía de Cuenca.

**ANEXO N° 1: REGISTRO DE ACCIDENTES - TRANVÍA**

Principal	(Todas)
Vía	(Todas)

Cuenta de Concatenar	Etiquetas de columna																
	Av. 1 de mayo	Av. Gil Ramírez Dávalos	Av. Huayna Cápac Redondel	Av. México	Av. Ordoñez Lazo Redondel Simón Bolívar	Av. Remigio Crespo Redondel	Camino Viejo a Baños	Del Arrayan	Don Bosco	Ecuador	Enrique Arízaga	Francisco Ascázubi	Hermano Miguel	Juan Larrea	Juan Montalvo	Manuel Vega	
2019	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	2,38%	
2020	2,38%	2,38%	0,00%	0,00%	2,38%	2,38%	2,38%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	0,00%	4,76%	0,00%	2,38%	0,00%	
2021	2,38%	2,38%	2,38%	2,38%	4,76%	2,38%	0,00%	2,38%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	0,00%	
<b>Total general</b>	<b>4,76%</b>	<b>4,76%</b>	<b>2,38%</b>	<b>2,38%</b>	<b>7,14%</b>	<b>4,76%</b>	<b>4,76%</b>	<b>2,38%</b>	<b>2,38%</b>	<b>4,76%</b>	<b>4,76%</b>	<b>2,38%</b>	<b>7,14%</b>	<b>2,38%</b>	<b>2,38%</b>	<b>2,38%</b>	

Manzaneros	Medio Ejido	Nicolás de Rocha	Nuñez de Bonilla	Peatonal	Redondel Milchichig	Ricardo Darquea	Sebastián de Benalcázar	Sevilla	Unidad Nacional	Total general
	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	0,00%	2,38%	16,67%
	2,38%	2,38%	0,00%	4,76%	0,00%	0,00%	0,00%	4,76%	4,76%	42,86%
	2,38%	0,00%	4,76%	0,00%	0,00%	0,00%	2,38%	2,38%	0,00%	40,48%
	4,76%	2,38%	4,76%	4,76%	2,38%	2,38%	2,38%	7,14%	4,76%	100,00%

## **ANEXO N° 2: CÁLCULO DEL TPDA**

Av. Ordoñez Lasso

Conteo Av. Ordoñez Lasso						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	290	1	8	0	1	15
7:15-7:30	225	2	6	0	5	21
7:30-7:45	243	0	4	1	0	0
7:45-8:00	250	0	13	2	1	26
8:00-8:15	288	1	16	1	0	16
8:15-8:30	300	3	9	1	3	31
8:30-8:45	259	7	12	0	0	20
8:45-9:00	288	5	10	1	1	21
9:00-9:15	250	7	13	0	0	16
9:15-9:30	285	5	4	1	0	5
9:30-9:45	250	3	3	1	5	15
9:45-10:00	230	7	8	0	1	27
10:00-10:15	41	0	0	0	0	0
10:15-10:30	195	5	14	4	0	13
10:30-10:45	230	4	19	0	1	17
10:45-11:00	189	4	14	2	2	11
11:00-11:15	177	8	12	0	4	17
11:15-11:30	250	7	12	2	0	18
11:30-11:45	140	2	10	1	0	16
11:45-12:00	222	8	6	0	0	25
12:00-12:15	157	4	7	2	4	16
12:15-12:30	212	4	13	2	5	23
12:30-12:45	225	3	20	1	2	24
12:45-13:00	250	9	21	2	1	50
13:00-13:15	210	0	5	0	0	6
13:15-13:30	199	4	15	0	3	29
13:30-13:45	189	5	9	2	0	17
13:45-14:00	166	6	19	0	1	13
14:00-14:15	218	5	26	1	0	22
14:15-14:30	177	4	10	1	0	21
14:30-14:45	283	3	24	0	0	13
14:45-15:00	214	3	15	1	1	11
15:00-15:15	231	4	10	1	0	14
15:15-15:30	250	3	12	2	1	13
15:30-15:45	209	5	10	1	0	8
15:45-16:00	201	3	15	1	0	13
16:00-16:15	167	2	11	0	0	8
16:15-16:30	220	6	11	1	0	14
16:30-16:45	178	3	11	1	0	9
16:45-17:00	214	2	8	1	0	11
17:00-17:15	226	3	19	0	3	23
17:15-17:30	237	8	7	2	3	25
17:30-17:45	215	4	9	5	4	17
17:45-18:00	225	4	9	0	3	24
18:00-18:15	157	9	21	0	5	24
18:15-18:30	212	3	12	1	0	12
18:30-18:45	225	4	19	1	1	18
18:45-19:00	250	6	15	0	1	11

Tabla 1: Conteos Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

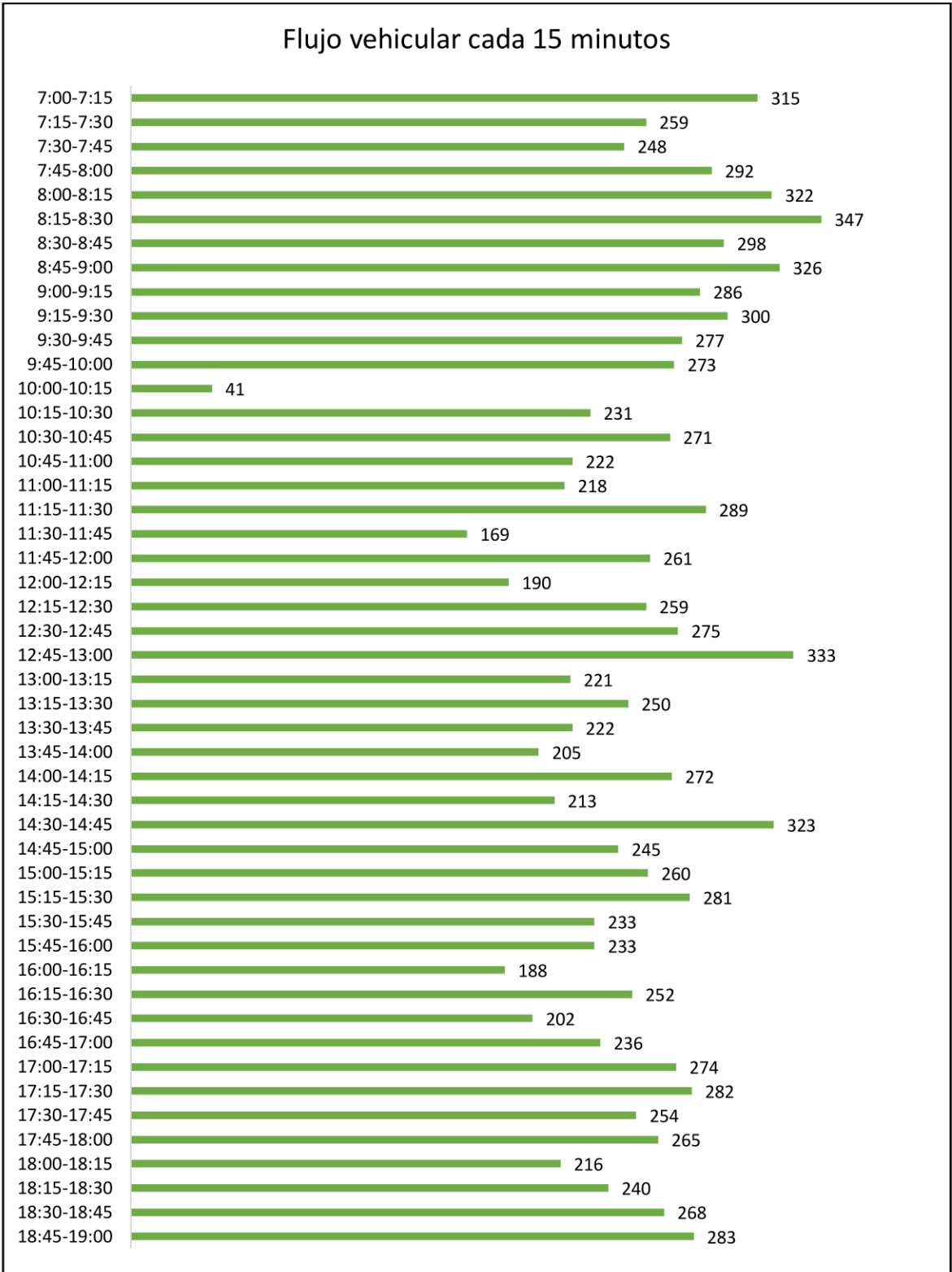


Figura 1: flujo vehicular cada 15 minutos Av. Ordoñez Lasso fuente: autores

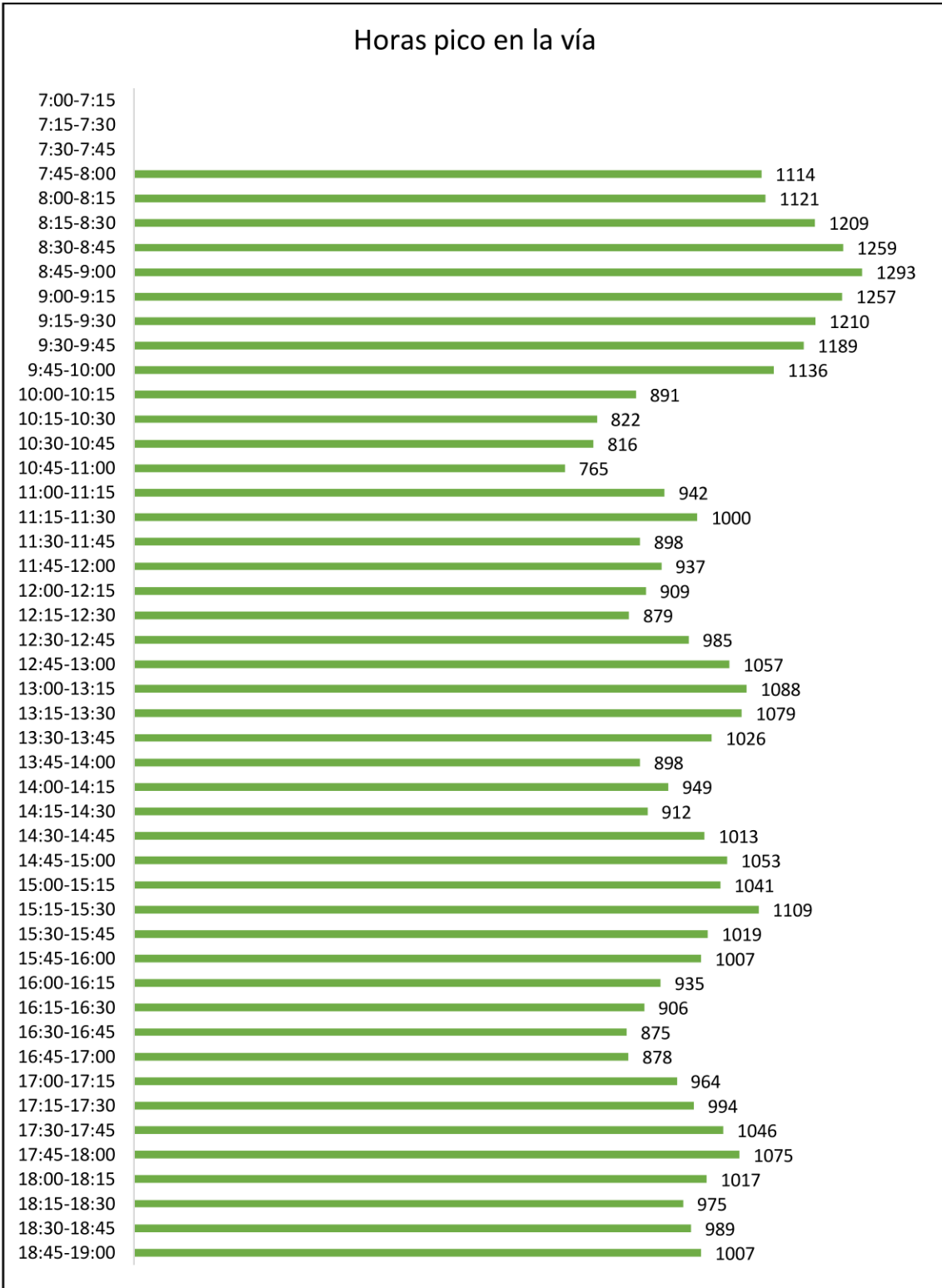


Figura 2: volumen horario máxima demanda fuente: autores

Av. De las Americas (bajada)

Conteo Av. De las Américas (Bajada)						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	142	0	2	1	1	10
7:15-7:30	175	2	4	0	4	15
7:30-7:45	250	0	2	1	4	20
7:45-8:00	200	6	2	0	0	13
8:00-8:15	250	1	2	2	7	23
8:15-8:30	205	4	1	3	3	23
8:30-8:45	221	0	7	3	3	18
8:45-9:00	210	0	6	2	4	18
9:00-9:15	152	0	6	0	1	23
9:15-9:30	196	0	9	0	2	11
9:30-9:45	139	0	8	0	3	15
9:45-10:00	213	1	6	0	4	17
10:00-10:15	125	1	5	0	0	16
10:15-10:30	188	0	5	0	2	18
10:30-10:45	82	1	5	0	0	12
10:45-11:00	160	0	8	0	2	16
11:00-11:15	149	0	6	0	5	12
11:15-11:30	150	0	6	0	1	12
11:30-11:45	115	0	5	1	1	15
11:45-12:00	165	0	9	0	4	16
12:00-12:15	168	0	4	1	4	17
12:15-12:30	145	1	4	0	1	19
12:30-12:45	147	1	6	1	4	18
12:45-13:00	235	0	3	1	0	17
13:00-13:15	135	0	4	1	1	11
13:15-13:30	220	0	2	0	0	20
13:30-13:45	153	1	5	0	3	8
13:45-14:00	150	0	7	1	2	10
14:00-14:15	182	0	4	0	0	18
14:15-14:30	206	5	8	0	0	21
14:30-14:45	121	1	2	0	0	8
14:45-15:00	190	2	3	0	0	12
15:00-15:15	190	1	4	0	4	15
15:15-15:30	195	1	4	0	1	17
15:30-15:45	157	0	3	2	1	13
15:45-16:00	135	0	3	2	0	24
16:00-16:15	125	1	1	3	2	16
16:15-16:30	180	1	3	4	1	7
16:30-16:45	120	2	6	1	0	9
16:45-17:00	150	0	4	0	2	8
17:00-17:15	105	0	3	2	5	6
17:15-17:30	185	2	12	1	4	9
17:30-17:45	182	0	2	0	1	17
17:45-18:00	160	0	3	0	1	9
18:00-18:15	135	0	3	0	3	8
18:15-18:30	130	0	1	0	2	7
18:30-18:45	137	0	2	0	3	13
18:45-19:00	132	0	0	0	1	9

Tabla 2: Conteos Av. de las Américas (bajada) fuente: autores

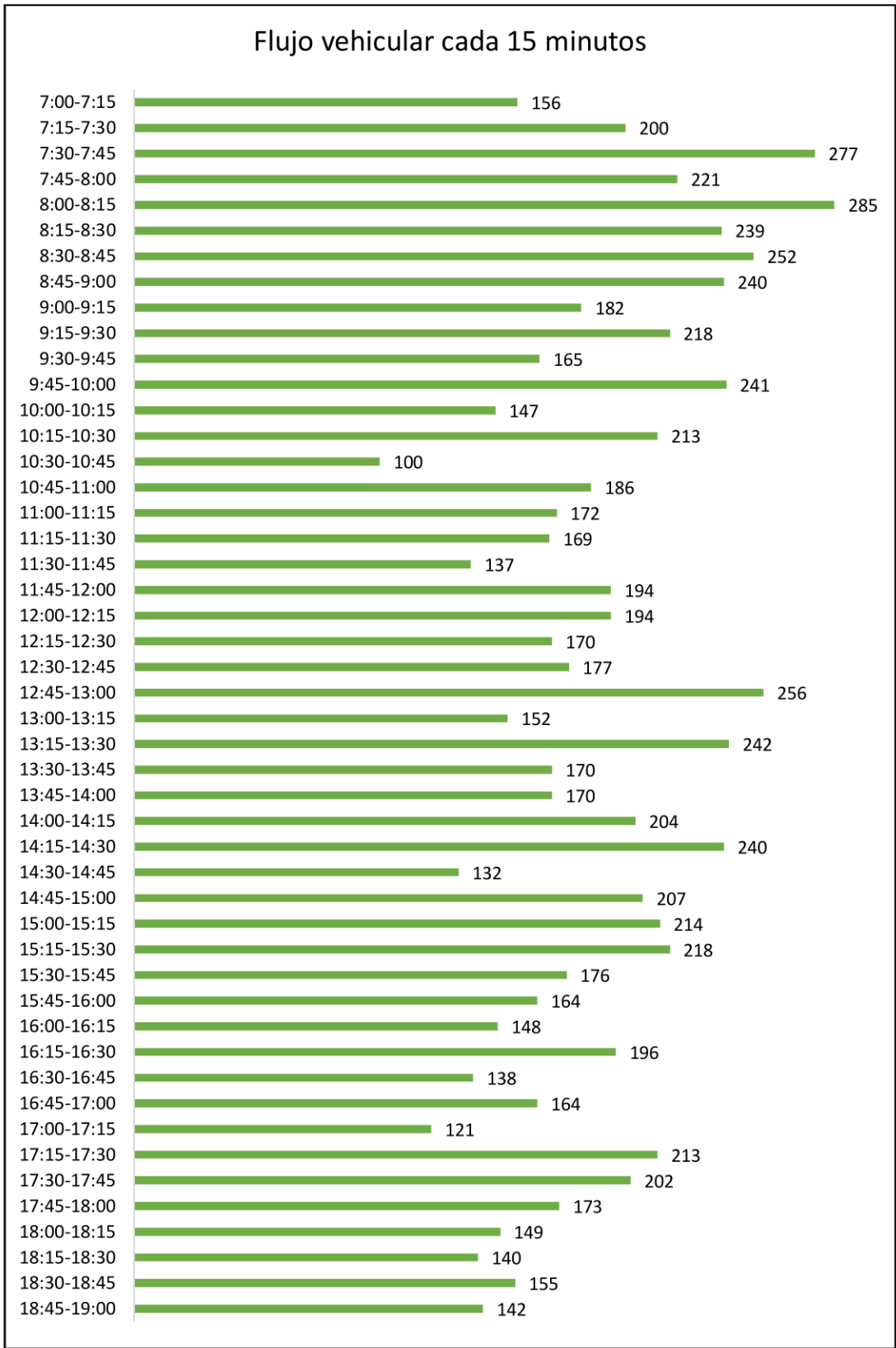


Figura 3: flujo vehicular cada 15 minutos Av. De las Américas (Bajada) fuente: autores

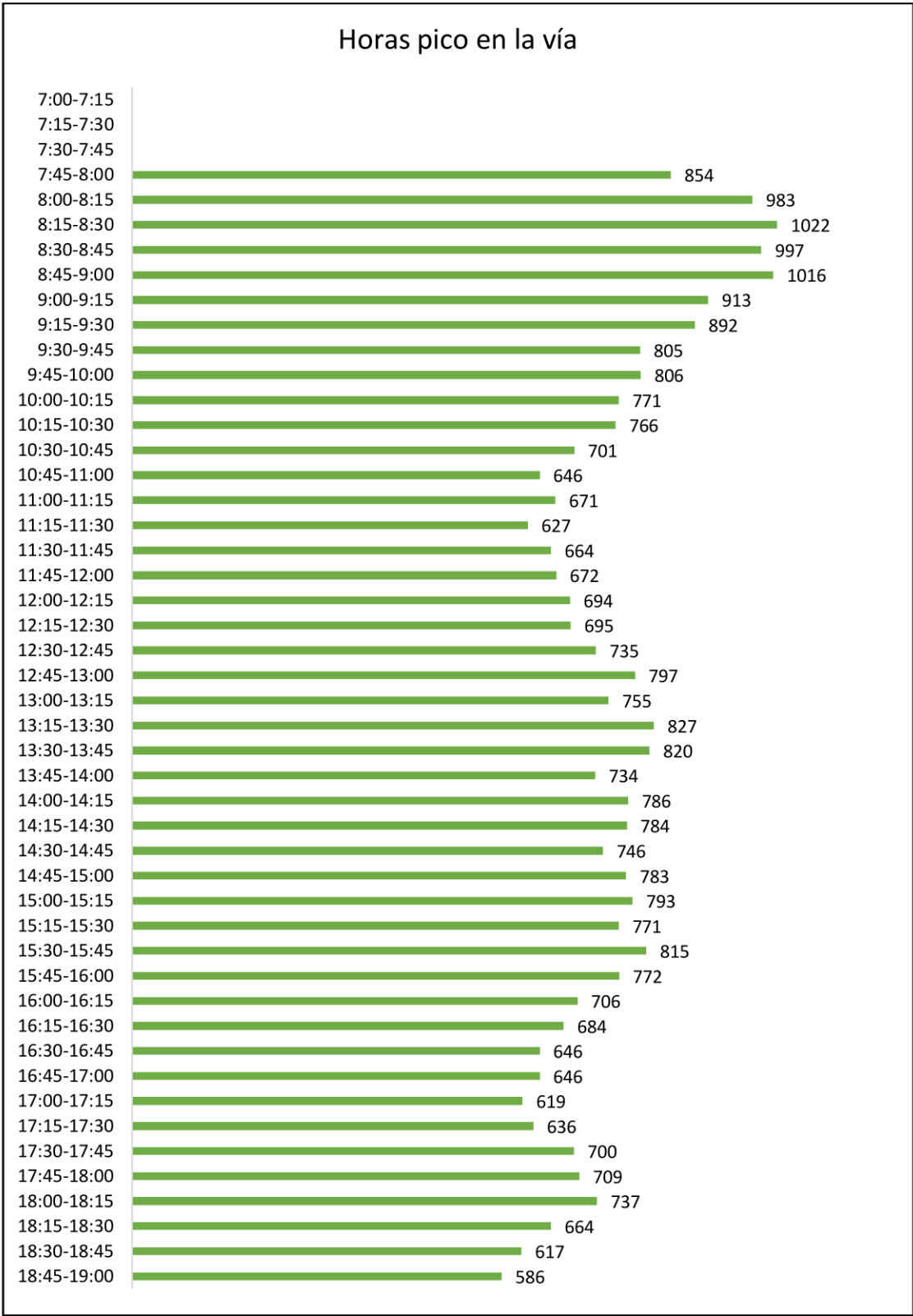


Figura 4: volumen horario máxima demanda fuente: autores

*Av. de las Américas (Subida)*

Conteo Av. De las Américas (Subida)						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	32	0	3	0	2	6
7:15-7:30	70	0	5	0	7	10
7:30-7:45	48	0	0	0	0	6
7:45-8:00	56	1	1	0	4	11
8:00-8:15	56	1	2	0	4	3
8:15-8:30	66	0	2	0	4	11
8:30-8:45	69	1	3	0	3	3
8:45-9:00	59	1	3	0	3	4
9:00-9:15	75	0	5	0	3	3
9:15-9:30	90	0	3	0	0	7
9:30-9:45	69	1	2	0	1	8
9:45-10:00	65	1	2	0	2	9
10:00-10:15	67	0	4	0	1	9
10:15-10:30	55	1	4	0	0	11
10:30-10:45	60	1	3	0	0	12
10:45-11:00	63	1	2	1	0	4
11:00-11:15	66	1	7	0	2	10
11:15-11:30	80	1	5	0	0	6
11:30-11:45	62	1	4	0	1	9
11:45-12:00	96	0	4	0	1	6
12:00-12:15	72	1	2	0	3	6
12:15-12:30	87	0	2	0	1	14
12:30-12:45	70	3	4	1	2	8
12:45-13:00	85	1	3	0	2	13
13:00-13:15	75	1	3	0	1	12
13:15-13:30	71	1	1	0	0	7
13:30-13:45	60	1	9	0	1	9
13:45-14:00	72	1	3	0	0	12
14:00-14:15	74	2	3	0	2	10
14:15-14:30	50	0	7	0	1	8
14:30-14:45	67	1	0	0	0	2
14:45-15:00	87	2	2	0	1	9
15:00-15:15	64	1	4	0	0	9
15:15-15:30	105	0	10	0	2	5
15:30-15:45	60	1	3	0	2	0
15:45-16:00	100	1	4	0	1	14
16:00-16:15	60	1	2	0	0	3
16:15-16:30	95	1	6	0	1	6
16:30-16:45	76	2	2	0	1	10
16:45-17:00	93	0	4	0	0	6
17:00-17:15	107	1	4	0	0	11
17:15-17:30	73	1	6	0	2	11
17:30-17:45	57	0	1	0	1	5
17:45-18:00	61	1	1	0	0	7
18:00-18:15	60	0	1	0	2	9
18:15-18:30	34	0	2	0	0	12
18:30-18:45	55	2	3	0	1	6
18:45-19:00	48	1	2	0	0	7

Tabla 3: *Conteos Av. de las Américas (Subida) fuente: autores*

### Flujo vehicular cada 15 minutos

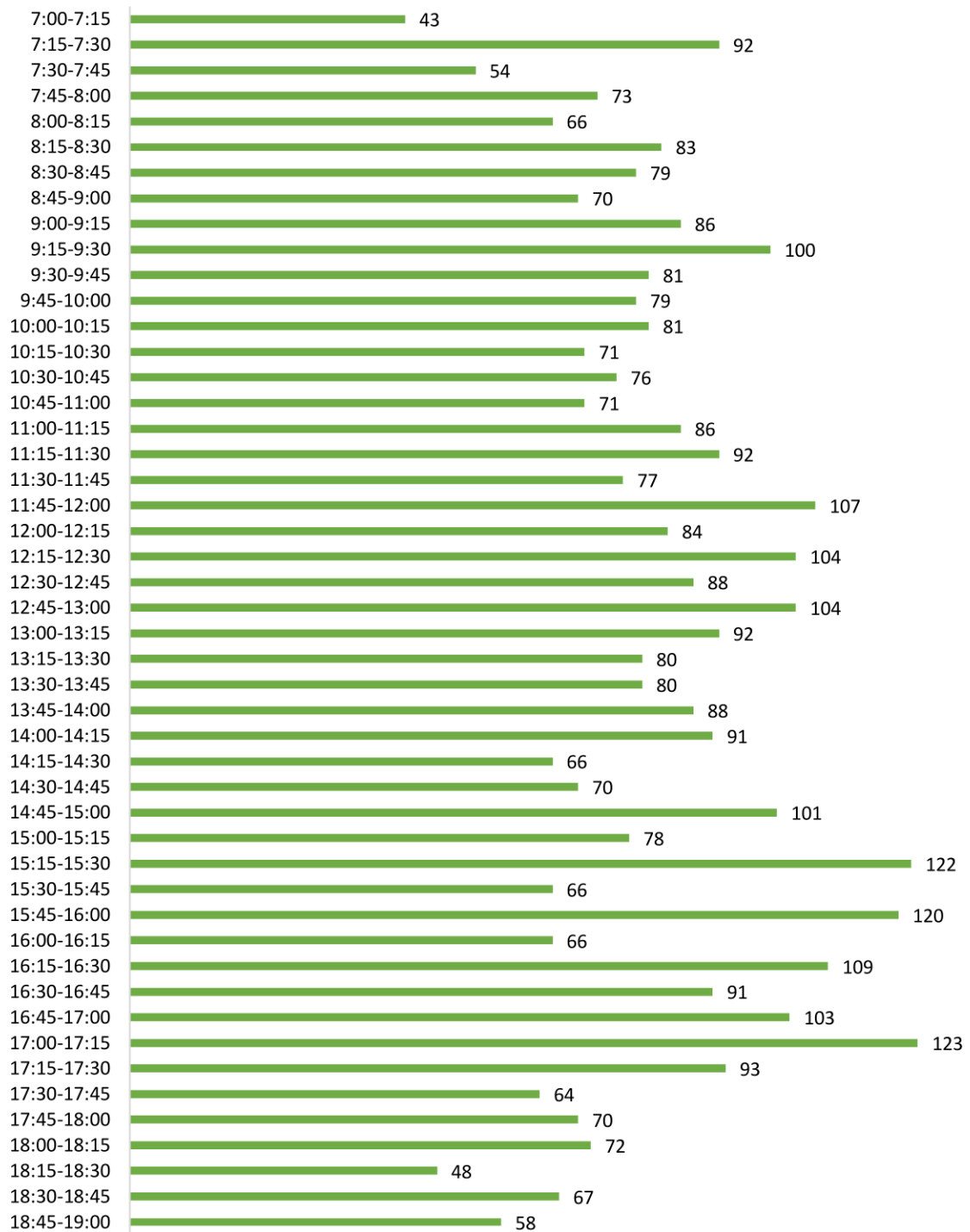


Figura 5: flujo vehicular cada 15 minutos Av. De las Américas (Subida) fuente: autores

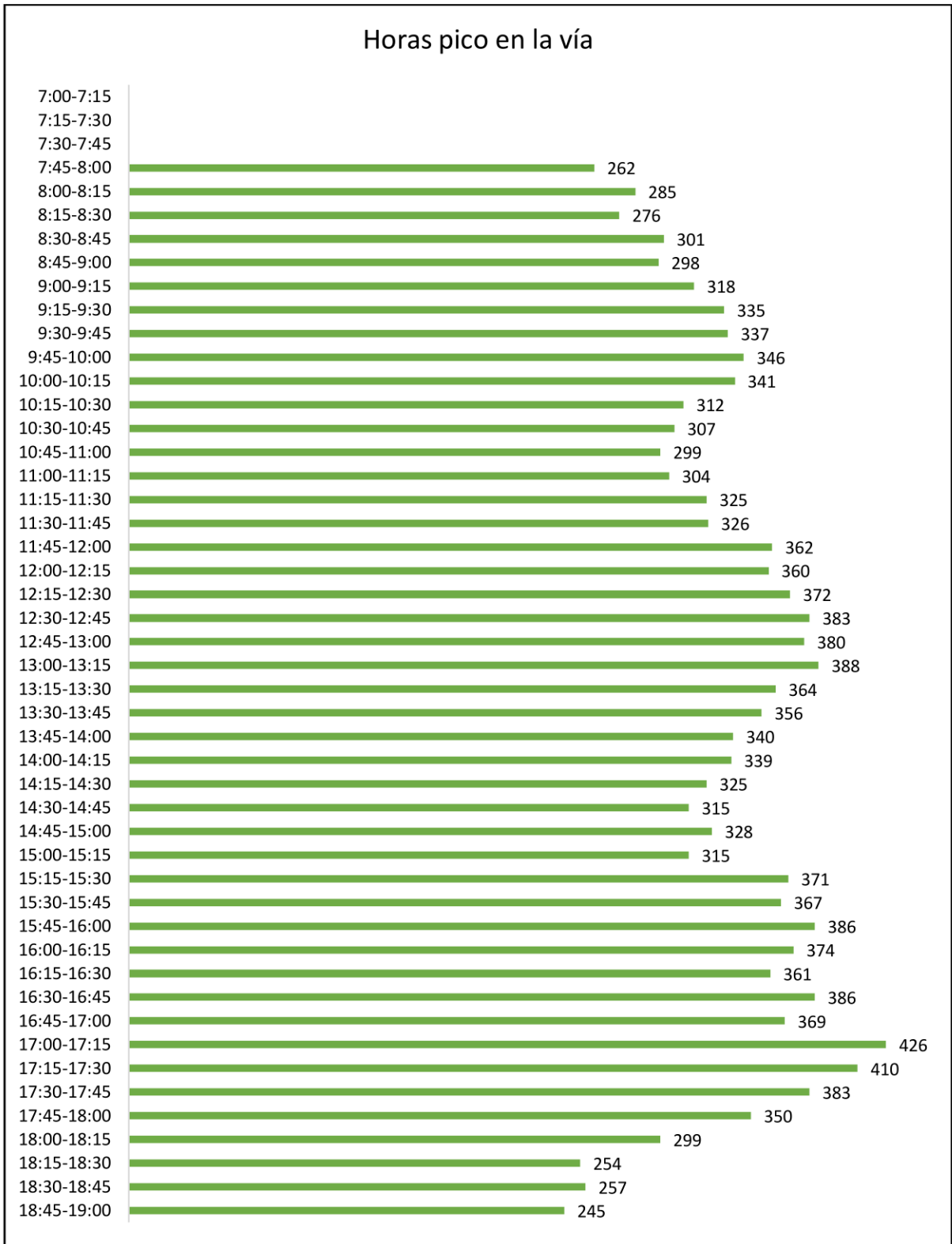


Figura 6: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Gran Colombia

Conteo Gran Colombia						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	60	0	1	1	3	14
7:15-7:30	71	0	0	0	3	9
7:30-7:45	50	1	0	0	1	2
7:45-8:00	69	0	0	1	2	2
8:00-8:15	106	0	1	0	2	2
8:15-8:30	116	0	5	0	0	7
8:30-8:45	100	0	0	0	1	5
8:45-9:00	76	2	0	0	0	0
9:00-9:15	89	0	0	0	0	11
9:15-9:30	100	2	3	0	0	11
9:30-9:45	62	1	2	1	3	5
9:45-10:00	82	1	3	1	1	4
10:00-10:15	107	2	1	0	0	6
10:15-10:30	98	3	6	0	2	9
10:30-10:45	95	2	4	0	1	10
10:45-11:00	67	1	1	0	0	5
11:00-11:15	85	3	3	0	1	13
11:15-11:30	122	3	4	0	1	5
11:30-11:45	57	1	3	0	2	7
11:45-12:00	116	1	1	0	3	8
12:00-12:15	100	2	1	0	1	14
12:15-12:30	95	2	2	0	1	6
12:30-12:45	112	2	4	0	0	9
12:45-13:00	103	2	3	0	2	11
13:00-13:15	95	1	3	0	4	17
13:15-13:30	139	1	4	0	2	11
13:30-13:45	110	4	5	0	3	2
13:45-14:00	109	0	1	0	0	3
14:00-14:15	43	0	0	1	0	4
14:15-14:30	87	0	2	1	0	8
14:30-14:45	80	3	4	0	1	6
14:45-15:00	70	2	1	0	1	4
15:00-15:15	75	0	1	0	0	2
15:15-15:30	106	2	2	0	0	8
15:30-15:45	100	2	0	0	0	3
15:45-16:00	96	1	3	0	0	7
16:00-16:15	99	2	3	0	0	2
16:15-16:30	76	1	2	0	0	5
16:30-16:45	81	2	1	0	0	6
16:45-17:00	107	3	0	0	0	9
17:00-17:15	96	0	4	0	1	10
17:15-17:30	97	1	1	0	1	7
17:30-17:45	95	2	0	0	4	5
17:45-18:00	95	2	2	0	3	4
18:00-18:15	78	2	1	0	0	10
18:15-18:30	85	3	0	0	2	8
18:30-18:45	92	0	4	0	0	6
18:45-19:00	79	4	1	0	1	8

Tabla 4: Conteos Calle Gran Colombia fuente: autores

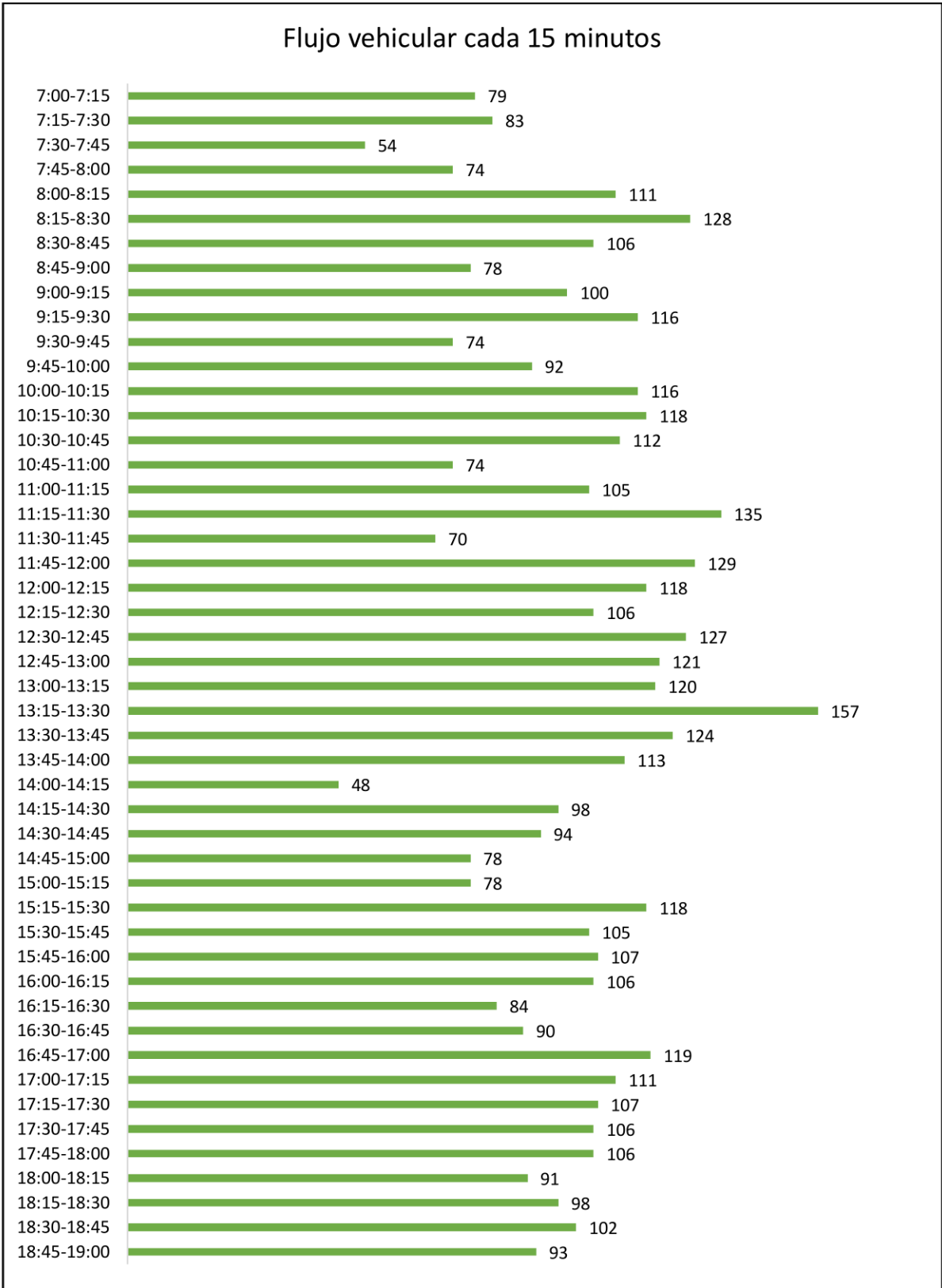


Figura 7: flujo vehicular cada 15 minutos Gran Colombia fuente: autores

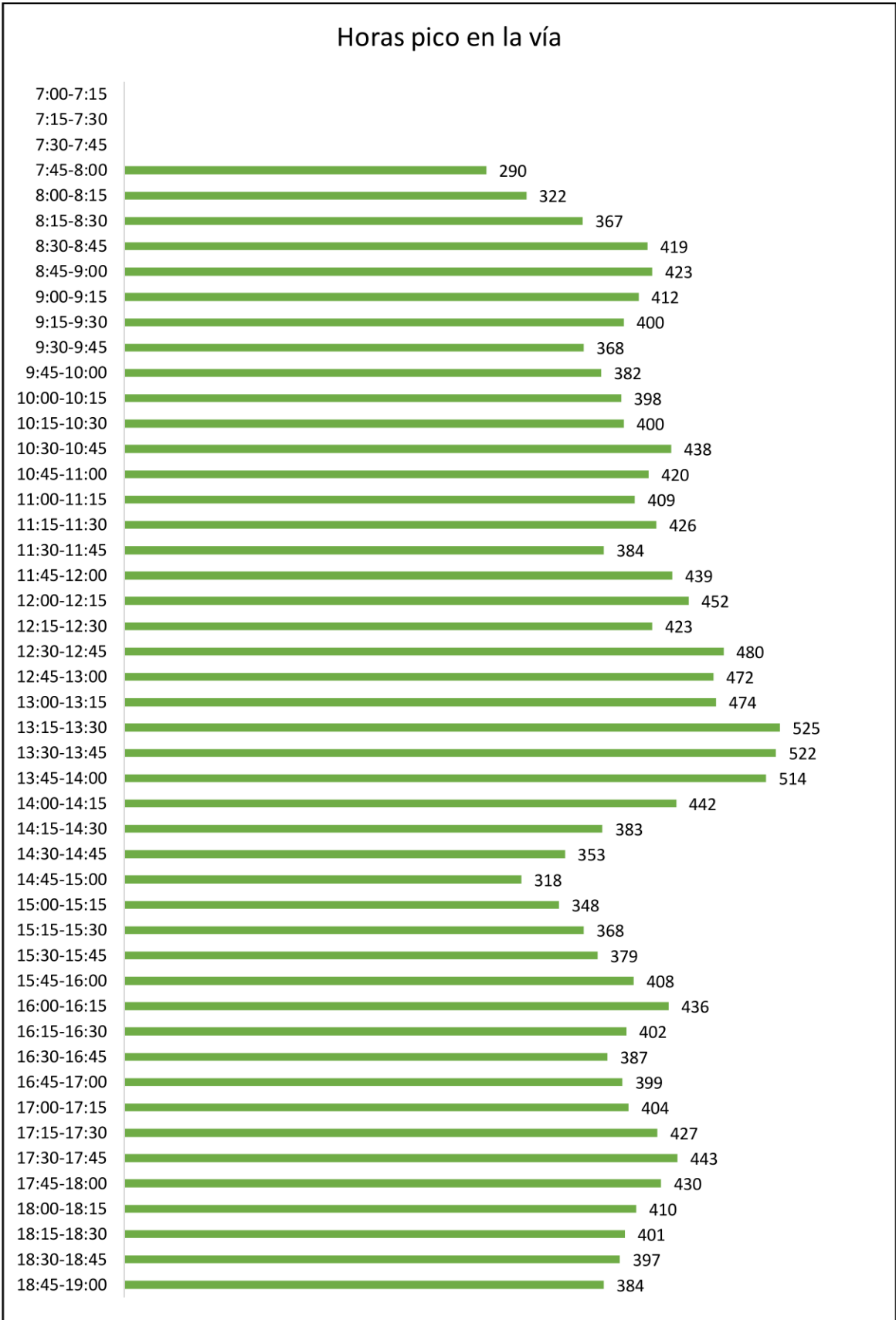


Figura 8: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Redondel Simón Bolívar

Conteo Redondel Simón Bolívar						
Hora	Conteo Ordoñez Lasso	Conteo Américas bajada	Conteo Subida Américas	Conteo Colombia	Gran	Total
7:00-7:15	315	156	43	79		593
7:15-7:30	259	200	92	83		634
7:30-7:45	248	277	54	54		633
7:45-8:00	292	221	73	74		660
8:00-8:15	322	285	66	111		784
8:15-8:30	347	239	83	128		797
8:30-8:45	298	252	79	106		735
8:45-9:00	326	240	70	78		714
9:00-9:15	286	182	86	100		654
9:15-9:30	300	218	100	116		734
9:30-9:45	277	165	81	74		597
9:45-10:00	273	241	79	92		685
10:00-10:15	41	147	81	116		385
10:15-10:30	231	213	71	118		633
10:30-10:45	271	100	76	112		559
10:45-11:00	222	186	71	74		553
11:00-11:15	218	172	86	105		581
11:15-11:30	289	169	92	135		685
11:30-11:45	169	137	77	70		453
11:45-12:00	261	194	107	129		691
12:00-12:15	190	194	84	118		586
12:15-12:30	259	170	104	106		639
12:30-12:45	275	177	88	127		667
12:45-13:00	333	256	104	121		814
13:00-13:15	221	152	92	120		585
13:15-13:30	250	242	80	157		729
13:30-13:45	222	170	80	124		596
13:45-14:00	205	170	88	113		576
14:00-14:15	272	204	91	48		615
14:15-14:30	213	240	66	98		617
14:30-14:45	323	132	70	94		619
14:45-15:00	245	207	101	78		631
15:00-15:15	260	214	78	78		630
15:15-15:30	281	218	122	118		739
15:30-15:45	233	176	66	105		580
15:45-16:00	233	164	120	107		624
16:00-16:15	188	148	66	106		508
16:15-16:30	252	196	109	84		641
16:30-16:45	202	138	91	90		521
16:45-17:00	236	164	103	119		622
17:00-17:15	274	121	123	111		629
17:15-17:30	282	213	93	107		695
17:30-17:45	254	202	64	106		626
17:45-18:00	265	173	70	106		614
18:00-18:15	216	149	72	91		528
18:15-18:30	240	140	48	98		526
18:30-18:45	268	155	67	102		592
18:45-19:00	283	142	58	93		576

Tabla 5: Conteos en el redondel Simón Bolívar fuente: autores

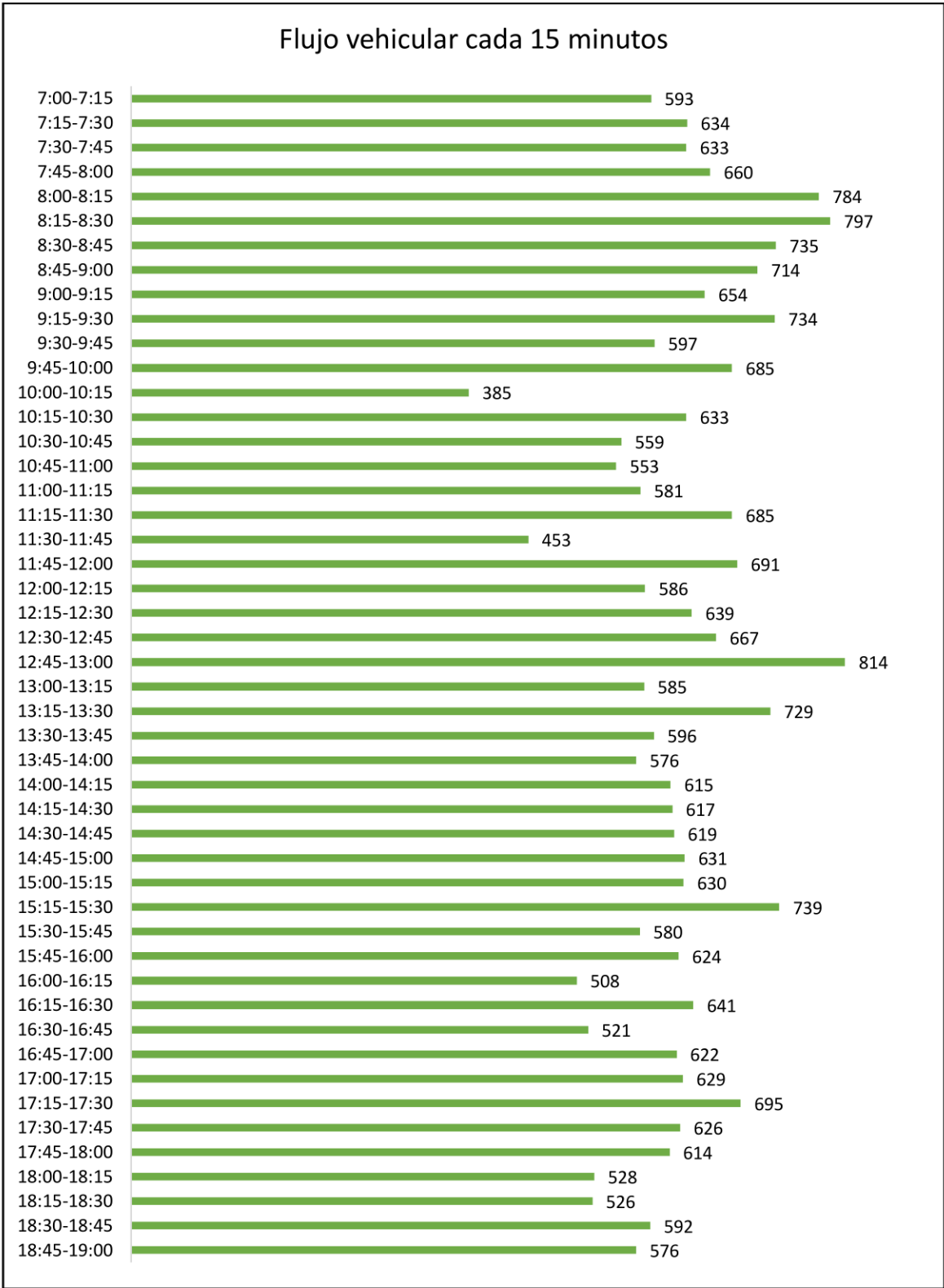


Figura 9: flujo vehicular cada 15 minutos redondeal Simón Bolívar fuente: autores

### Horas pico en la intersección

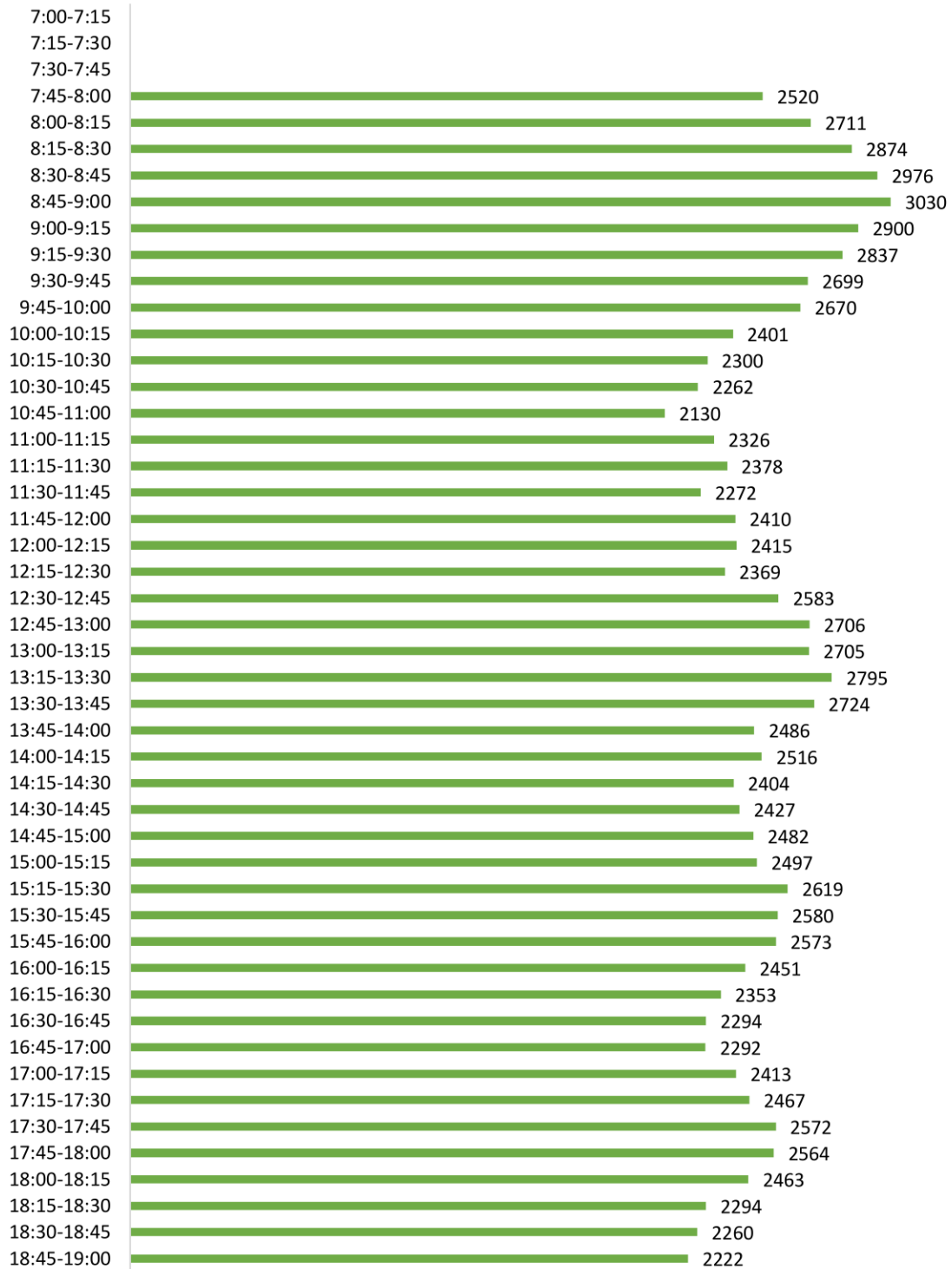


Figura 10: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Huayna Cápac (Subida)

Conteo Av. Huayna Cápac (subida)						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	125	0	5	0	4	18
7:15-7:30	125	0	0	0	0	9
7:30-7:45	150	0	1	0	3	10
7:45-8:00	120	0	1	0	1	14
8:00-8:15	144	0	1	0	0	5
8:15-8:30	125	0	4	0	2	15
8:30-8:45	125	0	3	0	1	6
8:45-9:00	150	0	8	0	0	10
9:00-9:15	125	0	4	0	1	14
9:15-9:30	125	0	5	0	1	13
9:30-9:45	125	0	3	0	3	21
9:45-10:00	105	0	3	0	0	1
10:00-10:15	110	0	3	0	5	24
10:15-10:30	121	0	2	0	1	13
10:30-10:45	125	0	8	0	3	26
10:45-11:00	125	0	4	0	0	0
11:00-11:15	120	0	1	0	1	19
11:15-11:30	115	0	3	0	2	11
11:30-11:45	125	0	2	0	4	16
11:45-12:00	110	0	5	0	3	14
12:00-12:15	125	0	6	0	2	13
12:15-12:30	125	0	3	0	0	16
12:30-12:45	127	0	2	0	0	9
12:45-13:00	115	0	6	0	1	15
13:00-13:15	115	0	3	0	3	18
13:15-13:30	120	0	1	0	0	19
13:30-13:45	100	0	3	0	1	18
13:45-14:00	115	0	1	0	0	10
14:00-14:15	115	0	1	0	3	12
14:15-14:30	105	0	2	0	3	6
14:30-14:45	110	0	2	0	0	10
14:45-15:00	120	0	2	0	0	13
15:00-15:15	115	0	6	0	1	9
15:15-15:30	100	0	4	0	0	13
15:30-15:45	125	0	2	0	0	7
15:45-16:00	120	0	9	0	0	12
16:00-16:15	125	0	6	0	0	10
16:15-16:30	125	0	0	0	2	11
16:30-16:45	115	0	1	0	0	11
16:45-17:00	115	0	5	0	3	12
17:00-17:15	125	0	4	0	1	16
17:15-17:30	135	0	2	0	3	9
17:30-17:45	135	0	3	0	4	15
17:45-18:00	120	0	3	0	4	12
18:00-18:15	125	0	6	0	2	13
18:15-18:30	125	0	3	0	0	16
18:30-18:45	127	0	2	0	0	9
18:45-19:00	115	0	6	1	1	15

Tabla 6: Conteos Av. Huayna Cápac (Subida) fuente: autores

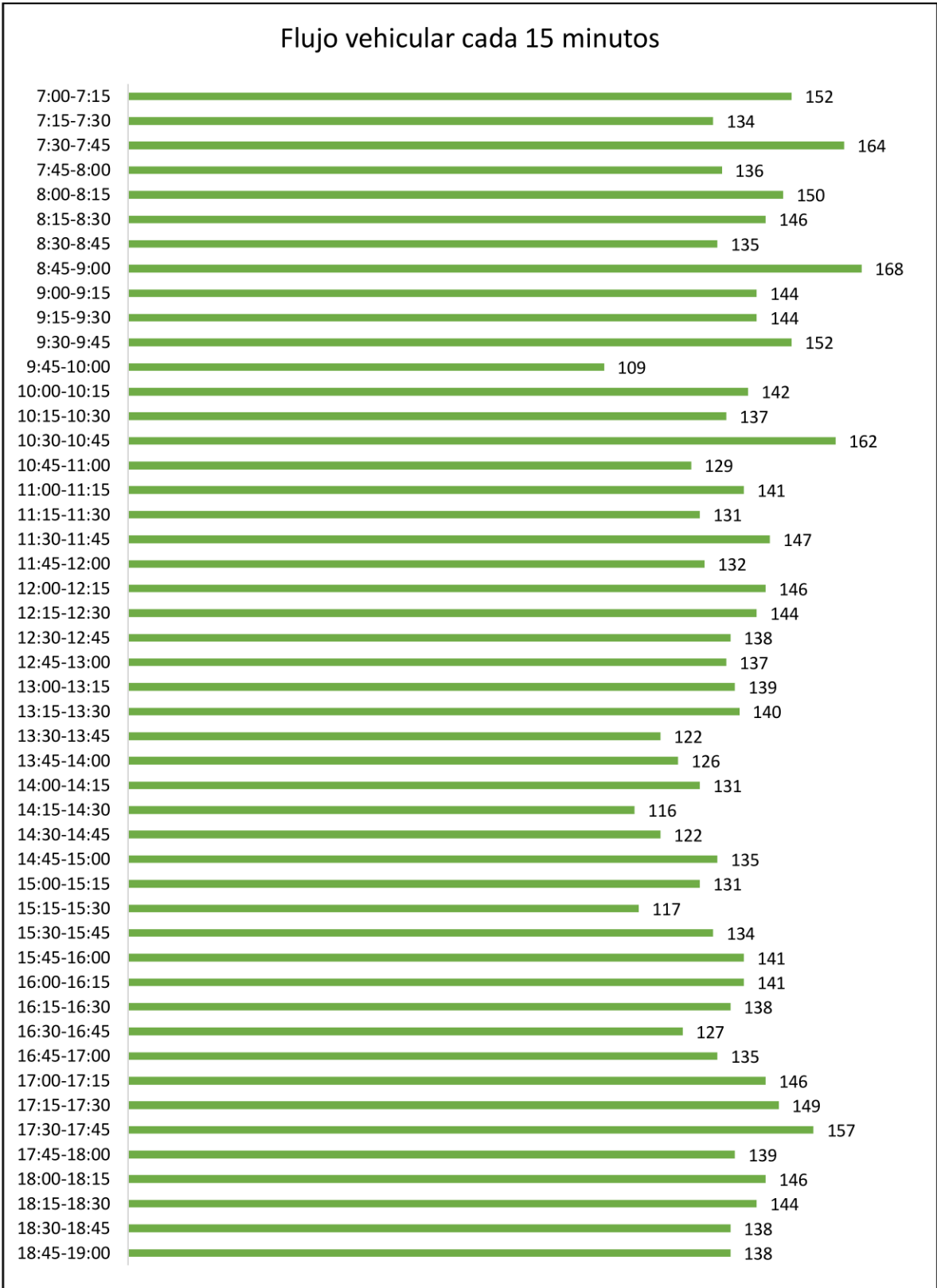


Figura 11: flujo vehicular cada 15 minutos Huayna Cápac (Subida) fuente: autores

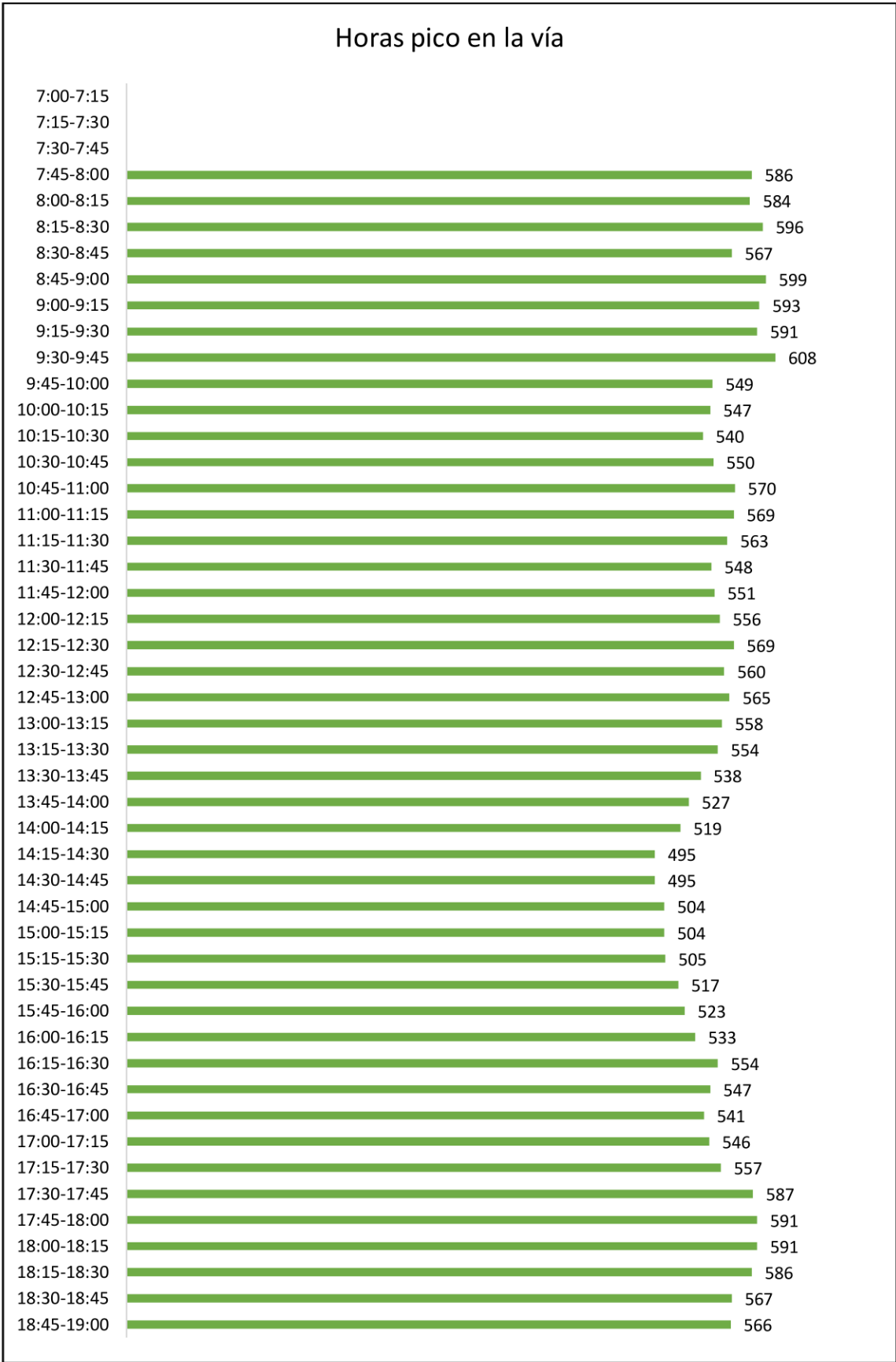


Figura 12: volumen horario máxima demanda fuente: autores

Av. Huayna Cápac (bajada)

Conteo Av. Huayna Cápac (bajada)						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	150	0	2	3	5	8
7:15-7:30	184	0	0	5	5	7
7:30-7:45	248	8	6	2	3	12
7:45-8:00	300	10	5	0	4	27
8:00-8:15	259	2	5	1	6	30
8:15-8:30	100	3	8	0	5	15
8:30-8:45	200	0	6	0	3	25
8:45-9:00	215	0	5	0	6	33
9:00-9:15	155	2	7	0	2	30
9:15-9:30	245	0	10	0	3	23
9:30-9:45	170	3	2	0	2	21
9:45-10:00	190	2	9	0	5	25
10:00-10:15	212	2	7	0	2	35
10:15-10:30	210	1	4	0	2	30
10:30-10:45	150	4	3	0	3	37
10:45-11:00	200	0	7	0	1	20
11:00-11:15	260	3	3	0	2	29
11:15-11:30	210	0	0	0	4	29
11:30-11:45	265	3	4	0	6	17
11:45-12:00	200	1	3	0	0	30
12:00-12:15	165	2	6	1	1	30
12:15-12:30	150	2	6	1	1	11
12:30-12:45	160	3	4	1	5	26
12:45-13:00	160	2	7	0	2	45
13:00-13:15	200	1	2	0	2	24
13:15-13:30	131	3	2	0	6	30
13:30-13:45	150	3	2	0	4	12
13:45-14:00	135	0	0	0	4	32
14:00-14:15	120	2	3	1	1	12
14:15-14:30	200	4	2	0	3	27
14:30-14:45	185	3	2	0	2	25
14:45-15:00	175	2	1	0	0	22
15:00-15:15	267	4	7	0	0	15
15:15-15:30	100	0	0	0	0	28
15:30-15:45	190	4	4	0	2	15
15:45-16:00	190	0	1	0	4	19
16:00-16:15	220	3	8	0	2	22
16:15-16:30	100	4	4	0	3	13
16:30-16:45	160	2	4	0	3	15
16:45-17:00	140	2	4	0	0	15
17:00-17:15	120	2	2	0	1	27
17:15-17:30	300	0	6	0	5	20
17:30-17:45	164	3	5	0	3	12
17:45-18:00	201	1	4	0	4	25
18:00-18:15	150	3	2	0	1	15
18:15-18:30	255	2	5	0	4	18
18:30-18:45	267	2	4	0	4	19
18:45-19:00	100	1	5	0	2	22

Tabla 7: conteos Av. Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores

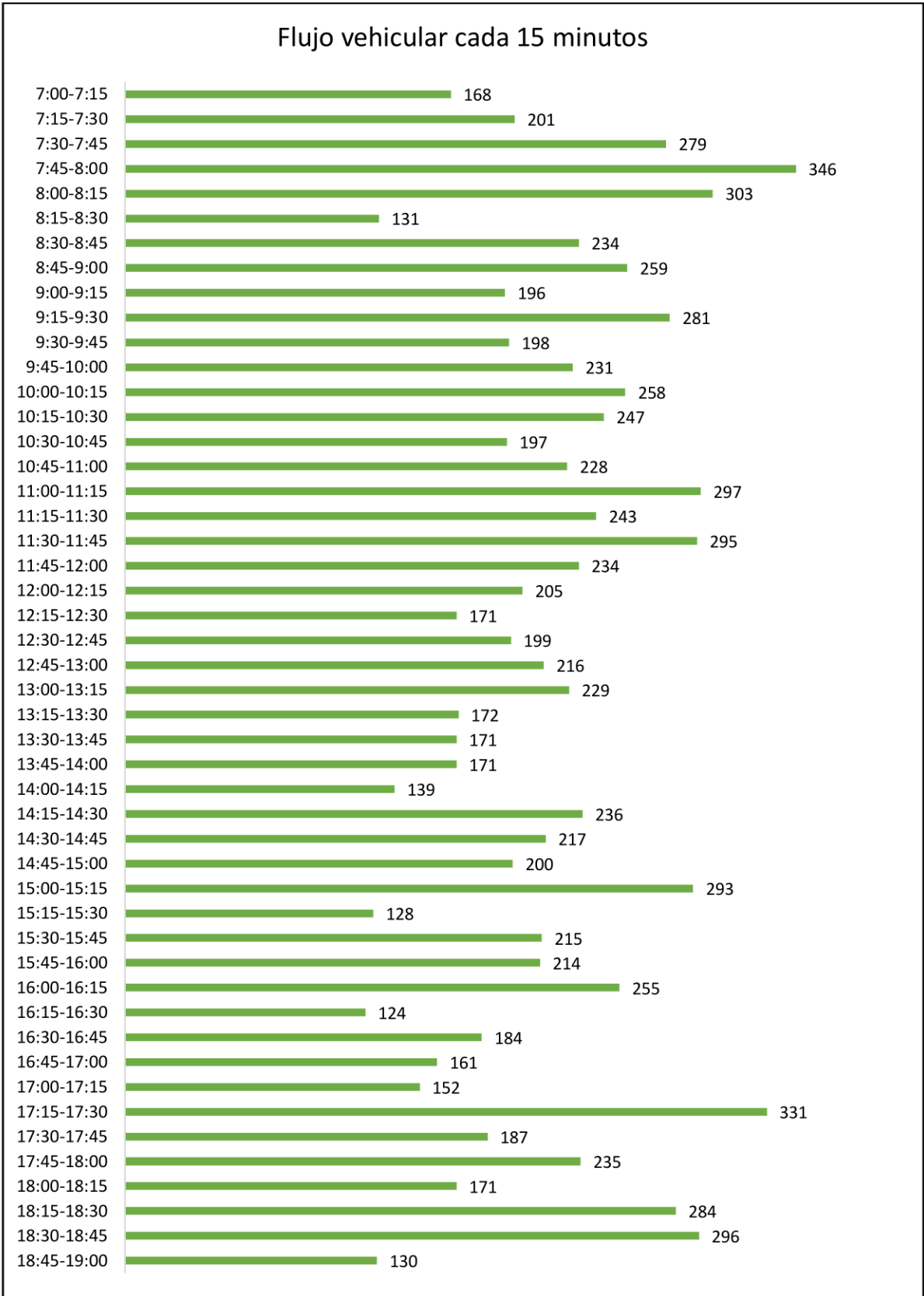


Figura 13: *flujo vehicular cada 15 minutos Huayna Cápac (Bajada) fuente: autores*

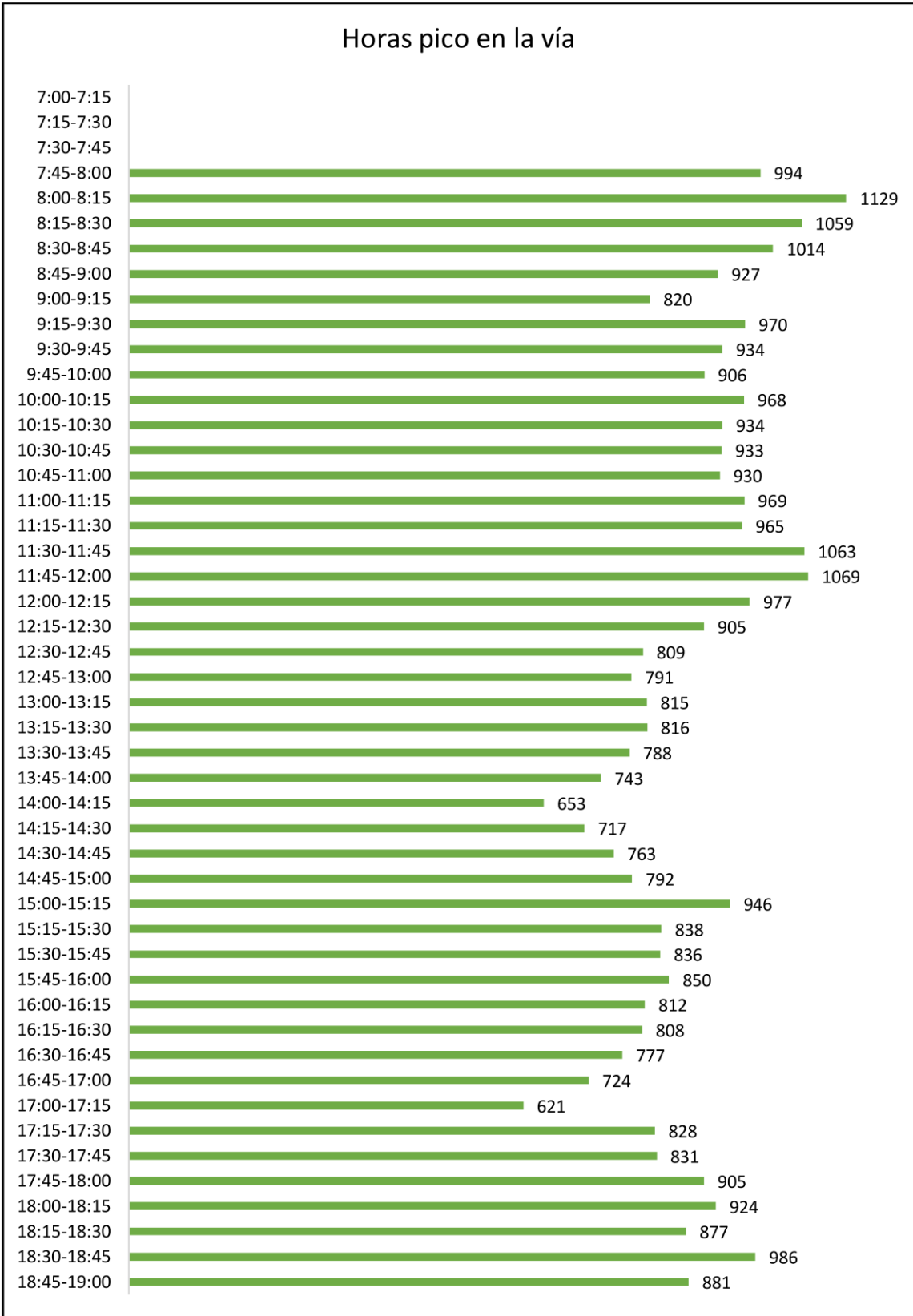


Figura 14: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Av. España

Conteo Av. España						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	84	2	3	0	6	17
7:15-7:30	90	0	1	0	4	20
7:30-7:45	210	0	0	0	0	0
7:45-8:00	120	0	0	0	0	0
8:00-8:15	155	0	1	1	2	8
8:15-8:30	200	0	2	0	0	4
8:30-8:45	157	2	3	0	2	11
8:45-9:00	150	2	2	0	4	16
9:00-9:15	120	0	15	0	6	9
9:15-9:30	184	0	4	0	4	18
9:30-9:45	162	6	3	0	2	25
9:45-10:00	203	5	3	0	3	35
10:00-10:15	120	8	7	0	2	19
10:15-10:30	130	7	6	0	5	10
10:30-10:45	137	5	3	0	4	12
10:45-11:00	210	6	6	0	8	19
11:00-11:15	170	8	4	0	2	14
11:15-11:30	190	10	4	0	3	20
11:30-11:45	320	9	4	0	3	21
11:45-12:00	180	8	5	0	2	22
12:00-12:15	60	2	2	0	0	4
12:15-12:30	59	0	0	0	0	5
12:30-12:45	115	5	4	0	6	13
12:45-13:00	185	6	6	0	2	22
13:00-13:15	160	6	2	0	2	15
13:15-13:30	200	1	6	0	2	12
13:30-13:45	90	9	0	0	1	6
13:45-14:00	90	3	0	0	0	10
14:00-14:15	180	6	5	0	3	8
14:15-14:30	100	2	6	0	0	7
14:30-14:45	110	3	2	0	2	5
14:45-15:00	150	4	2	0	0	12
15:00-15:15	220	7	4	0	0	8
15:15-15:30	160	7	1	0	0	7
15:30-15:45	75	4	2	0	0	2
15:45-16:00	25	3	2	0	0	2
16:00-16:15	170	2	1	0	0	6
16:15-16:30	150	8	5	0	0	8
16:30-16:45	240	8	3	0	2	6
16:45-17:00	100	5	2	0	0	13
17:00-17:15	135	6	7	0	2	16
17:15-17:30	165	4	2	0	1	12
17:30-17:45	120	3	4	0	4	13
17:45-18:00	160	7	5	0	2	13
18:00-18:15	201	3	4	0	3	12
18:15-18:30	101	6	3	0	0	16
18:30-18:45	96	7	4	0	2	9
18:45-19:00	180	5	4	0	0	10

Tabla 8: conteos Av. España fuente: autores

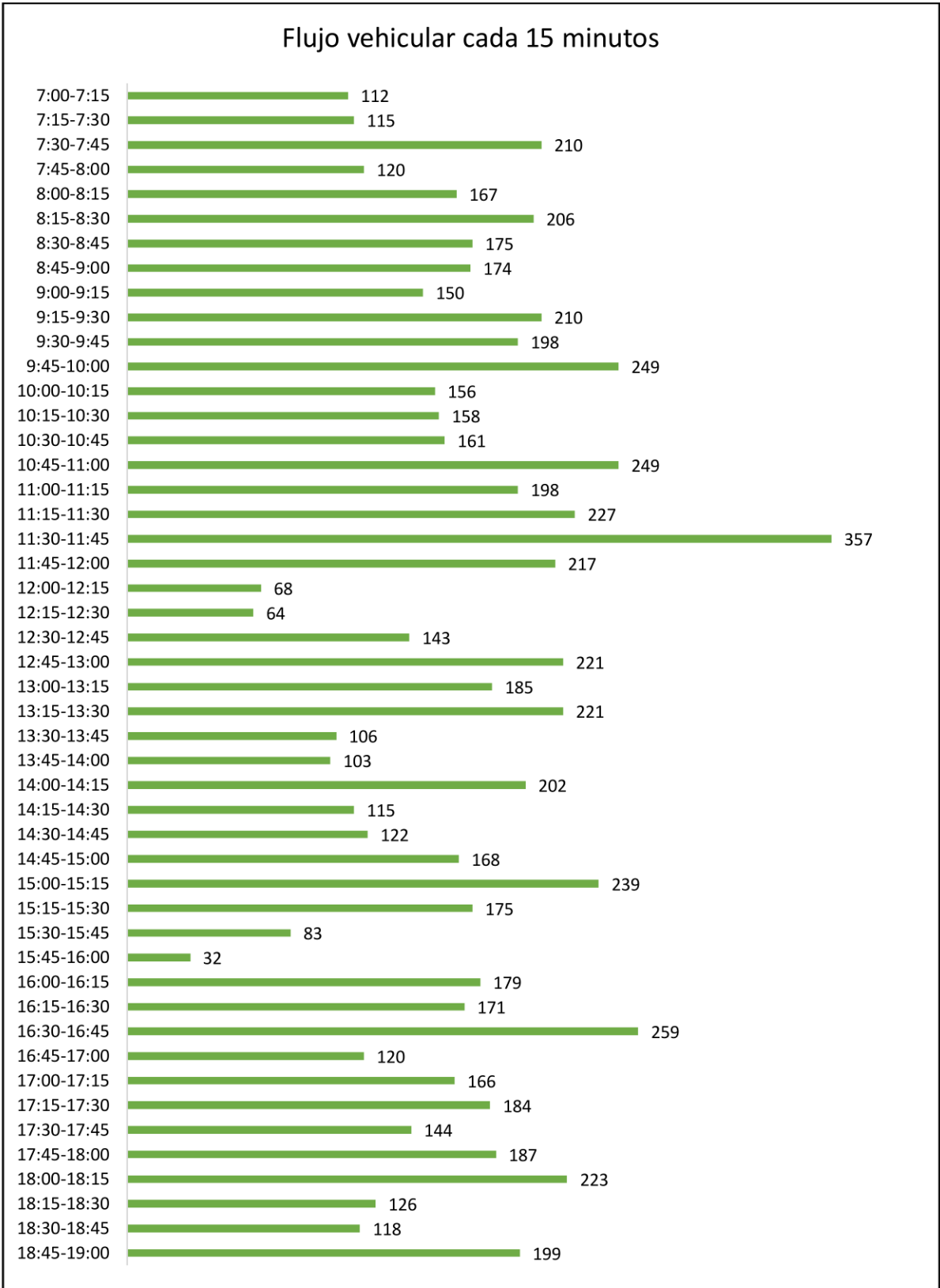


Figura 15: flujo vehicular cada 15 minutos Av. España fuente: autores

## Horas pico en la intersección

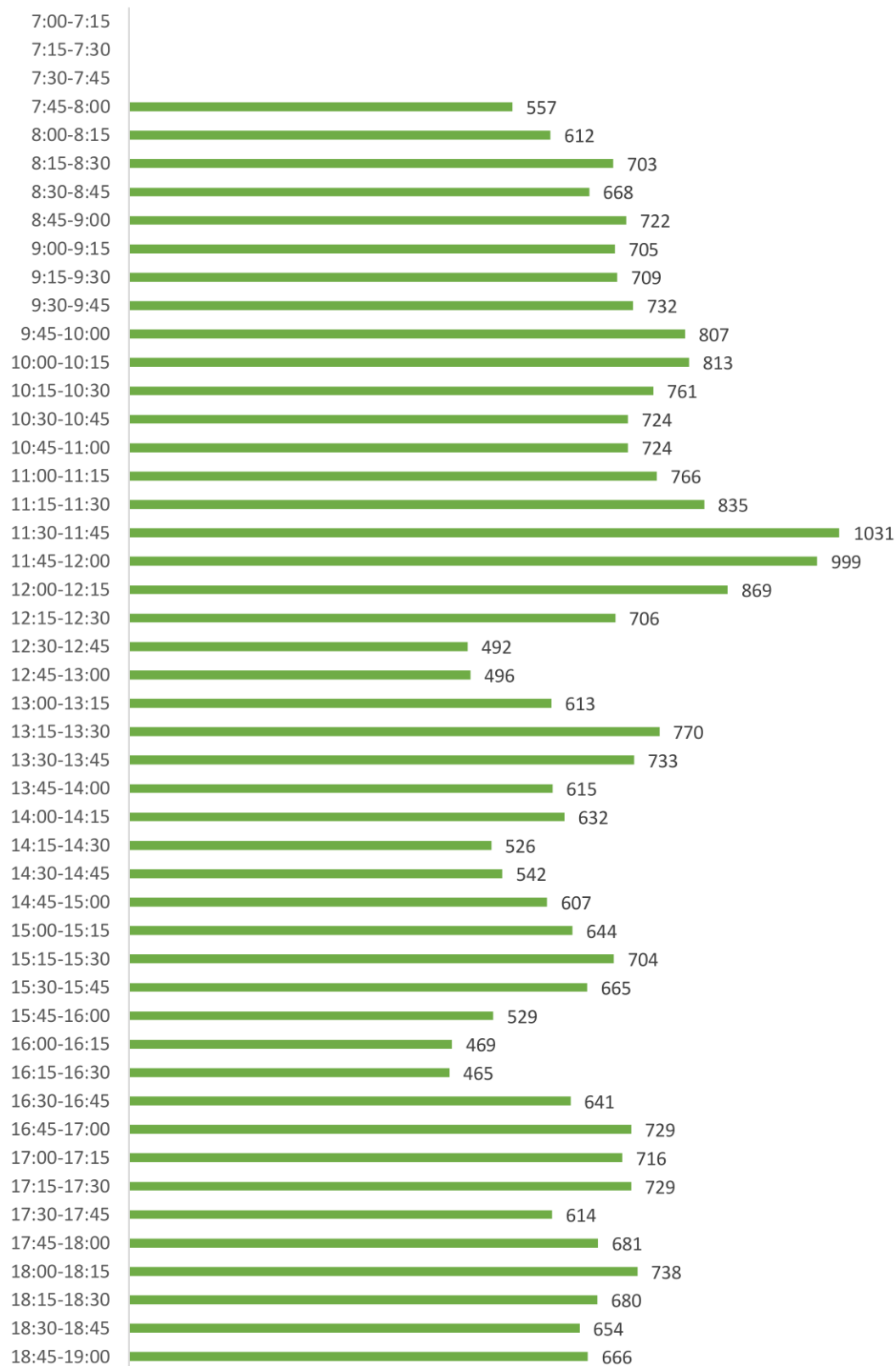


Figura 16: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Calle Gaspar Sangurima

Conteo Gaspar Sangurima						
Hora	Livianos	Bus 2 Ejes	Camión 2 Ejes	Camión y Buses 3 Ejes	Bicicletas	Otros
7:00-7:15	7	0	0	0	0	2
7:15-7:30	8	0	0	0	0	2
7:30-7:45	12	0	0	0	3	1
7:45-8:00	8	0	0	0	1	1
8:00-8:15	12	0	0	0	2	3
8:15-8:30	16	0	0	0	0	1
8:30-8:45	22	0	0	0	2	2
8:45-9:00	24	0	0	0	1	4
9:00-9:15	22	0	0	0	1	3
9:15-9:30	28	0	0	0	0	4
9:30-9:45	12	0	3	0	3	2
9:45-10:00	26	0	0	0	1	3
10:00-10:15	20	0	1	0	2	6
10:15-10:30	29	0	2	0	0	10
10:30-10:45	22	0	0	0	1	16
10:45-11:00	32	0	0	0	3	8
11:00-11:15	26	0	2	0	4	5
11:15-11:30	25	0	2	0	3	10
11:30-11:45	13	1	0	0	1	3
11:45-12:00	22	1	0	0	1	4
12:00-12:15	15	0	2	0	4	8
12:15-12:30	16	0	1	0	0	3
12:30-12:45	20	0	1	0	0	4
12:45-13:00	24	0	1	0	0	5
13:00-13:15	40	0	0	0	4	9
13:15-13:30	27	0	2	0	1	4
13:30-13:45	20	0	1	0	3	7
13:45-14:00	27	0	0	0	0	3
14:00-14:15	18	0	0	0	1	1
14:15-14:30	12	0	2	0	2	2
14:30-14:45	10	0	0	0	1	3
14:45-15:00	23	0	0	0	3	6
15:00-15:15	19	0	3	0	0	4
15:15-15:30	19	0	1	0	0	0
15:30-15:45	18	0	1	0	0	3
15:45-16:00	25	0	1	0	0	2
16:00-16:15	23	0	0	0	1	1
16:15-16:30	24	0	1	0	0	8
16:30-16:45	23	0	1	0	0	4
16:45-17:00	9	0	0	0	0	1
17:00-17:15	19	0	1	0	0	3
17:15-17:30	25	0	1	0	2	2
17:30-17:45	19	0	2	0	0	3
17:45-18:00	17	0	1	0	2	3
18:00-18:15	12	0	0	0	0	5
18:15-18:30	21	0	1	0	0	3
18:30-18:45	13	0	0	0	2	4
18:45-19:00	17	0	2	0	2	1

Tabla 9: conteos calle Gaspar Sangurima fuente: autores

### Flujo vehicular cada 15 minutos

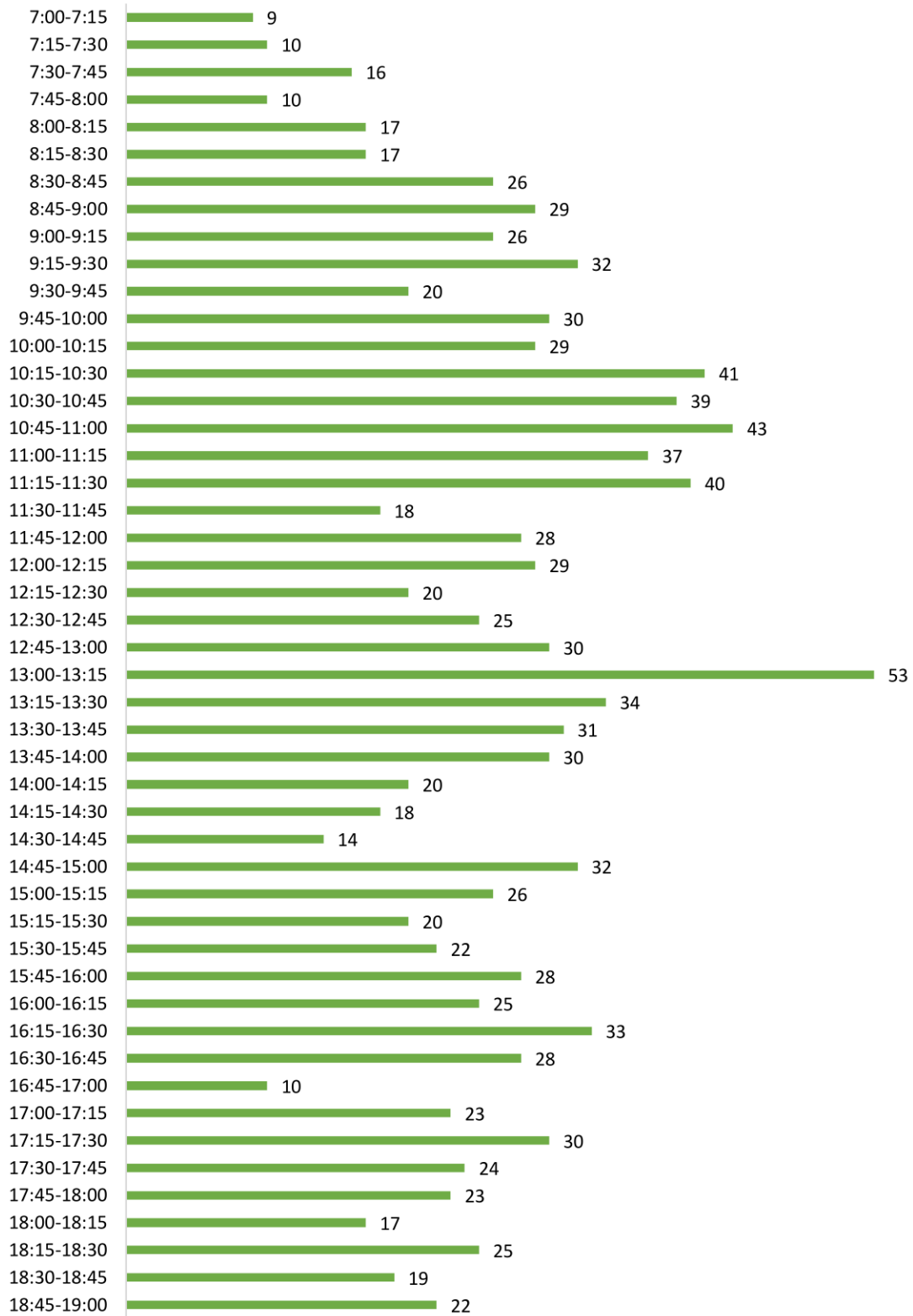


Figura 17: flujo vehicular cada 15 minutos Calle Gaspar Sangurima fuente: autores

## Horas pico en la intersección

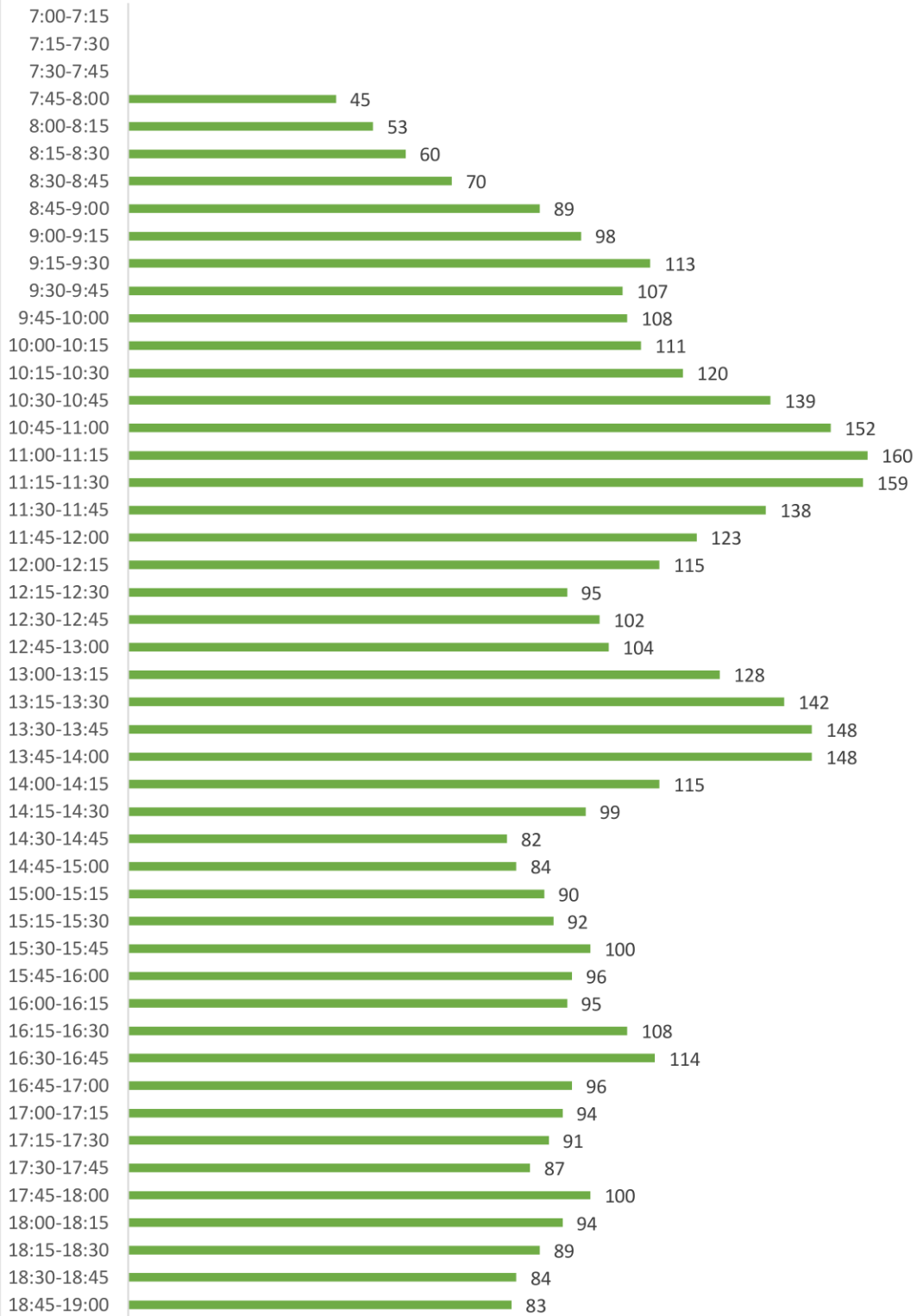


Figura 18: volumen horario máxima demanda fuente: autores

## Redondel de la Chola Cuencana

Conteo Redondel Chola Cuencana					
Hora	Huayna Capac (subida)	Huayna Capac ( bajada)	Av. España	Gaspar Sangurima	Total
7:00-7:15	152	168	112	9	441
7:15-7:30	134	201	115	10	460
7:30-7:45	164	279	210	16	669
7:45-8:00	136	346	120	10	612
8:00-8:15	150	303	167	17	637
8:15-8:30	146	131	206	17	500
8:30-8:45	135	234	175	26	570
8:45-9:00	168	259	174	29	630
9:00-9:15	144	196	150	26	516
9:15-9:30	144	281	210	32	667
9:30-9:45	152	198	198	20	568
9:45-10:00	109	231	249	30	619
10:00-10:15	142	258	156	29	585
10:15-10:30	137	247	158	41	583
10:30-10:45	162	197	161	39	559
10:45-11:00	129	228	249	43	649
11:00-11:15	141	297	198	37	673
11:15-11:30	131	243	227	40	641
11:30-11:45	147	295	357	18	817
11:45-12:00	132	234	217	28	611
12:00-12:15	146	205	68	29	448
12:15-12:30	144	171	64	20	399
12:30-12:45	138	199	143	25	505
12:45-13:00	137	216	221	30	604
13:00-13:15	139	229	185	53	606
13:15-13:30	140	172	221	34	567
13:30-13:45	122	171	106	31	430
13:45-14:00	126	171	103	30	430
14:00-14:15	131	139	202	20	492
14:15-14:30	116	236	115	18	485
14:30-14:45	122	217	122	14	475
14:45-15:00	135	200	168	32	535
15:00-15:15	131	293	239	26	689
15:15-15:30	117	128	175	20	440
15:30-15:45	134	215	83	22	454
15:45-16:00	141	214	32	28	415
16:00-16:15	141	255	179	25	600
16:15-16:30	138	124	171	33	466
16:30-16:45	127	184	259	28	598
16:45-17:00	135	161	120	10	426
17:00-17:15	146	152	166	23	487
17:15-17:30	149	331	184	30	694
17:30-17:45	157	187	144	24	512
17:45-18:00	139	235	187	23	584
18:00-18:15	146	171	223	17	557
18:15-18:30	144	284	126	25	579
18:30-18:45	138	296	118	19	571
18:45-19:00	138	130	199	22	489

Tabla 10: Condeos en el redondel De la Chola Cuencana fuente: autores

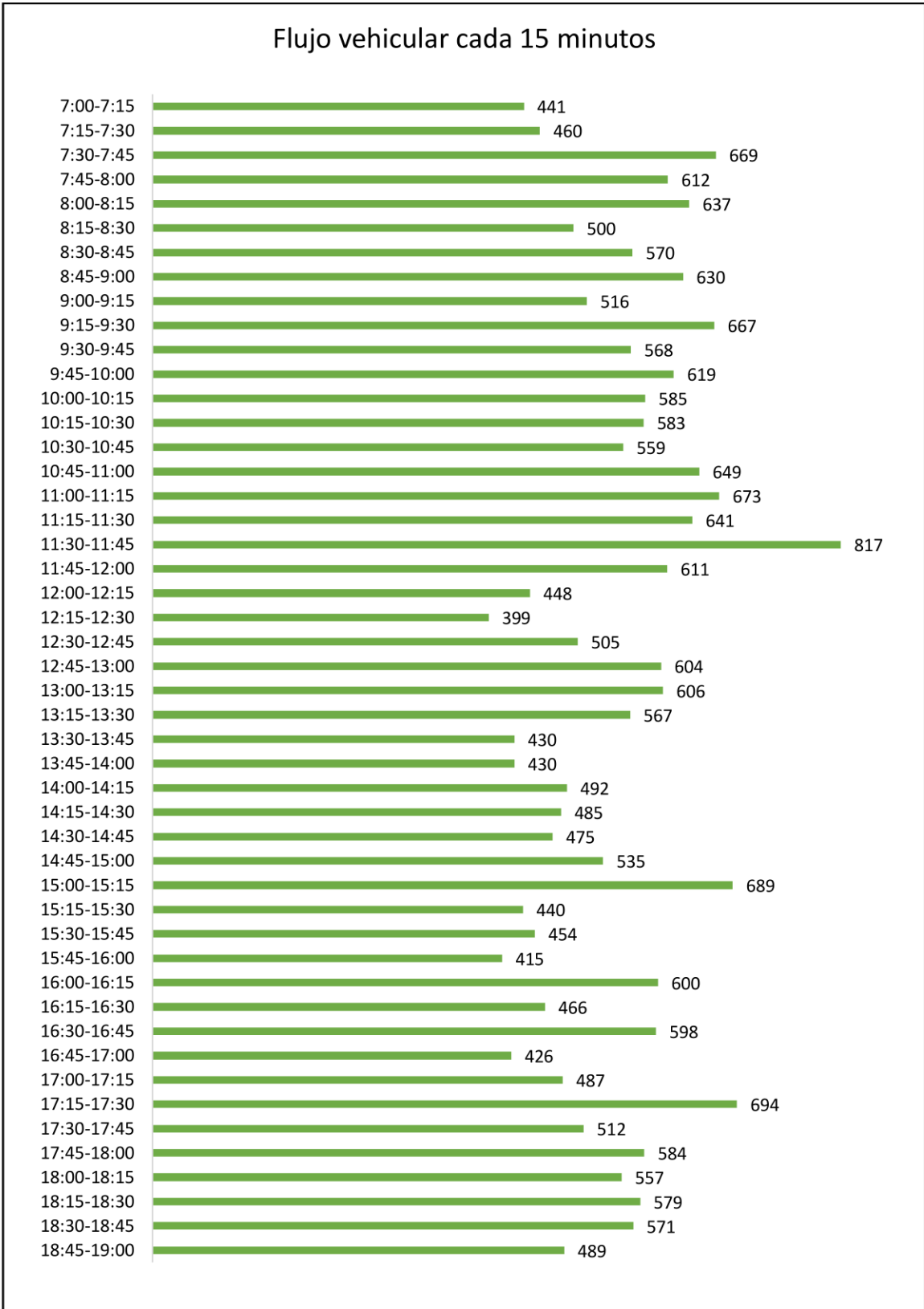


Figura 19: flujo vehicular cada 15 minutos redondel De la Chola Cuencana fuente: autores

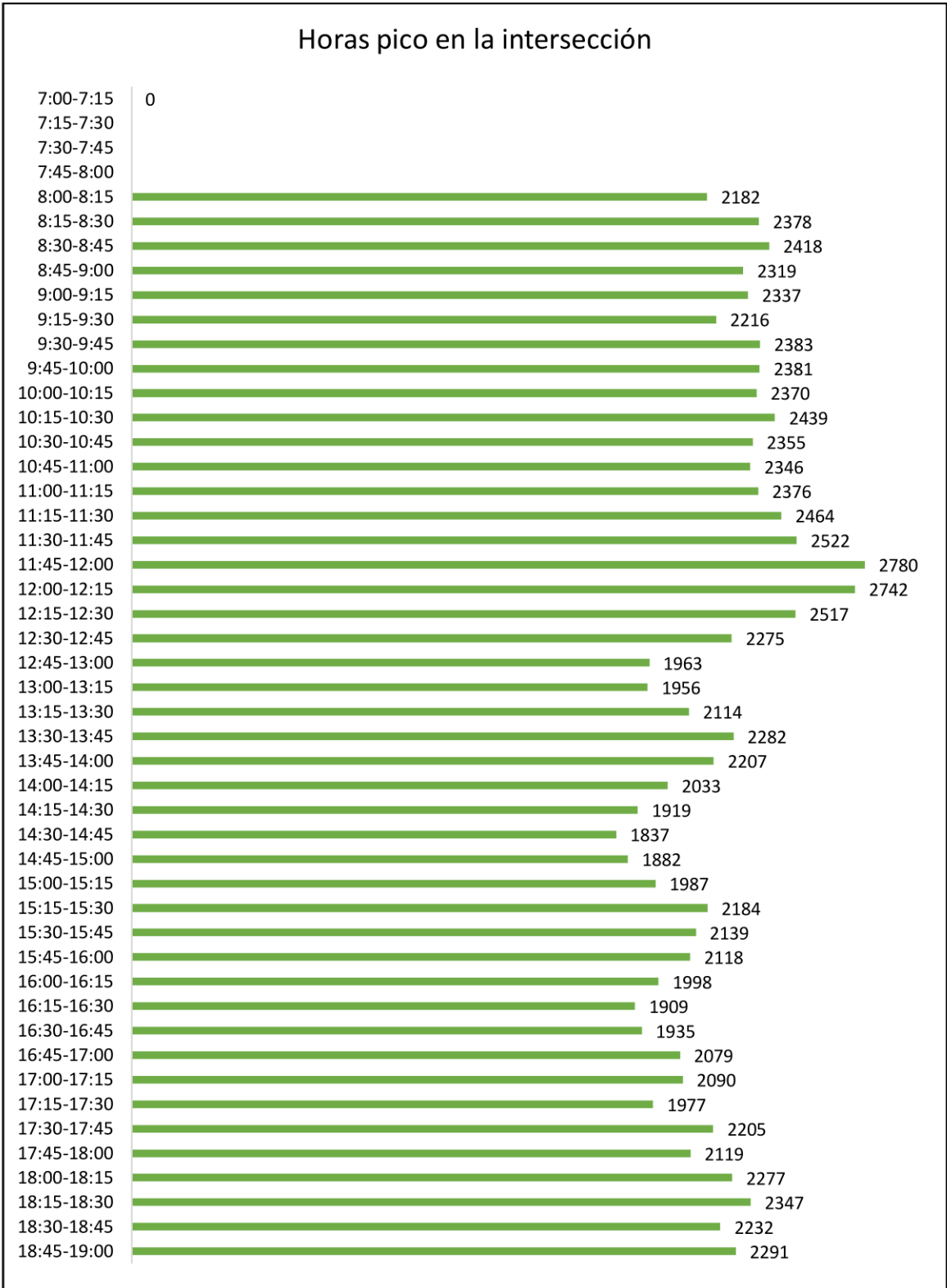


Figura 20: volumen horario máxima demanda fuente: autores

### **ANEXO N° 3: ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN**

## ENCUESTA DE SATISFACCIÓN A USUARIOS DEL TRANVIA

Señale según lo consultado a que número de la escala pertenece su respuesta

- Con que frecuencia utiliza el tranvía

Poca frecuencia      1      2      3      4      5      Alta Frecuencia  
                       

- Considera que el servicio que ofrece el tranvía es:

Poco eficiente      1      2      3      4      5      Muy Eficiente  
                       

- Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:

Muy Baja      1      2      3      4      5      Muy Alta  
                       

- Cómo considera que es el volumen de personas que viajan en el tranvía diariamente.

Muy Bajo      1      2      3      4      5      Muy Alto  
                       

- Con que frecuencia su lugar de destino se encuentra dentro de la ruta del tranvía

Poca frecuencia      1      2      3      4      5      Alta Frecuencia  
                       

Figura 1: Modelo de encuesta de satisfacción dirigida hacia los usuarios del Tranvía de Cuenca fuente: autores

## ENCUESTAS DE OPINIÓN A MORADORES DE LAS INTERSECCIONES DEL TRANVÍA

Señale según lo consultado a que número de la escala pertenece su respuesta

- *Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:*

*Muy Baja*      1      2      3      4      5      *Muy Alta*  
               

- *Considera que la señalización del tranvía para evitar accidentes de tránsito es (siendo 3 señalización adecuada) :*

*Insuficiente*      1      2      3      4      5      *Excesiva*  
               

- *Con que frecuencia considera que se producen accidentes de tránsito con el tranvía en la intersección.*

*Muy Baja*      1      2      3      4      5      *Muy Alta*  
               

- *Cuál considera que es la causa más común para que se produzca un accidente de tránsito con el tranvía.*

*Irrespeto a las señales de tránsito por parte de los conductores*   
*Poca señalización para el paso del tranvía*   
*Excesiva señalización para el paso del tranvía*   
*Tiempo del tranvía al pasar por las intersecciones*   
*Otros* \_\_\_\_\_

- *Considera que las adecuaciones realizadas para el paso del tranvía, como la reducción de carriles o la implementación de señalización, han afectado negativamente al tráfico en las intersecciones.*

*Desacuerdo*      1      2      3      4      5      *Totalmente de acuerdo*  
               

Figura 2: Encuesta de opinión dirigida a los moradores de las intersecciones analizadas fuente: autores

ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN REALIZADAS A LOS USUARIOS DEL TRÁNVIA DE CUENCA		
Fecha de realización :	Lunes 29 de noviembre del 2021	Cantidad de Respuestas
Realizado por: Daniel Cabrera y Leonel Sánchez		
Pregunta # 1		
¿Con que frecuencia utiliza el tranvía?	<b>Poca frecuencia</b>	
	1	4
	2	6
	3	7
	4	5
	5	18
	<b>Alta frecuencia</b>	
Pregunta # 2		
¿Considera que el servicio que ofrece el tranvía es:	<b>Poco eficiente</b>	
	1	
	2	
	3	4
	4	8
	5	28
	<b>Muy eficiente</b>	
Pregunta # 3		
	<b>Muy Baja</b>	

¿Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:	1	10
	2	10
	3	15
	4	3
	5	2
	Muy Alta	
Pregunta # 4		
¿Cómo considera que es el volumen de personas que viajan en el tranvía diariamente?	Muy Baja	
	1	3
	2	2
	3	19
	4	12
	5	4
	Muy Alta	
Pregunta # 5		
¿Con que frecuencia su lugar de destino se encuentra dentro de la ruta del tranvía?	Muy Baja	
	1	3
	2	
	3	9
	4	9
	5	19
	Muy Alta	

Tabla 1: Encuestas de satisfacción realizadas a los usuarios del Tranvía de Cuenca fuente: autores

<b>ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN REALIZADAS A LOS MORADORES DEL REDONDEL: SIMON BOLIVAR</b>		
Fecha de realización :	Lunes 29 de noviembre del 2021	Cantidad de Respuestas
Realizado por: Daniel Cabrera y Leonel Sánchez		
Pregunta # 1	<b>Muy Baja</b>	
<b>Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:</b>	<b>1</b>	4
	<b>2</b>	5
	<b>3</b>	4
	<b>4</b>	2
	<b>5</b>	5
		<b>Muy Alta</b>
Pregunta # 2		
<b>Considera que la señalización del tranvía para evitar accidentes de tránsito es (siendo 3 señalización adecuada):</b>	<b>Insuficiente</b>	
	<b>1</b>	8
	<b>2</b>	1
	<b>3</b>	10
	<b>4</b>	
	<b>5</b>	1
	<b>Excesiva</b>	
Pregunta # 3		
<b>¿Con que frecuencia considera que se producen accidentes de tránsito con el tranvía en la intersección?</b>	<b>Muy Baja</b>	
	<b>1</b>	6
	<b>2</b>	3

	<b>3</b>	<b>7</b>
	<b>4</b>	<b>2</b>
	<b>5</b>	<b>2</b>
	<b>Muy Alta</b>	
<b>Pregunta # 4</b>		
<b>¿Cuál considera que es la causa más común para que se produzca un accidente de tránsito con el tranvía?</b>	<b>Irrespeto a las señales de tránsito por parte de los conductores</b>	<b>11</b>
	<b>Poca señalización para el paso del tranvía</b>	<b>5</b>
	<b>Excesiva señalización para el paso del tranvía</b>	
	<b>Tiempo del tranvía al pasar por las intersecciones</b>	<b>1</b>
	<b>Otros (defina):</b>	<b>3</b>
<b>Pregunta # 5</b>		
<b>Considera que las adecuaciones realizadas para el paso del tranvía, como la reducción de carriles o la</b>	<b>Desacuerdo</b>	
	<b>1</b>	<b>4</b>
	<b>2</b>	

implementación de señalización, han afectado negativamente al tráfico en las intersecciones?	3	1
	4	1
	5	14
	<b>Totalmente de acuerdo</b>	

Tabla 2: Encuestas de satisfacción realizadas a los moradores del redondel Simón Bolívar fuente: autores

<b>ENCUESTAS DE SATISFACCIÓN REALIZADAS A LOS MORADORES DEL REDONDEL: CHOLA CUENCANA</b>		
Fecha de realización :	Lunes 06 de diciembre del 2021	Cantidad de
Realizado por: Daniel Cabrera y Leonel Sánchez		Respuestas
Pregunta # 1	<b>Muy Baja</b>	
<b>Considera que la accidentabilidad del tranvía con vehículos particulares es:</b>	<b>1</b>	10
	<b>2</b>	4
	<b>3</b>	3
	<b>4</b>	
	<b>5</b>	3
	<b>Muy Alta</b>	
Pregunta # 2		
<b>Considera que la señalización del tranvía para evitar accidentes de tránsito es (siendo 3 señalización adecuada):</b>	<b>Insuficiente</b>	
	<b>1</b>	8
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	10

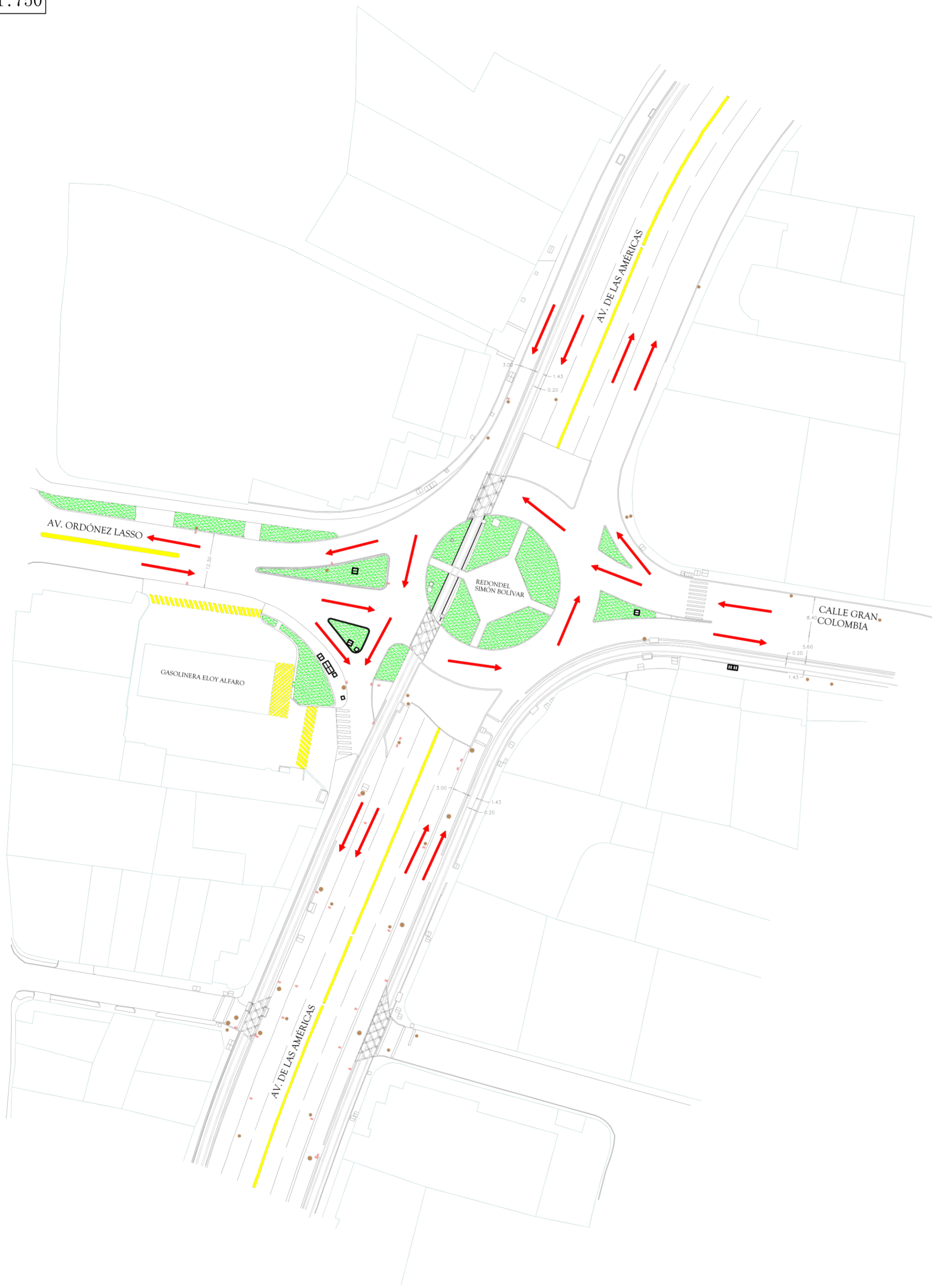
	<b>4</b>	
	<b>5</b>	2
	<b>Excesiva</b>	
Pregunta # 3		
<b>Con que frecuencia considera que se producen accidentes de tránsito con el tranvía en la intersección?</b>	<b>Muy Baja</b>	
	<b>1</b>	10
	<b>2</b>	2
	<b>3</b>	1
	<b>4</b>	5
	<b>5</b>	2
	<b>Muy Alta</b>	
Pregunta # 4		
<b>Cuál considera que es la causa más común para que se produzca un accidente de tránsito con el tranvía?</b>		
	<b>Irrespeto a las señales de tránsito por parte de los conductores</b>	13
	<b>Poca señalización para el paso del tranvía</b>	6
	<b>Excesiva señalización</b>	

			<b>para el paso del tranvía</b>	
			<b>Tiempo del tranvía al pasar por las intersecciones</b>	
			<b>Otros (defina):</b>	Calibrar
				Semaforización
Pregunta # 5				
<b>Considera que las adecuaciones realizadas para el paso del tranvía, como la reducción de carriles o la implementación de señalización, han afectado negativamente al tráfico en las intersecciones?</b>			<b>Desacuerdo</b>	
			<b>1</b>	<b>5</b>
			<b>2</b>	
			<b>3</b>	<b>1</b>
			<b>4</b>	<b>4</b>
			<b>5</b>	<b>10</b>
			<b>Totalmente de acuerdo</b>	

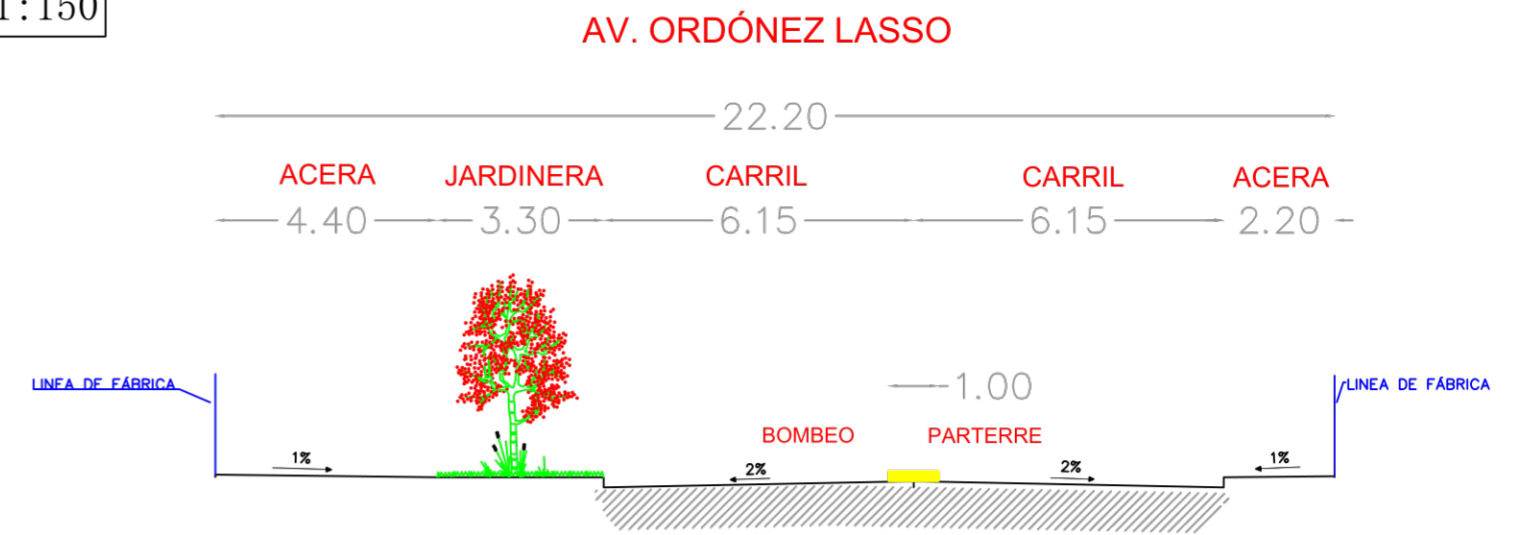
Tabla 3: Encuestas de satisfacción realizadas a los moradores del redondel Chola Cuencana fuente: autores

## **ANEXO N° 4: LÁMINAS**

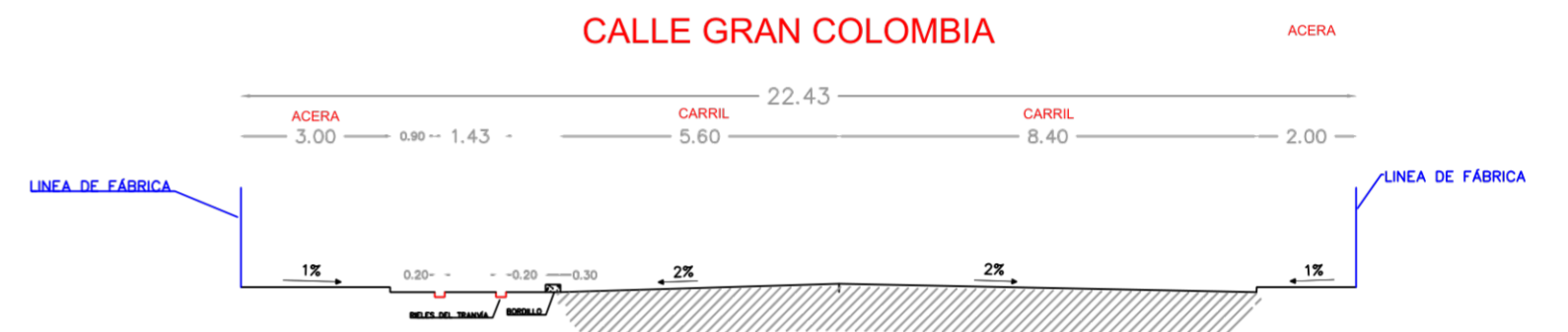
Esc. 1:750



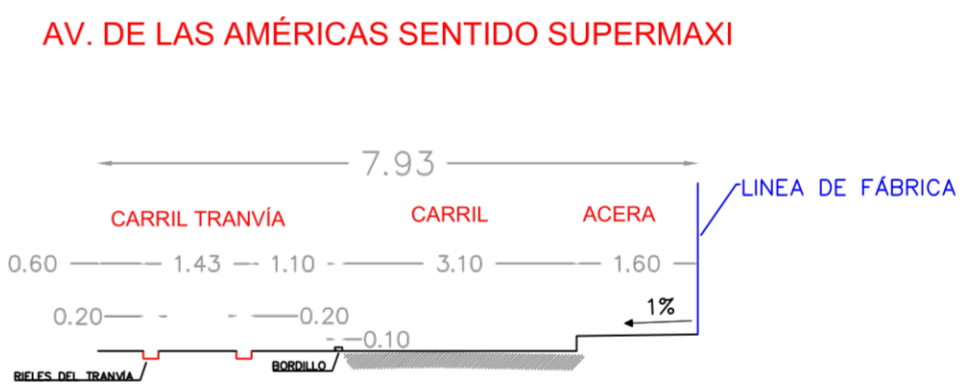
Esc. 1:150



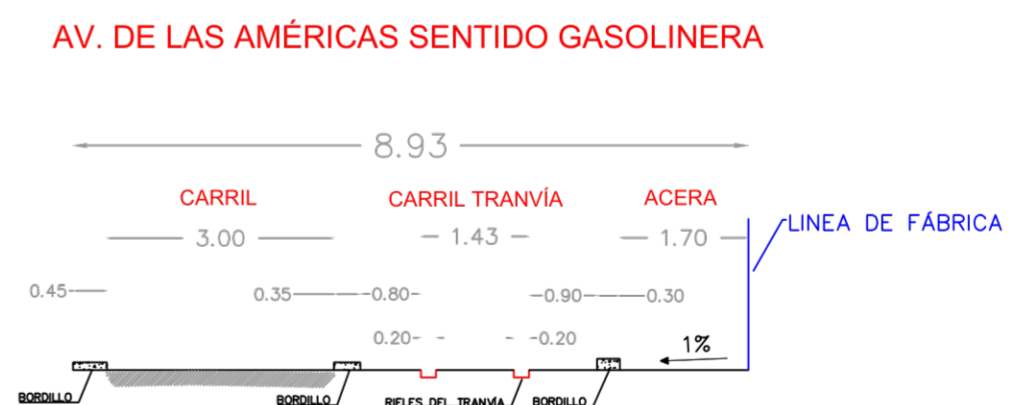
Esc. 1:150



Esc. 1:100



Esc. 1:100



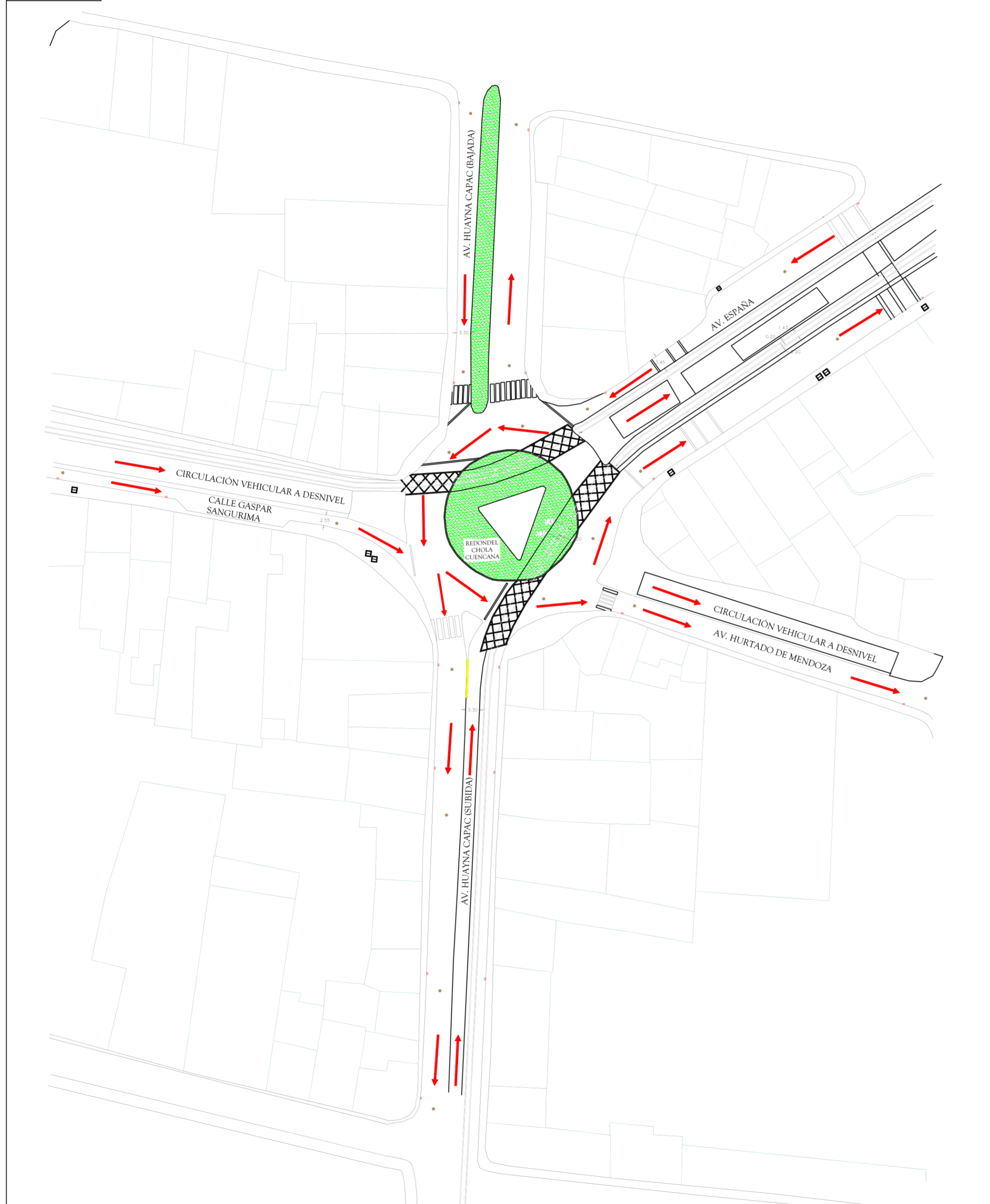
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

LÁMINA: 1 de 2

PROYECTO	"Análisis de los factores de accidentabilidad en la operación del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca"
LÁMINA	Lámina de Secciones Tipo del redondel Simón Bolívar
AUTORES	Daniel Cabrera y Leonel Sánchez
ESCALA	Las Indicadas



Esc. 1:750

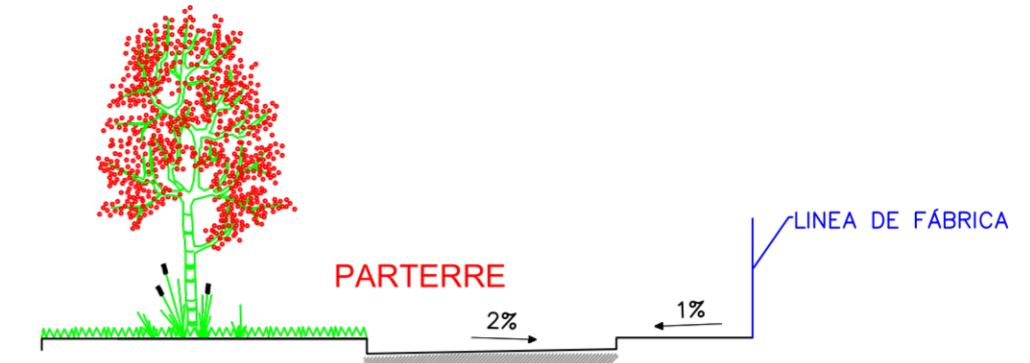


Esc. 1:150

**AV. HUAYNA CAPAC (BAJADA)**

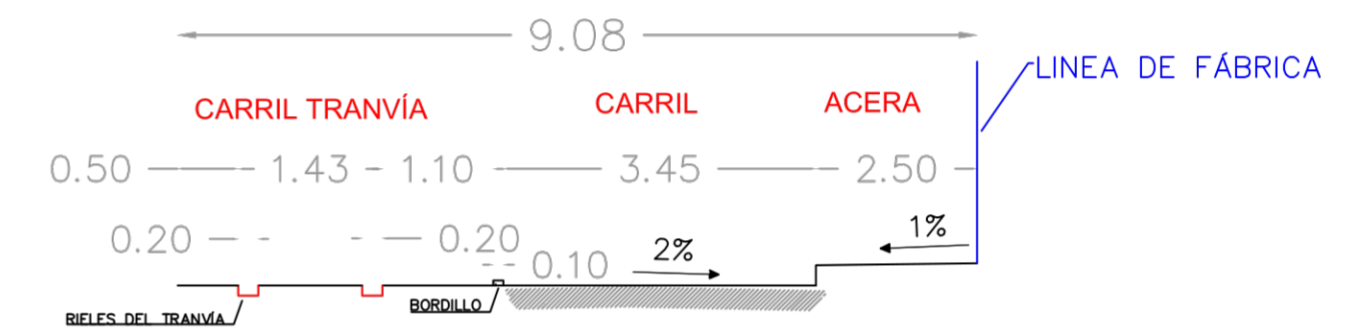
CARRIL ACERA

4.30 — 3.30 — 1.80



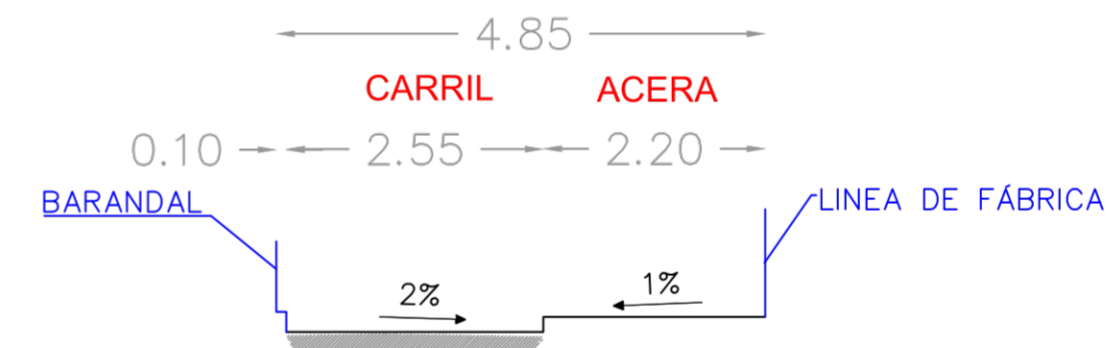
Esc. 1:75

**AV. ESPAÑA**



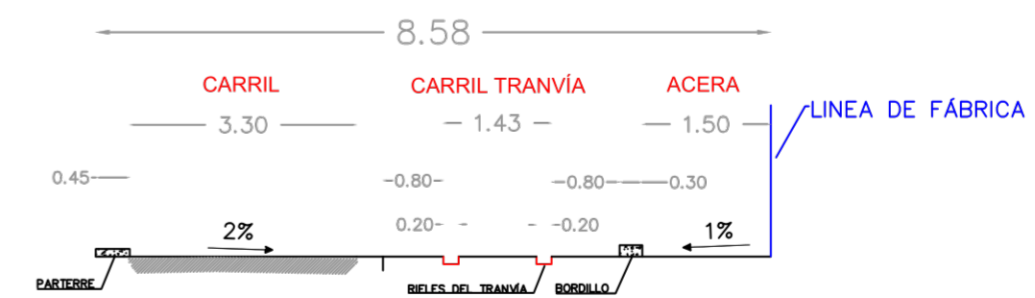
Esc. 1:75

**GASPAR SANGURIMA**

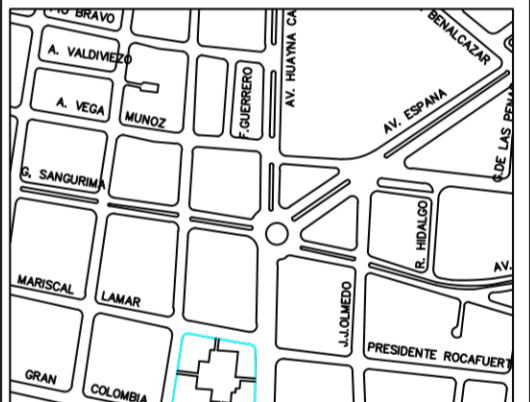


Esc. 1:100

**AV. HUAYNA CAPAC (SUBIDA)**



**UBICACIÓN**



**LEYENDA**

- POZO
- REJILLA
- CAJA DE INSPECCIÓN
- CONSTRUCCIONES
- RIELES DEL TRANVÍA
- PARTERRE
- PASO CEBRA
- CRUCE VEHICULAR
- FLUJO VEHICULAR

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA  
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

LÁMINA: 2 de 2

PROYECTO

"Análisis de los factores de accidentabilidad en la operación del Tranvía Cuatro Ríos de Cuenca"

LÁMINA

Lámina de Secciones Tipo del redondel Chola Cuencana

AUTORES

Daniel Cabrera y Leonel Sánchez

ESCALA

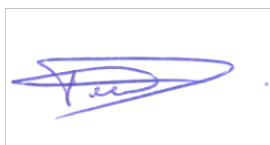
Las Indicadas



## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros(as), DANIEL ALEJANDRO CABRERA ANDRADE y LEONEL ANDRES SANCHEZ MOLINA portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0105904270 y N.º 0106808173. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “ANALISIS DE LOS FACTORES DE ACCIDENTABILIDAD EN LA OPERACION DEL TRANVIA CUATRO RIOS DE CUENCA” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de abril de 2022



F: .....  
Daniel Alejandro Cabrera Andrade  
0105904270



F: .....  
Leonel Andrés Sánchez Molina  
0106808173