



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Estudio y modelación de tráfico en la Avenida General Rumiñahui desde el Puente Nueve
hasta el redondel del Colibrí y su incidencia en la intersección de la Universidad de
Fuerzas Armadas ESPE**

Bastidas Portilla, Andrés Aníbal y Soto Pruna, Sebastián Santiago

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Romero Flores, Alex Patricio Eduardo

29 de junio del 2020



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **"ESTUDIO Y MODELACIÓN DE TRÁFICO EN LA AVENIDA GENERAL RUMIÑAHUI DESDE EL PUENTE NUEVE HASTA EL REDONDEL DEL COLIBRÍ Y SU INCIDENCIA EN LA INTERSECCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS-ESPE"** fue realizado por los señores *CAPT DE E Bastidas Portilla, Andrés Anibal* y el *CAPT DE E Soto Pruna, Sebastián Santiago*, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de junio del 2020

Ing. Romero Flores, Alex Patricio Eduardo

C.C 0300752136

URKUND

Document Information

Analyzed document	BASTIDAS PORTILLA, ANDRÉS ANÍBAL_SOTO PRUNA, SEBASTIAN SANTIAGO.docx (D75697845)	W
Submitted	6/27/2020 2:38:00 AM	W
Submitted by		
Submitter email	mgutierrez@difusion.com.mx	
Similarity	4%	
Analysis address	mgutierrez1.GDC@analysis.orkund.com	

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13490/1/T-ESPE-057396.pdf Fetched: 5/23/2020 12:08:17 AM	23
SA	URL: ANALISIS DE TRAFICO _INTERCAMBIADOR_ZAMORA_ESPE_Urkund.docx Fetched: 7/8/2019 7:03:00 PM	11
W	URL: https://www.slideshare.net/Juanguti7/libro-de-transito-2010 Fetched: 5/13/2020 3:57:32 AM	10
SA	URL: Tesis Gloria Castro.docx Fetched: 3/16/2015 2:40:00 AM	2
SA	URL: TESIS FINAL CON APA - CITAS FORMA 2.docx Fetched: 3/5/2020 1:59:00 PM	2
SA	URL: 20151126 Tesis Jeaneth y Daysi.docx Fetched: 11/26/2015 8:56:00 PM	1
SA	URL: TESIS DIEGO AREVALO.pdf Fetched: 3/1/2015 5:26:00 AM	6
W	URL: https://de.slideshare.net/SierraFrancisco/libro-verde-aashto-2011 Fetched: 6/27/2020 2:41:00 AM	3
W	URL: https://www.studocu.com/co/document/universidad-industrial-de-santander/ingenieria ... Fetched: 6/27/2020 2:41:00 AM	2
SA	URL: 20150115 Jorge Zapata_Luis Anguisaca.pdf Fetched: 1/15/2018 3:39:00 PM	8
W	URL: https://es.slideshare.net/valerant/tdpa Fetched: 12/30/2019 9:33:13 PM	2
SA	URL: CORTEZ MARCOS Y MARCA MAURICIO_TRABAJO_TITULACION_VIAS_JULIO_2018.docx Fetched: 8/18/2018 2:35:00 AM	5

IDI - PROYECTO DEL ASO BENMIDES CUBIETIAN TALLER SEGUNDA FASE.docx

1/95

- SA** Fetched: 8/25/2015 2:21:00 AM 1
- W** URL: https://docplayer.es/67499287-Republica-bolivariana-de-venezuela-universidad-nueva 1
- W** URL: ftp://ftp.ani.gov.co/Iniciativas%20Privadas/IP%20Neiva%20Espinal%20Girardot/%20DA... 7


Ing. Alex Patricio Eduardo Romero Flores MSc.
 peromero@espe.edu.ec
 Director del Proyecto

- W Fetched: 2/23/2020 12:08:27 AM
- A2 Fetched: 7/18/2018 7:03:00 PM
- W Fetched: 2/23/2020 8:27:32 AM
- A2 Fetched: 2/16/2018 5:40:00 AM
- A2 Fetched: 2/16/2018 1:59:00 PM
- A2 Fetched: 11/26/2018 8:55:00 PM
- A2 Fetched: 2/16/2018 8:58:00 AM
- W Fetched: 6/23/2020 5:41:00 AM
- W Fetched: 6/23/2020 5:41:00 AM
- A2 Fetched: 7/25/2018 2:39:00 PM
- W Fetched: 12/10/2019 9:33:12 PM
- A2 Fetched: 8/28/2018 5:38:00 AM



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, CAPT DE E Bastidas Portilla, Andrés Aníbal con cédula de ciudadanía n° 1715659239 y CAPT DE E Soto Pruna, Sebastián Santiago con cédula de ciudadanía n° 0502287428, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **ESTUDIO Y MODELACIÓN DE TRÁFICO EN LA AVENIDA GENERAL RUMIÑAHUI DESDE EL PUENTE NUEVE HASTA EL REDONDEL DEL COLIBRÍ Y SU INCIDENCIA EN LA INTERSECCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS-ESPE** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 29 junio del 2020

Capt. E Bastidas Portilla, Andrés Aníbal

C.C 1715659239

Capt. E Soto Pruna, Sebastián Santiago

C.C 0502287428



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, CAPT DE E Bastidas Portilla, Andrés Anibal con cédula de ciudadanía n° 1715659239 y CAPT DE E Soto Pruna, Sebastián Santiago con cédula de ciudadanía n° 0502287428, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **ESTUDIO Y MODELACIÓN DE TRÁFICO EN LA AVENIDA GENERAL RUMIÑAHUI DESDE EL PUENTE NUEVE HASTA EL REDONDEL DEL COLIBRÍ Y SU INCIDENCIA EN LA INTERSECCIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE FUERZAS ARMADAS-ESPE** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 29 de junio del 2020

Capt. E Bastidas Portilla, Andrés Anibal
C.C 1715659239

Capt. E Soto Pruna, Sebastián Santiago
C.C 0502287428

Dedicatoria

Quiero dar gracias a Dios por permitirme estar en este punto de mi vida y por todas sus bendiciones. Este trabajo le dedico a mi amada esposa Andrea R., por el apoyo, cariño y sobre todo el amor, que me motivo a seguir adelante, a nuestros hijos Andrés y Salomé que son la fuente de mi inspiración y el motor de mi vida, a mis queridos padres Héctor y Marilyn, mis hermanos que me han enseñado el verdadero valor de la vida y por todas sus enseñanzas para todos ellos, les dedico este trabajo.

Andrés Bastidas

El presente trabajo de investigación se lo dedicó a mis hijos Damián y Camila, a mi esposa fuente de mi inspiración en obtener un trabajo sobresaliente, a mis padres, hermano y sobrina por ser un apoyo incondicional a mi familia y amigos que estuvieron pendiente de mi esfuerzo siempre encaminado al beneficio institucional y por ende al de la nación.

Sebastián Soto

Agradecimiento

Queremos agradecer por la ayuda brindada al Sr. Ing. Patricio Romero, que a su valioso conocimiento, experiencia y sobre todo su don como persona, nos ha guiado y apoyado para la elaboración y culminación del proyecto de titulación, por sus enseñanzas que han dado fruto, para poder dejar plasmado en esta tesis, el inicio de la necesidad del estudio de tráfico, para poseer datos históricos sobre esta problemática.

A nuestros docentes que conforman la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Fuerzas Armadas, que ayudaron a nuestra formación con sus conocimientos y vasta experiencia, para la proyección como profesionales con capacidad de asumir nuevos retos y sobre todo para el enriquecimiento de nuestra querida nación, en busca de mejores días, para las nuevas generaciones.

Bastidas Andrés

Soto Sebastián

Índice de Contenidos

Certificación	2
Responsabilidad de Autoría	5
Autorización de Publicación	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Resumen	18
Abstract.....	19
Capítulo I.....	20
Problema	20
<i>Planteamiento del Problema</i>	20
<i>Formulación del Problema</i>	21
<i>Antecedentes</i>	22
<i>Justificación e Importancia del Problema</i>	23
Objetivos	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	25
<i>Hipótesis</i>	25
Capítulo II.....	27
Desarrollo del Proyecto	27
<i>Antecedentes de la Ingeniería de Tráfico</i>	27
Primeros Caminos.....	27
Las Carreteras Actuales	28
El Futuro	29
<i>Aspectos Generales</i>	29

	10
<i>Nivel de Investigación del Proyecto</i>	30
<i>Introducción</i>	30
Red Vial de Cantón.....	32
<i>Conformación del Sistema Vial Urbano</i>	33
Arterias Urbanas Principales	35
Arterias Urbanas Menores	35
Colectores Urbanos	35
Calles Locales.....	35
<i>Tipo de Investigación</i>	36
<i>Características del Tránsito</i>	36
<i>Composición del Tránsito</i>	37
Vehículo de diseño.....	37
<i>Velocidad</i>	37
Velocidad de Diseño	38
Velocidad de Proyecto.....	38
Velocidad de Operación	39
Velocidad Máxima	39
<i>Modalidad de Investigación</i>	39
<i>Identificación de los Puntos de Conteo</i>	40
<i>Metodología de Trabajo de Campo</i>	42
<i>Validación de Datos</i>	44
<i>Fundamentación Legal</i>	46
Mediciones de Flujo.....	46
Métodos de Aforo.....	47
Tamaño Muestral.....	48
Consideraciones Generales.....	48
<i>Recopilación de datos</i>	49
<i>Capacidad</i>	50
<i>Volumen</i>	51
Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios	52
Cálculo del TPDA	52
Resumen del TPDA desde el Puente Nueve hasta el Colibrí	79

	11
Niveles de Servicio.....	80
Volúmenes de Tránsito Horarios.....	82
Uso de los Volúmenes de Tránsito	83
<i>Hora Pico</i>	83
Factor de Hora Pico	84
Intensidad.....	87
<i>Proyección al Tráfico Futuro</i>	109
Método geométrico	109
Capítulo III.....	113
Proyecciones y Análisis de Resultados.....	113
<i>Software de Modelación Vehicular</i>	113
Integración	114
<i>Trabajo para el Modelamiento</i>	115
<i>Composición Vehicular</i>	116
Sector Puente Nueve:	116
Sector Pollo Gus:	117
Sector ESPE:.....	118
Sector Colibrí: ESPE – Colibrí	119
Sector Colibrí: Pintag – Colibrí.....	120
Sector Colibrí: Amaguaña – Colibrí	121
Sector Colibrí: Choclo – Colibrí.....	122
<i>Modelación Vehicular de la Av. Gral. Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el Redondel del Colibrí en la Situación Vial Actual</i>	123
Modelamiento Sector Puente Nueve.....	124
Modelamiento Sector Pollo Gus.....	126
Modelamiento Sector ESPE	128
Modelamiento Sector Colibrí	130
<i>Modelación Vehicular a la Solución Propuesta de la Av. Gral. Rumiñahui Desde el Puente Nueve hasta el Redondel del Colibrí</i>	137
Dimensionamiento de la Propuesta Vial	137
Modelamiento Sector Puente Nueve.....	143
Modelamiento Sector Pollo Gus.....	145

	12
Modelamiento Sector ESPE	147
Modelamiento sector Colibrí.....	149
Capítulo IV	156
Conclusiones y Recomendaciones	156
<i>Conclusiones</i>	156
<i>Recomendaciones</i>	157
Bibliografía.....	159

Índice de Tablas

Tabla 1 RELACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DISEÑO PARA CARRETERAS DE 2 CARRILES	38
Tabla 2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR PUENTE NUEVE	54
Tabla 3 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE AL TPDA	56
Tabla 4 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR POLLO GUS.....	59
Tabla 5 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR ESPE	62
Tabla 6 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR ESPE - COLIBRÍ	66
Tabla 7 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR PINTAG – COLIBRÍ.....	69
Tabla 8 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	72
Tabla 9 VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ.....	76
Tabla 10 CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE 2 CARRILES	81
Tabla 11 ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE HORA PICO	85
Tabla 12 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR PUENTE NUEVE	85
Tabla 13 EQUIVALENTES PARA AUTOMÓVILES EN SEGMENTOS DE AUTOPISTA UNIFORMES	88
Tabla 14 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR POLLO GUS..	91
Tabla 15 VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR ESPE	94

Tabla 16	VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR ESPE – COLIBRÍ	97
Tabla 17	VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	100
Tabla 18	VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	103
Tabla 19	VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	106
Tabla 20	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR PUENTE NUEVE	124
Tabla 21	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR POLLO GUS ...	127
Tabla 22	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR ESPE.....	129
Tabla 23	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR ESPE – COLIBRÍ	131
Tabla 24	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	132
Tabla 25	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	134
Tabla 26	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	136
Tabla 27	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR PUENTE NUEVE	143
Tabla 28	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR POLLO GUS.....	146
Tabla 29	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE	148
Tabla 30	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE – COLIBRÍ	150
Tabla 31	RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	151

Tabla 32 RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	152
Tabla 33 RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	154

Índice de Figuras

Figura 1 CANTONES PROVINCIA DE PICHINCHA	31
Figura 2 RED VIAL PRINCIPAL DEL CANTÓN	33
Figura 3 JERARQUÍA DE MOVIMIENTOS DE UNA RED VIAL URBANA	34
Figura 4 PUNTOS DE CONTEO	41
Figura 5 COLOCACIÓN DE LAS CÁMARAS SECTOR EL COLIBRÍ	42
Figura 6 CÁMARA EN LA ENTRADA PRINCIPAL ESPE	43
Figura 7 CÁMARA SECTOR DEL POLLO GUS	43
Figura 8 CÁMARA SECTOR PUENTE NUEVE (ARMENIA I)	44
Figura 9 FILMACIÓN DE LA CÁMARA DE VIDEO SECTOR EL COLIBRÍ	45
Figura 10 VOLÚMENES DE TRÁFICO GAD RUMIÑAHUI 2011	46
Figura 11 FORMULARIO DE CONTEO VEHICULAR	50
Figura 12 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR PUENTE NUEVE	55
Figura 13 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR POLLO GUS	60
Figura 14 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR ESPE	64
Figura 15 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR ESPE – COLIBRÍ	67
Figura 16 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	70
Figura 17 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	74
Figura 18 VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	77
Figura 19 RESUMEN DEL TPDA EN LOS PUNTOS DE CONTEO	80
Figura 20 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR PUENTE NUEVE	90

Figura 21 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR POLLO GUS	93
Figura 22 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR ESPE	96
Figura 23 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR ESPE – COLIBRÍ	99
Figura 24 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR PINTAG – COLIBR	102
Figura 25 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	105
Figura 26 FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	108
Figura 27 INTEGRACIÓN DEL MODELAMIENTO DE AIMSUN NEXT	115
Figura 28 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR PUENTE NUEVE	117
Figura 29 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR POLLO GUS	118
Figura 30 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR ESPE.....	119
Figura 31 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR ESPE – COLIBRÍ.....	120
Figura 32 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR PINTAG – COLIBRÍ.....	121
Figura 33 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ.....	122
Figura 34 COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ.....	123
Figura 35 MODELO 3D AIMSUN SECTOR PUENTE NUEVE	124
Figura 36 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR PUENTE NUEVE	125
Figura 37 MODELO 3D AIMSUN SECTOR POLLO GUS.....	126
Figura 38 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR POLLO GUS	127
Figura 39 MODELO 3D AIMSUN SECTOR ESPE	128
Figura 40 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR ESPE.....	129
Figura 41 MODELO 3D AIMSUN SECTOR ESPE - COLIBRÍ	130
Figura 42 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR ESPE – COLIBRÍ.....	131
Figura 43 MODELO EN AIMSUN SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	132
Figura 44 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR PINTAG – COLIBRÍ.....	133
Figura 45 MODELO EN AIMSUN SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ.....	134
Figura 46 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ.....	135
Figura 47 MODELO EN AIMSUN SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ.....	136
Figura 48 NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ.....	137

Figura 49 PUENTE SOBRE LA AV. GENERAL RUMIÑAHUI.....	138
Figura 50 BARRERA VEHICULAR TIPO JERSEY.....	139
Figura 51 PARTES DE LA VÍA ELEVADA	141
Figura 52 SECCIÓN TIPO DE LA VÍA ELEVADA	142
Figura 53 MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR PUENTE NUEVE.....	143
Figura 54 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR PUENTE NUEVE	144
Figura 55 MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR POLLO GUS	145
Figura 56 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR POLLO GUS.....	146
Figura 57 MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE	147
Figura 58 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR ESPE	148
Figura 59 MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE – COLIBRÍ.....	149
Figura 60 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR ESPE – COLIBRÍ	150
Figura 61 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR PINTAG – COLIBRÍ	152
Figura 62 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ	153
Figura 63 NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ	155

Resumen

Sangolquí se encuentra ubicado al sur oriente de la capital ecuatoriana, perteneciente al Cantón Rumiñahui de la Provincia de Pichincha. Hoy en día, debido al aumento de la población y al parque automotor, se han generado problemas de contaminación y sobre todo de tráfico vehicular, ya que esta parroquia se ha convertido en un lugar de descanso, convivencia y trabajo de los capitalinos, por lo que la única vía de gran importancia que conecta la Ciudad de Quito con el Valle de los Chillos es la Autopista General Rumiñahui que sirve de desfogue en el sector del Triángulo hasta el Redondel del Colibrí, sin embargo en horas pico, existe congestión vehicular durante todo este trayendo hasta unirse finalmente a la ruta E35 en el sector del Colibrí. Para lo cual se ve la necesidad de realizar un aforo vehicular, durante siete días por 24 horas al día, para poder realizar un estudio de la composición del volumen de tráfico y tráfico futuro, logrando obtener un modelamiento actual y una alternativa vial, para que de esta manera se pueda aumentar el nivel de servicio de la vía, considerando los cuatro puntos especiales que son: El Puente Nueve, sector Pollo Gus, sector de la ESPE y el redondel del Colibrí.

- Palabras clave:

- **TRÁNSITO**
- **AV. GRAL. RUMIÑAHUI**
- **MODELAMIENTO**
- **AIMSUN**

Abstract

Sangolquí is located to the south east of the Ecuadorian capital, belonging to the Rumiñahui Canton of the Pichincha Province. Today, due to the increase in population and the car park, pollution problems have been generated and especially vehicular traffic, since this parish has become a place of rest, coexistence and work of the capitals, so that the only road of great importance that connects the City of Quito with the Valley of the Chillos is the General Rumiñahui Highway that serves as a vent in the Triangle sector to the Round of the Hummingbird, however at peak times, there is vehicular congestion throughout this bringing until finally joining the route E35 in the sector of the Hummingbird. To this end, it is necessary to carry out a vehicle capacity, for seven days for 24 hours a day, to be able to carry out a study of the composition of the volume of traffic and future traffic, obtaining a current modeling and a road alternative, so that in this way the service level of the road can be increased, considering the four special points that are: The Nine Bridge, Chicken Gus sector, the ESPE sector and the Colibri round.

- Key words:

- **TRANSIT**
- **AV. GRAL. RUMIÑAHUI**
- **MODELING**
- **AIMSUN**

Capítulo I

Problema

Planteamiento del Problema

Debido al aumento del parque automotor a nivel mundial, y las estimaciones que varían sobre la cantidad de autos, existe una estimación más precisa hecha en el 2016, hay más 1,2 billones de automóviles en la tierra, que es un aumento del 70,5% de los 700 millones de automóviles que se encontraban en los caminos a nivel mundial en tan sólo 11 años antes, en el 2004. (Kogan, 2018).

Es preocupante que dos ciudades latinoamericanas aparecen en el top diez global de la congestión creado por la consultora internacional Inrix, en el que analiza la situación en 1064 ciudades en todo el planeta. Se trata de Bogotá (Colombia), que está en el quinto lugar y Sao Paulo (Brasil) en el sexto, que enfrentan problemas de tráfico particularmente serios, asegura el estudio. (Mundo, 2017).

Según el (INEC, 2016), en el 2015, se matricularon 1.925.368 vehículos motorizados en Ecuador, 57% más que lo registrado en el 2010. Pichincha fue la provincia con más vehículos matriculados, seguido de Guayas y Manabí, es decir que el parque automotor está compuesto en mayor proporción por vehículos nuevos.

Por tal motivo en Quito, el número de automóviles en circulación incide en el tiempo de traslado como en la permanencia sobre la calzada, existiendo

más densidad por kilómetro de vía, este aumento repercute directamente en la velocidad y sobre las vías de la ciudad. (Romero, 2017).

En Quito existe gran congestión, desorden e inequidad, esto debido a que la capital del Ecuador se extiende en dirección norte, sur y hacia los valles sur orientales. El crecimiento evidenciado ha creado un complejo sistema de interrelaciones que interdependencias que con el tiempo ha requerido una mayor redistribución espacial tanto de las actividades económicas, productivas, así como de los equipamientos urbanos, que hasta ahora se habían concentrado en el centro de Quito. (DMQ, 2012).

El crecimiento de la población, el aumento de vehículos y por ende la necesidad de la creación de más parqueaderos, la expansión de la urbanización, el uso de terrenos cada vez más alejados, así como la baja densidad de ocupación de cada una de estas viviendas, ha generado complejas redes viales, enfatizando en la zona del Valle de los Chillos donde la estructura y funcionalidad de la actual red vial presenta graves deficiencias. (GADMUR, 2012).

Formulación del Problema

El punto de partida del problema es el sector de El Triángulo en San Rafael, identificando el conflicto diario que se genera en los aspectos de circulación y transporte, debido en gran parte a la congestión vehicular por el incremento de comercios, servicios, vendedores ambulantes, y la existencia de centros comerciales como Plaza Valle, Plaza París y San Luis Shopping los cuales provocan un incremento significativo de personas. A esto hay que agregar la cantidad de vehículos que llegan diariamente al Valle de los Chillos

desde la capital y el sur de la provincia que exclusivamente utilizan este tipo de servicios.

Además, aquí se presentan accidentes con regularidad, sin embargo, el principal problema evidenciado es la demora causada a los miles de usuarios que toman esta ruta diariamente ya que representa una pérdida de tiempo que crece exponencialmente. En cuanto a la seguridad vial y señalización es carente y los peatones que en la gran mayoría, son los estudiantes de la UFA-ESPE están expuestos constantemente a sufrir accidentes de tránsito.

Antecedentes

El Plan Nacional Toda una Vida indica que las prioridades ciudadanas en el marco de los derechos para todos y todas a lo largo de la vida, dada la gran importancia que conlleva la garantía de una vida digna en igualdad de oportunidades, con respecto a las personas de atención prioritaria, y sobre todo que la ciudadanía pueda contar con servicios de movilidad y transporte adecuados que garanticen la seguridad de los pasajeros, para lo cual es fundamental que se implementen medidas para asegurar la calidad, regularización y accesos viales, especialmente en áreas rurales del país. (Mora, 2017).

Además, se destacan las problemáticas asociadas con los territorios donde muchos de los pueblos y nacionalidades se desarrollan, principalmente en sectores rurales, para lo cual se pone en especial énfasis en temas de movilidad y transporte como, por ejemplo: la calidad de las vías, la regularización del transporte y la congestión vehicular entre otros. (Mora, 2017).

Se puede evidenciar que en el trayecto del Valle de los Chillos al Trébol toma más 60 minutos en las horas pico, según (ElComercio, 2015). Los vehículos se acumulan en el sector del Trébol según datos oficiales, más de 40 000 vehículos pesados y livianos circulan en esa zona por las mañanas y miles de usuario se trasladan desde el Valle de los Chillos hasta la capital.

Considerando que Sangolquí se encuentra atravesada por la Av. General Rumiñahui siendo el medio de conexión de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, con la ciudad de Quito, es de prioridad generar soluciones viales que permitan mantener un flujo de tránsito óptimo en las horas pico. La red vial del Cantón Rumiñahui se encuentra distribuida estratégicamente a lo largo del territorio, debido a que esta contribuye con la conectividad provincial, cantonal e Inter parroquial del cantón, promoviendo el desarrollo del mismo. Cabe mencionar el tiempo de viaje desde el Puente Nueve hasta el Colibrí es aproximadamente de quince minutos. (GADMUR, 2012).

Justificación e Importancia del Problema

La investigación y estudio del tráfico vial consiste en establecer los volúmenes de tráfico provenientes de la Avenida General Rumiñahui, que conecta directamente la vía Inter valles, la Autopista con la Vía Zamora y el redondel del Colibrí, a fin de aumentar el nivel de serviciabilidad y reducir el tráfico creado entre la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE y las urbanizaciones aledañas del sector.

En el cantón de Rumiñahui existen diferentes problemas de congestión vial, ya que posee dos arterias principales que es la Autopista Gral. Rumiñahui y la carretera E35, existe varios puntos de acceso

desde el Puente Nueve y varias intersecciones hasta el redondel del Colibrí considerando la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, un punto significativo, en vista que este instituto de educación superior actualmente es un referente en el país, motivo por el cual se encuentra en constante innovación y esto ha generado la creación de nueva infraestructura y por ende de la población estudiantil, pudiendo evidenciarlo con la creación de investigación, posgrados, y se prevé a futuro la creación de un parque industrial, con estos antecedentes podemos considerar que el volumen de tráfico que generaría la universidad en el Cantón Rumiñahui es muy significativo a corto plazo por tal motivo se hace necesario un análisis de ingeniería de tráfico. (GADMUR, 2012).

Teniendo en cuenta que el control del tránsito en redes urbanas se hace principalmente a través del manejo de los semáforos en intersecciones y que existe diversidad en los sistemas de autopistas desarrollados, resulta relevante analizar las alternativas disponibles en la actualidad para llevar a cabo una planificación y gestión apropiada mediante la utilización de software especializado en la ingeniería de tránsito. (Zuriaga, 2012).

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar el estudio de tráfico vial en la Av. Gral. Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el sector del redondel del Colibrí, mediante un modelamiento de simulación de tráfico vehicular para optimizar el nivel de

servicio, capacidad y seguridad vial en la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

Objetivos Específicos

- Realizar el conteo de vehículos mediante el aforo de observación para las estimaciones de volúmenes de tráfico en los siguientes tramos: Puente Nueve, Triángulo, C.C San Luis y el Colibrí.
- Determinar el tráfico medio anual mediante la obtención de los volúmenes de tráfico para obtener el factor de hora pico.
- Determinar todas las asignaciones y variables de tráfico vehicular mediante las ecuaciones de la AASHTO para establecer el nivel de serviciabilidad.
- Modelar las condiciones de tráfico de la Av. Gral. Rumiñahui y la intersección de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mediante el software académico para la optimización del flujo vehicular.
- Obtener una solución vial en la intersección de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, mediante el uso del software de tráfico académico para mejorar el nivel de serviciabilidad.

Hipótesis

Con el estudio de tráfico realizado desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí en la Autopista General Rumiñahui, se evaluará el nivel de servicio actual y por medio de la modelación simular soluciones de tráfico, que inciden de manera significativa en la intersección de la Universidad de las

Fuerzas Armadas ESPE, aumentando el índice serviciabilidad a tipo B, con seguridad de circulación en esta intersección.

Capítulo II

Desarrollo del Proyecto

Antecedentes de la Ingeniería de Tráfico

Para dar un preámbulo de lo que realiza la ingeniería de tráfico se da a conocer una breve historia, la actualidad de las carreteras, el futuro de las mismas y aspectos generales en relación al desenvolvimiento a la situación actual del Cantón Rumiñahui de acuerdo a la vialidad existente.

Primeros Caminos

Según (Tapia & Veizaga, 2006), los automotores son un medio de transporte novedoso que se ha incorporado a nuestra vida diaria, podemos indicar que, desde la antigüedad, la construcción de carreteras ha sido uno de los primeros signos de civilización avanzada. Cuando las primeras civilizaciones empezaron a aumentar de tamaño y densidad de población, la comunicación con otras regiones se tornó necesaria para hacer llegar suministros alimenticios o transportarlos a otros consumidores. Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el 3500 A.C; los chinos que construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI A.C y los incas de Sudamérica, dicha red se distribuía por toda la cordillera de los Andes.

En el siglo I, el geógrafo Estabón registró un sistema de carreteras que partían de la antigua Babilonia; los escritos de Heródoto un historiador griego del siglo V A.C, menciona las vías construidas en Egipto, para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras

monumentales. De las carreteras que aún existen, las más antiguas fueron construidas por los romanos, las mismas que estaban construidas por tres capas de piedras argamasadas cada vez más finas, con una capa de bloques de piedras encajadas en la parte superior. (Tapia & Veizaga, 2006).

En México, el imperio azteca pudo extenderse desde la costa del Golfo de México hasta la zona costera del Pacífico, gracias a rutas trazadas por los indígenas. Las crónicas españolas de la época de la conquista en 1521 mencionan que la capital azteca estaba situada en una isla al centro de un lago y que grandes calzadas la comunicaban con tierra firme, estas calzadas incluían puentes elevadizos por lo que, gran cantidad de barcazas cruzaban de un lado a otro. (Cárdenas & Cal, 2007).

Las Carreteras Actuales

Durante el presente siglo, el afianzamiento y preponderancia creciente del automóvil como medio de transporte ha requerido una gran expansión de redes de carreteras en todos los países, que culmina con la construcción de vías reservadas únicamente a dicha clase de vehículos, sin cruces a nivel de ninguna clase y permitiendo ir a grandes velocidades como son las autopistas. (Bañón & Beví, 2000).

Las carreteras modernas se construyen en líneas casi rectas a través de campo abierto en lugar de seguir las viejas rutas establecidas, ya que evitan las áreas congestionadas y sobrepobladas o se cruzan utilizando avenidas especiales, túneles, pasos y vías elevadas, la seguridad se ha incrementado separando el tráfico y controlando los accesos con la existencia de señales luminosas adecuadas para la conducción nocturna, carriles con distintas

velocidades, zonas de frenado de emergencia dispositivos y marcas reflectantes en el pavimento y señales de control del tráfico, entre otras. (Bañón & Bevía, 2000).

El Futuro

Según dice (Bañón & Bevía, 2000), el futuro más próximo se deberá atender al desarrollo sostenible, cuyo progreso debe ser compatible con la conservación del medio físico, de forma que se asegure su capacidad actual y futura. Las obras de carreteras deben internarse en el medio ambiente con el menor coste ecológico, lo que supone la incorporación de la variable medioambiental en la toma de decisiones sobre proyectos, mediante la evaluación del impacto ambiental como técnica generalizada de protección de los recursos naturales, ya que una carretera abre el paso al progreso, pero también a la degradación de la naturaleza procurando la compatibilización del medio ambiente con el desarrollo económico. (Bañón & Bevía, 2000).

Aspectos Generales

La ingeniería de transporte se basa en los principios tecnológicos y científicos a la planeación de un proyecto funcional, la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, económica y compatible con el medio ambiente, de esta manera podemos indicar que la ingeniería de tránsito es parte de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales y en relación

con otros modos de transporte. Cabe recalcar la ingeniería de tráfico por definición, es aquella rama que estudia y analiza bajo un enfoque técnico los problemas originados por el movimiento de los vehículos, en estrecha relación entre el peatón, conductor vehículo y la vía. Gracias a esto podemos entrelazar las problemáticas de viabilidad que existen en el Cantón Rumiñahui (Chávez, 2005).

Nivel de Investigación del Proyecto

Este proyecto se fundamenta en la producción de un nuevo modelamiento vehicular y a la resolución de problemas que se han evidenciado, para lo cual se debe seguir un orden progresivo y escalonado, por ello, se realizará una introducción, la red vial existente, sistema vial urbano y su identificación para el análisis de los puntos vulnerables y estratégicos del sistema vial en estudio. Su nivel de investigación será preliminar y exploratoria llamaba también reconocimiento del terreno, en el cual permite la obtención de información sobre la factibilidad, posibilidad y las condiciones favorables para el conteo vehicular. (Carrasco, 2006).

Introducción

Rumiñahui es un cantón que se encuentra ubicado al sureste de la Provincia de Pichincha cuenta con una extensión de 134.15 km². Limita al norte, este y oeste con el cantón Quito y al Sur con el cantón Mejía.

Figura 1

CANTONES PROVINCIA DE PICHINCHA



Nota. La figura indica los cantones de la provincia de Pichincha. Tomado de <https://image.slidesharecdn.com/provinciadepichincha1322>.

Cuyo modelo vial existente, tiene una cobertura del 75% y está distribuido de modo que los flujos de tránsito que son altos se dan por vías de doble sentido y calles de una vía. En particular el circuito de avenidas está limitado a la existente red Inter cantonal, y que pasa únicamente por la cabecera cantonal. La estructura de vías del cantón está definida por tres tipos principales de vías que son: avenidas, calles colectoras y secundarias. Una avenida sin un intercambiador o sistema de cambio de tránsito y una red cerrada sin

conexiones internas de calles pavimentadas, reduciendo un tránsito periférico rápido a la movilidad interna limitada. (GADMUR, 2012).

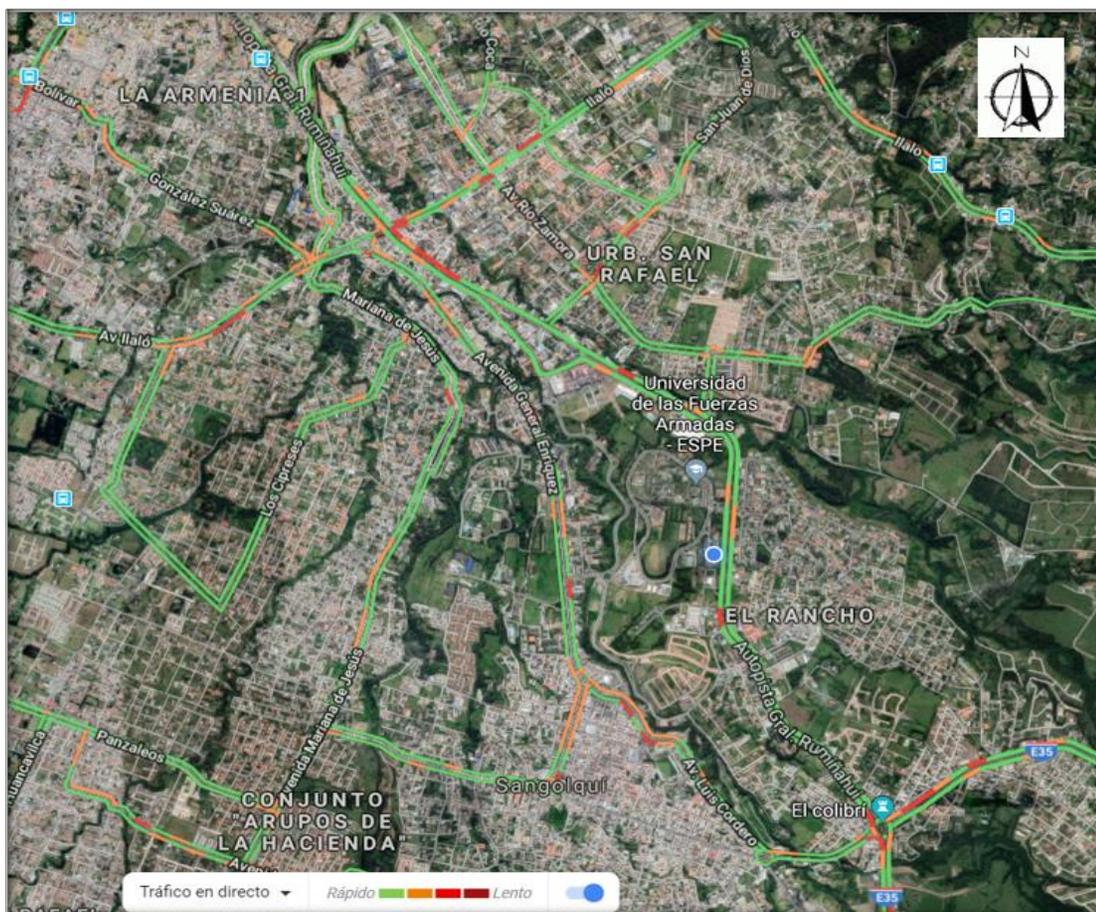
Red Vial de Cantón

Las vías principales que conectan al cantón Rumiñahui con el cantón de Quito de acuerdo a la figura en el sector urbano son: (GADMUR, 2012).

- Av. Ilaló que atraviesa al cantón en forma transversal, uniendo Conocoto con el Tingo.
- La Troncal Distrital E35 que atraviesa en todo su ancho (Amaguaña – Pífo).
- La Autopista Gral. Rumiñahui que atraviesa de forma longitudinal al cantón.
- El Boulevard Santa clara que une el sector de San Rafael con Sangolquí
- Av. Gral. Enríquez que une el sector del Triángulo con el centro de Sangolquí.

Figura 2

RED VIAL PRINCIPAL DEL CANTÓN



Nota. El gráfico indica las avenidas principales del Cantón Rumiñahui. Tomado de Google Maps

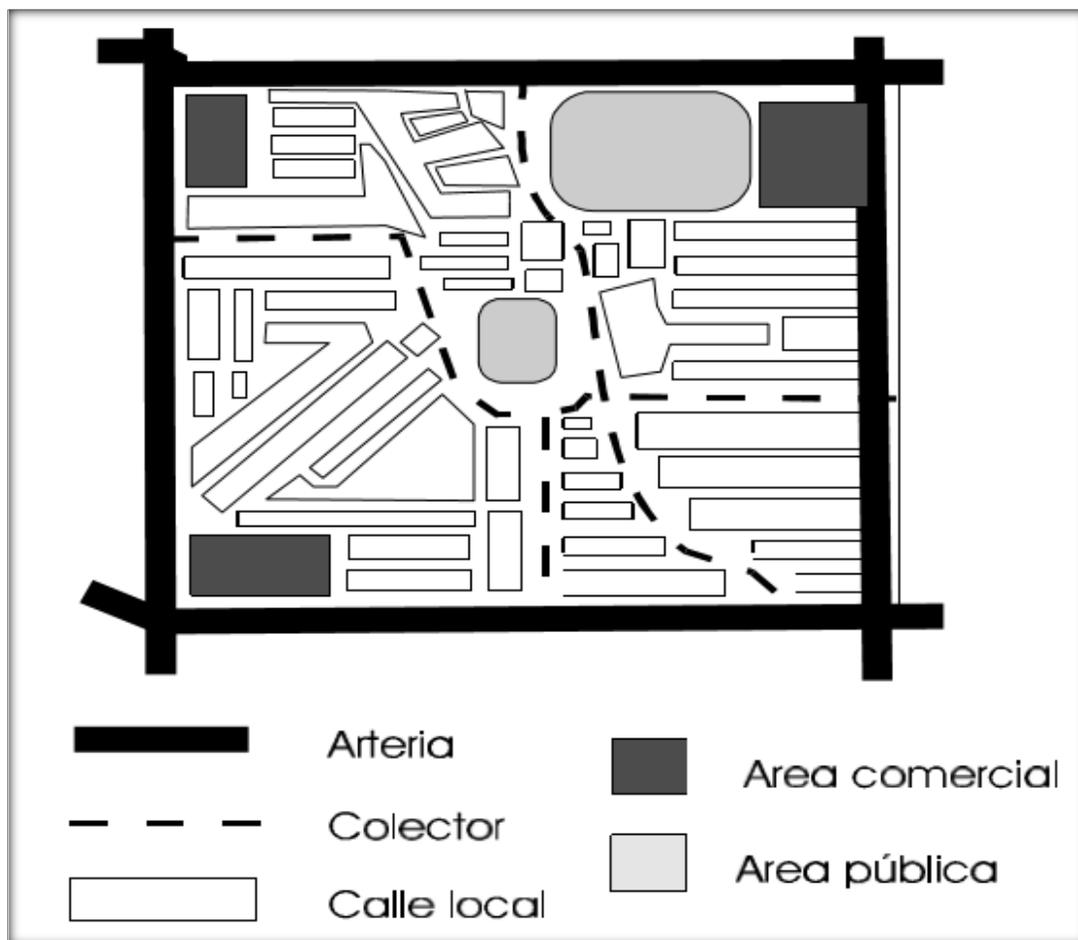
Conformación del Sistema Vial Urbano

La clasificación de un sistema urbano agrupa a calles y carreteras de acuerdo al carácter del servicio que deben proveer. La clasificación de vialidades es un poco complicada en áreas urbanas como en el caso de Sangolquí, debido a la alta densidad y uso de suelo por lo que se deben tomar en cuenta

consideraciones adicionales, tales como la continuidad de las vialidades, distancia entre intersecciones, accesibilidad de tal manera que pueda definir una red lógica y eficiente como se muestra en la siguiente figura. (SEDESOL, 1994).

Figura 3

JERARQUÍA DE MOVIMIENTOS DE UNA RED VIAL URBANA



Nota. La imagen nos indica la clasificación de las vías. Tomado de (SEDESOL, 1994), (p. 2).

Arterias Urbanas Principales

Son los corredores con más altos volúmenes vehiculares, con una proporción alta de la totalidad de los viajes urbanos, como es la Autopista General Rumiñahui y la E35 en Sangolquí. Son vías de acceso controlado parcialmente, este tipo de vía cuando la demanda del tránsito futuro lo amerite, se convertirán en vías de acceso controlado por lo que su derecho de vía deberá ser semejante a estas últimas. (SEDESOL, 1994).

Arterias Urbanas Menores

Complementa a las arterias principales, poniendo más énfasis en accesos y ofrece menos movilidad de tránsito que el sistema inmediatamente superior. Este sistema puede servir a rutas de autobuses locales y proveer continuidad entre comunidades. (SEDESOL, 1994).

Colectores Urbanos

Este sistema provee acceso y circulación de tránsito dentro de los vecindarios residenciales, áreas comerciales e industriales, colectando el tránsito de calles locales hacia el sistema vial primario. (SEDESOL, 1994).

Calles Locales

Ofrece el nivel más bajo de movilidad y por lo general, no deben llevar rutas de autobuses. Por las deficiencias en los sistemas viales de nuestras ciudades, esto muchas veces no se cumple. (SEDESOL, 1994).

Tipo de Investigación

Para esta investigación se centra específicamente en tener propósitos prácticos, inmediatos bien definidos, es decir, una investigación aplicada para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Para realizar investigaciones aplicadas es muy importante contar con el aporte de las teorías científicas que son producidas por la investigación básica y sustantiva. (Carrasco, 2006).

Con esta investigación se puede realizar una planificación vial que se puede entender que es necesario un conjunto de estudios para definir la función que debe cumplir una red viaria determinada, ordenando el conjunto de actuaciones a lo largo de un tiempo fijado, determinando las características del tránsito su composición y la velocidad, estableciendo la oportuna jerarquía y determinación de los medios que deben dedicarse a cada una de las fases para su correcta realización y así mismo las prioridades convenientes. (Bañón & Beví, 2000).

Características del Tránsito

El diseño de un camino y sus funciones, deberá considerar explícitamente los volúmenes de tránsito y las características del tránsito. Sin embargo, el volumen de tránsito puede indicar la necesidad de mejorar e influyen directamente en la sección de las características de diseño geométrico. Para lo cual se deben obtener datos de tránsito a partir de estudios de campo que incluyen los volúmenes de tránsito para los días del año y la hora del día, así como la distribución de vehículos por tipo y peso. Además, tomando en cuenta para realizar estudios de accidentabilidad, se deben verificar las

magnitudes de velocidad, volumen, densidad, separación entre vehículos, tiempos de recorrido y demoras. (AASHTO, 2011).

Composición del Tránsito

Se deben tener en cuenta también las características de operación de los vehículos, que son diferentes según los diversos tamaños y pesos de los mismos y permiten formar con ellos varias clases. La cantidad relativa de las diferentes clases de vehículos en el tránsito total es lo que se llama composición del tránsito. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Vehículo de diseño

Se lo llama a un tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean superiores a los de la mayoría de los vehículos de su clase. En este caso el vehículo de diseño es el vehículo liviano (A2) de altura máxima de 2.40 m, ancho 2.10 m y una longitud máxima de 5.80 m. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Velocidad

Es el indicador principal para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. En un sistema vial la velocidad es considerada como un parámetro de cálculo para la mayoría de los elementos del proyecto, y es necesario el estudio de la velocidad para mantener así un equilibrio entre el

usuario, el vehículo y la vía en busca de mayor seguridad. (Tapia & Veizaga, 2006).

Velocidad de Diseño

Es la velocidad relacionada con los aspectos de diseño geométrico de la infraestructura vial. (MTO, NEVI-12, 2013).

Tabla 1

RELACIÓN DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DISEÑO PARA CARRETERAS DE 2 CARRILES

Velocidad de diseño Km/h	Velocidad de Operación Km/h Promedio Volumen de Tránsito		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Nota. Esta tabla indica la velocidad de operación de acuerdo al volumen de tránsito.

Tomado del (MTO, NEVI-12, 2013).

Velocidad de Proyecto

Es la velocidad máxima (segura) y cómoda que se puede mantener sobre un tramo específico de vía, cuando las condiciones son lo suficientemente favorables para que las características de diseño de la vía gobiernen la operación del vehículo. La velocidad de proyecto debe ser seleccionada de acuerdo a la importancia o categoría de la futura vía, los volúmenes de tráfico, la

topografía de la región, uso del suelo y la disponibilidad de recursos económicos. Es importante mantener constante la velocidad de proyecto, pero dadas las limitaciones topográficas, esta velocidad puede variar en distintos tramos de la vía. (Tapia & Veizaga, 2006).

Velocidad de Operación

Conocida también como velocidad de circulación es la velocidad de un vehículo en un tramo específico de la carretera, su valor se obtiene dividiendo la distancia recorrida por el tiempo en que el vehículo se mueve para recorrer el tramo. Esta es la medida del servicio que presta la carretera y permite evaluar los costos y beneficios para los usuarios. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Velocidad Máxima

Según la Agencia Nacional de Transito del Ecuador en el Reglamento a la Ley del Transporte Terrestre Art. 191 los límites máximos y rangos moderados de velocidad vehicular permitidos en las vías públicas para vehículos livianos, motocicletas y similares. (ANT, 2016).

- Urbana 50 km/h
- Perimetral 90 km/h
- Carreteras 100 km/h

Modalidad de Investigación

La modalidad de investigación, para el presente trabajo es inicialmente cualitativo que es un proceso de organización, reducción y representación de la información que faciliten la descripción y la comprensión en profundidad de

problema, cuya naturaleza se basa en el proceso de análisis, continuos y dinámicos en el procesamiento de la información. (Armijos, 2006).

Cabe indicar, que el propósito de una investigación es el de encontrar la verdad desde distintos ángulos del conocimiento y es posible mezclar los enfoques cuantitativos y cualitativos, desde un enfoque aplicado y que genere resultados, por lo que cada ciencia mantiene sus propios métodos, categorías y especialidades. (Sampieri, 2014).

Posteriormente, se realizará un análisis cuantitativo para lo cual se recolectarán los conteos vehiculares en los diferentes puntos establecidos, para la obtención de variables de tráfico, a través del uso de fórmulas que son aplicadas en el estudio de la ingeniería de tráfico. (Tamayo, 2003).

Según (Gómez, 2004), indica que para atacar el problema de viabilidad se debe seguir cuatro pasos, que permitirán el planeamiento del mismo, de tal manera que la solución sea lógica y práctica. Estos cuatro pasos necesarios serían los siguientes:

- Recopilación de los datos
- Análisis de los datos
- Proposición correcta y detallada de soluciones
- Estudio de los resultados obtenidos

Identificación de los Puntos de Conteo

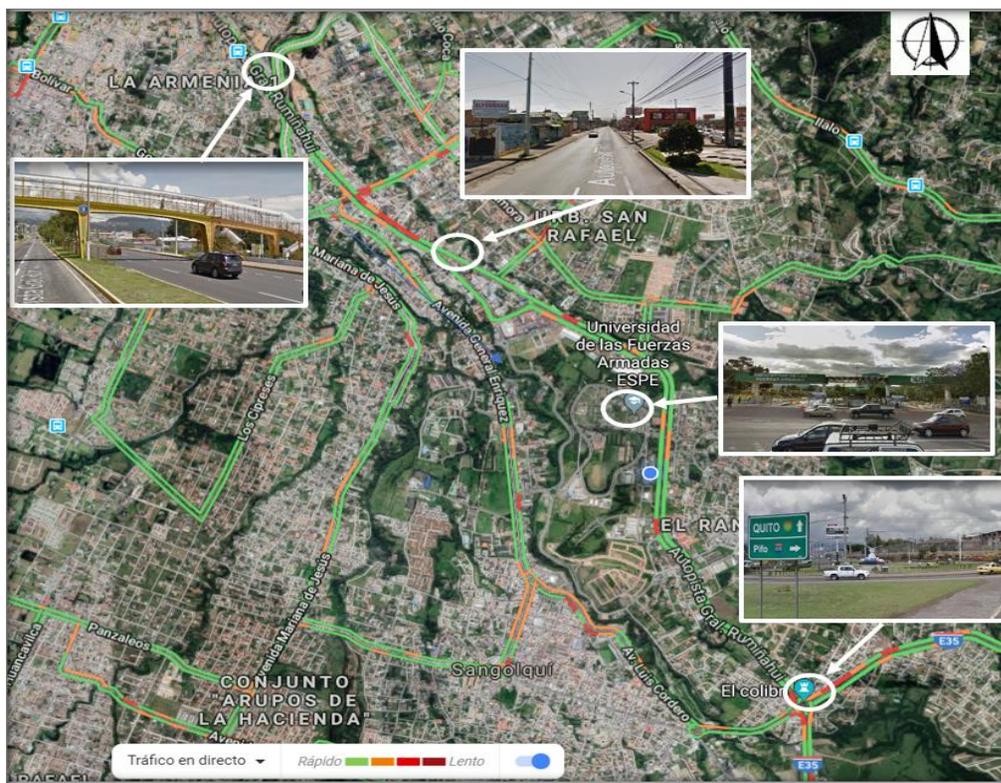
De acuerdo al (GADMUR, 2012), la red vial actual dificulta el tránsito periférico limitando la movilidad interna de la parroquia de Sangolquí, la falta de un anillo vial periférico al cantón, genera embotellamientos masivos y reduce la circulación interna a una velocidad aproxima de 10 Km/h en horas pico entre

semana y fines de semana. La compacidad vial de las zonas periféricas al área urbana es baja y genera recorridos largos, ya que el espacio urbano en sentido longitudinal cada vez se vuelve intransitable por lo que se genera un cuello de botella desde la autopista General Rumiñahui y la troncal E35 que viene desde Pifo, para lo cual se han ubicado los puntos y lugares de conflicto observados.

- Puente Nueve
- Sector del Pollo Gus
- Universidad de Fuerzas Armadas ESPE
- Colibrí.

Figura 4

PUNTOS DE CONTEO



Nota. La figura indica la ubicación de los puntos de conteo. Tomado de Google Maps

Metodología de Trabajo de Campo

Posteriormente a la identificación de los cuatro puntos de conteo vehicular, se colocan cinco cámaras de las cuales, dos cámaras se las ubica en el sector del Colibrí y las tres restantes en cada uno de los puntos anteriormente mencionados como se muestran en las siguientes figuras, las dos cámaras que se ubican en el Colibrí, es debido a que el campo de visibilidad es más extenso por la confluencia de cuatro vías en el mismo punto, que son la Av. Gral. Rumiñahui, la Av. Gral. Pintag y la E35 (Pifo – Amaguaña).

Estas cámaras se las deja por un lapso de siete días de acuerdo a la norma vigente, en los cuatro puntos anteriormente indicados para que grabaran durante estos días, las 24 horas del día y así obtener datos del conteo vehicular.

Figura 5

COLOCACIÓN DE LAS CÁMARAS SECTOR EL COLIBRÍ



Nota. La imagen indica la colocación de las cámaras en el redondel del Colibrí.

Figura 6**CÁMARA EN LA ENTRADA PRINCIPAL ESPE**

Nota. En la imagen se indica la colocación de una cámara para el conteo vehicular

Figura 7**CÁMARA SECTOR DEL POLLO GUS**

Nota. En la imagen se indica la colocación de una cámara para el conteo vehicular

Figura 8**CÁMARA SECTOR PUENTE NUEVE (ARMENIA I)**

Nota. En la imagen se indica la ubicación de una cámara para el conteo vehicular

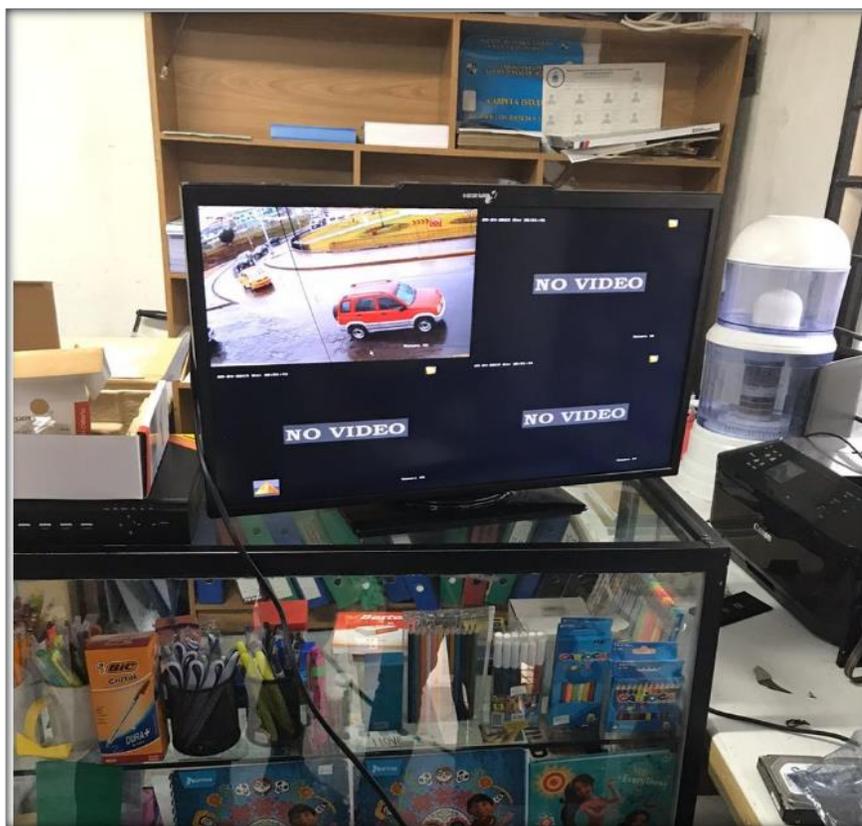
Validación de Datos

Los datos principales de flujo vehicular que se logra obtener desde el jueves 26 de septiembre hasta el miércoles 2 de octubre del 2019, durante las 24 horas del día y los siete días de la semana como se indica en la siguiente figura son con el uso de cámaras de video colocadas en los puntos de interés del proyecto de investigación, esto para un periodo de observación como lo

indica (MOP, 2003), un conteo manual de siete días seguidos y no esté afectada por eventos especiales.

Figura 9

FILMACIÓN DE LA CÁMARA DE VIDEO SECTOR EL COLIBRÍ



Nota. Se identifica que la cámara en el colibrí está operando correctamente.

Además, se realiza un conteo o aforo vehicular in situ en cada uno de los puntos en horas pico de la tarde simultáneamente, en el horario de las 17:00 hasta las 19:00 de acuerdo a como se visualiza en la siguiente figura, conjuntamente con esta toma de datos se validó, los conteos de los videos grabados. Las horas pico seleccionadas para el conteo in situ, se las toma de

acuerdo a la información proporcionada por la Dirección de Movilidad de Transporte del GAD del Cantón de Rumiñahui para el año 2011, en cada sector y en doble sentido como se muestra a continuación en el Trébol, el Peaje, sector el Triángulo y por último la ESPE.

Figura 10

VOLÚMENES DE TRÁFICO GAD RUMIÑAHUI 2011

HORA	TREBOL		PEAJE		TRIANGULO		ESPE	
	VALLE - QUITO	QUITO - VALLE						
6:00 - 7:00	3.691	1.824	1.516	726	2.640	1.578	1.996	1.176
7:00 - 8:00	5.050	3.725	5.370	4.600	6.215	4.860	3.040	2.600
8:00 - 9:00	6.620	2.640	4.070	2.840	4.240	4.375	2.200	1.209
9:00 - 10:00	3.570	1.770	3.370	2.450	3.905	2.840	1.577	1.133
10:00 - 11:00	4.260	1.620	2.765	2.270	3.585	1.180	953	867
11:00 - 12:00	5.670	1.905	1.920	2.200	3.105	2.890	1.578	880
12:00 - 13:00	4.140	1.605	2.460	1.690	3.565	3.905	1.895	1.612
13:00 - 14:00	1.905	1.245	2.420	3.150	3.700	4.115	1.890	2.155
14:00 - 15:00	1.670	2.820	3.080	4.800	2.605	4.805	1.785	2.371
15:00 - 16:00	1.770	3.060	3.000	3.960	2.615	4.405	888	1.555
16:00 - 17:00	1.905	3.330	3.340	4.440	3.855	5.120	1.670	1.605
17:00 - 18:00	3.460	5.560	3.370	5.110	4.115	5.445	1.644	2.080
18:00 - 19:00	2.780	4.080	3.425	7.260	2.090	5.340	1.315	2.815
19:00 - 20:00	1.175	4.380	2.045	6.500	850	4.870	657	2.185
20:00 - 21:00	265	2.130	540	2.640	350	3.155	177	982
21:00 - 22:00	150	1.500	180	1.450	250	1.000	120	300

Nota: Tomado de la Dirección de Movilidad de Transporte del GAD Rumiñahui.

Fundamentación Legal

Mediciones de Flujo

De acuerdo a la (MTO, NEVI-12, 2013), para la contabilización vehicular se la puede realizar de forma manual y automática, la forma manual se

la realiza en la vía, mientras que la automática se usa instrumentos que registran pulsos generados por algún sensor, estas mediciones de flujo vehicular entregan información esencial para los estudios de gestión e inversiones de infraestructura de transporte. Si las mediciones serán utilizadas para efectos de simulación y modelación, la contabilización deberá ser totalizada a intervalos de 15 minutos, diferenciado por sentido de circulación o movimiento y por tipo de vehículo.

Métodos de Aforo

Aforo Manual: son los más costosos dado que emplean personal calificado para su realización, ya que se ubican en una sección de la carreta y realiza el conteo de todos los vehículos, bien sea por formularios o por medio de pulsadores. La efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto. Este tipo de aforo se realizó para poder la tabla de volumen de tráfico de una semana entre el Puente Nueve y el redondel del Colibrí. (Bañón & Beví, 2000).

Aforo Automático: usan mecanismos automáticos que detectan el paso de vehículos, procediendo a su conteo y posterior almacenamiento, y los más utilizados son los neumáticos que es un tubo de goma que se coloca transversalmente sobre la calzada. (Bañón & Beví, 2000).

Aforos Móviles: se lo realiza el conteo desde otro vehículo en movimiento integrado al flujo de tráfico. (Bañón & Beví, 2000).

Aforo Fotográfico: se basa en el control aéreo de la circulación, aprovechando los medios de los que se dispones para la vigilancia del tráfico, este método es caro y poco usual. (Bañón & Beví, 2000).

Tamaño Muestral

Siguiendo a la normativa del (MTOPI, NEVI-12, 2013), como regla general deberán efectuarse mediciones durante a lo menos dos (2) horas continuas para cada periodo, en los casos en que el flujo vehicular sea superior a 250 Veh/h, para este caso se lo realizó para la validación de datos en el conteo in situ.

Además, se debe considerar que como mínimo debiera hacerse 2 conteos de 24 horas en cada temporada, uno en día miércoles, alejado de la influencia de feriados, y otro en día domingo. En algunas temporadas, en lugar del conteo del día domingo puede contarse el último día de un fin de semana largo. (MTOPI, NEVI-12, 2013).

Por otra parte, de acuerdo al (MOP, 2003) indica para un estudio definitivo, se debe tener por lo menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana que no esté afectada por eventos especiales, de esta manera se realizó el conteo vehicular durante siete días de 24 horas como se indicará más adelante.

Consideraciones Generales

A continuación, se describen algunas pautas prácticas que es necesario tomar en cuenta:

- Los formularios deben ser diseñados de forma, que faciliten la lectura y escritura de la información; en especial toda la información que deba ser recogida en forma simultánea debe poder registrarse en una misma página. (MTOPI, NEVI-12, 2013).

- Se debe incluir en los formularios información relativa el estado del clima y la vía, como por ejemplo si hay lluvia, neblina y si la vía es transitable o tráfico interrumpido por accidente. (MTOPI, NEVI-12, 2013).
- El flujo vehicular por tipología y periodo, adoptado para efectos de simulación y evaluación, será el promedio horario de las mediciones efectuadas. (MTOPI, NEVI-12, 2013).
- Si el flujo es superior a 1000 Veh/h en promedio, se recomienda efectuar filmaciones en remplazo de los conteos manuales de apoyo. (MTOPI, NEVI-12, 2013).

Recopilación de datos

Para la obtención de los datos de campo se utiliza la matriz de acuerdo a la siguiente figura, en donde indica horas, tipo de vehículo, la fecha, ubicación y dirección del flujo del tráfico por periodos de 15 minutos, tomando en cuenta la normativa vigente y las consideraciones generales anteriormente mencionadas.

Con esta tabla se procede a la obtención de la información del volumen de tráfico y el cálculo del TPDA de la semana de estudio, para la caracterización del nivel de servicio de la vía.

Figura 11**FORMULARIO DE CONTEO VEHICULAR**

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO							
UBICACIÓN		SENTIDO					
DÍA DE LA SEMANA		FECHA					
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS
	00:00 - 00:15						
	00:15 - 00:30						
	00:30 - 00:45						
	00:45 - 01:00						
TOTAL							

Nota. En la figura se establece el formato para el conteo vehicular en cada punto de control.

Capacidad

Es el máximo número de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar dicha sección durante un determinado período de tiempo normalmente una hora para unas condiciones particulares de la vía y del tráfico, es decir es la máxima intensidad capaz de albergar una vía sin colapsarse. (Bañón & Bevíá, 2000).

La capacidad depende de las características propias de la vía, geometría, estado del pavimento y sobre todo del tráfico, especialmente su composición. Además, se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento. (Bañón & Bevíá, 2000).

De acuerdo a la (AASHTO, 2011), el diseño geométrico y los niveles de capacidad se basaron en una clasificación de rangos de volúmenes de tránsito, bajo un sistema de clasificación funcional, los criterios varían según la función del camino, mientras que los volúmenes sirven para refinar más los criterios de diseño para cada clase.

Volumen

En ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y/o peatones, estos conteos se realizan para obtener estimaciones de volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad. (Cárdenas & Cal, 2007).

El volumen de tránsito se puede definir como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados, de un carril o de una calzada, durante un periodo determinado, o como una cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo y se expresa como: (Cárdenas & Cal, 2007).

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

Q = vehículos que pasan por unidad de tiempo

N = número total de vehículos que pasan

T = período determinado (tiempo)

Volúmenes de Tránsito Promedio Diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo, y dependiendo al número de días de este período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diarios, dados en vehículos por día. (Cárdenas & Cal, 2007)

Tránsito promedio diario anual (TPDA)

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

Tránsito promedio diario mensual (TPDM)

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

Tránsito promedio diario semanal (TPDS)

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

Cálculo del TPDA

Según la (MTO, NEVI-12, 2013), para el cálculo del TPDA se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será el contado en ese sentido.

- En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones, por lo general será similar en ambos sentidos.
- Para las autopistas el TPDA se tomará en cada sentido por lo que interviene el Flujo Direccional que es el 1% de vehículos en cada sentido de la vía

Para llegar a obtener el TPDA se debe tener cuatro factores de variación que son:

Factor Horario (FH): permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Factor Diario (FD): transforma el volumen de tráfico diario promedio en volumen semanal promedio. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Factor Semanal (FS): transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio. (MTOP, NEVI-12, 2013).

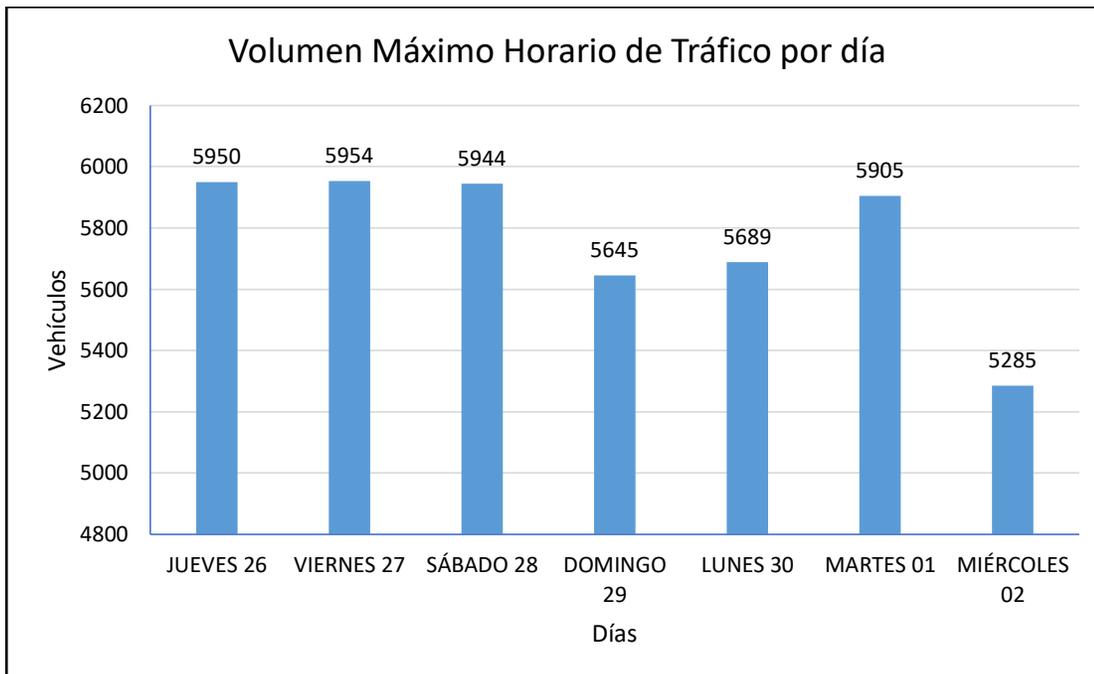
Factor Mensual (FM): transforma el volumen mensual promedio de tráfico en Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA). (MTOP, NEVI-12, 2013).

A continuación, se muestra las tablas recopiladas del conteo vehicular en doble sentido por sector y los histogramas que indican el volumen de tráfico máximo diario en cada punto establecido, desde el jueves 26 de septiembre hasta el miércoles 02 de octubre del 2019.

Sector Puente Nueve:**Tabla 2***VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR PUENTE**NUEVE*

N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
1	00:00 - 01:00	251	249	142	46	159	222	207
2	01:00 - 02:00	225	224	118	73	105	187	144
3	02:00 - 03:00	122	121	126	144	107	126	115
4	03:00 - 04:00	346	345	192	110	109	194	177
5	04:00 - 05:00	718	715	708	619	600	705	643
6	05:00 - 06:00	1919	1911	1587	1758	1869	1906	1736
7	06:00 - 07:00	4417	4399	4835	4230	4099	4016	3663
8	07:00 - 08:00	5552	5529	4589	5084	5405	5514	5022
9	08:00 - 09:00	5224	5202	5718	5003	4847	4749	4332
10	09:00 - 10:00	5335	5312	4409	4885	5194	5298	4825
11	10:00 - 11:00	5729	5705	4752	5486	5316	5208	4751
12	11:00 - 12:00	5843	5819	4830	5351	5689	5803	5285
13	12:00 - 13:00	5512	5488	4528	5278	5114	5010	4571
14	13:00 - 14:00	5324	5301	4400	4875	5079	5181	4719
15	14:00 - 15:00	5320	5298	5823	5094	5037	4935	4502
16	15:00 - 16:00	5338	5316	4412	4889	5093	5196	4732
17	16:00 - 17:00	5431	5408	5944	5200	5141	5037	4595
18	17:00 - 18:00	5950	5925	4918	5449	5677	5791	5274
19	18:00 - 19:00	5911	5954	4820	5645	5484	5905	4965
20	19:00 - 20:00	5874	5832	4296	4241	4127	4374	3807
21	20:00 - 21:00	5437	5477	3671	3681	3933	4252	3543
22	21:00 - 22:00	4853	4818	2939	2901	2823	2992	2605
23	22:00 - 23:00	3420	3445	1912	1917	2048	2214	1845
24	23:00 - 24:00	1836	1823	921	909	885	938	816
	TOTAL	95886	95615	80592	82867	83939	85754	76875

Nota. En esta tabla el TPDS, es la suma todos los días, las 24 horas del día y dividido para siete.

Figura 12**VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR PUENTE NUEVE**

Nota. En esta gráfica se evidencia, que el día de mayor congestión vehicular es el día viernes 27 de septiembre del 2019 y su hora pico es de 18:00 a 19:00.

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

$$TPDS = \frac{95886 + 95615 + 80592 + 82867 + 83939 + 85754 + 76875}{7}$$

$$TPDS = 85933 \text{ vehí. mixtos/día (sector Puente Nueve)}$$

Según la (MTO, NEVI-12, 2013), en la siguiente tabla se muestra la clasificación a las carreteras y caminos de acuerdo al volumen de tráfico que procesa o que se estima procesar en el año horizonte o de diseño de algún proyecto.

Tabla 3**CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS VÍAS EN BASE AL TPDA**

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Nota: Esta tabla muestra la clasificación de la vía de acuerdo al TPDA. Tomado del (MTOP, NEVI-12, 2013).

Por consiguiente, según la tabla 3 la configuración de la Av. Gral.

Rumiñahui corresponde a una AP2, en concordancia con la tabla de datos del aforo vehicular. Pero únicamente dicha avenida es solamente una carretera multicarril, la cual no abastece la demanda vehicular diaria.

De acuerdo a (Cárdenas & Cal, 2007), antes de que se generalicen los resultados y de acuerdo a su comportamiento, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así estar seguros con cierto nivel de confiabilidad, en el análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual (TPDA), se estima con base a la media muestral o tránsito promedio diario semanal TPDS, según la siguiente expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

A = máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS

Como se observa, el valor de A , sumando o restando del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA. En la distribución normal, los niveles de confiabilidad del 90% y 95% de la constante K son 1,64 y 1,96 respectivamente, y para un determinado nivel de confiabilidad el valor de A es: (Cárdenas & Cal, 2007).

$$A = K * \sigma$$

K = número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad

σ = desviación estándar poblacional

Una expresión para determinar el valor estimado de la desviación estándar poblacional es:

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

n = tamaño de la muestra en número de días del aforo

N = tamaño de la población en número de días del año

S = desviación estándar de la distribución de volúmenes de tránsito diario

La desviación estándar muestral S se calcula

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

TDi = volumen de tránsito del día i

El intervalo del TPDA en el Puente Nueve es teniendo un nivel de confiabilidad del 90%, cuyo valor de K = 1.64, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(95886 - 85933)^2 + (95615 - 85933)^2 + \dots + (76875 - 85933)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 7266 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{7266}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 2724 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 85933 \pm 1.64 * 2724$$

$$TPDA = 85933 \pm 4467$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector del Puente Nueve es:

$$81466 \text{ veh. mixtos/día} \leq TPDA \leq 90400 \text{ veh. mixtos/día}$$

Sector Pollo Gus:

Tabla 4

VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR POLLO GUS

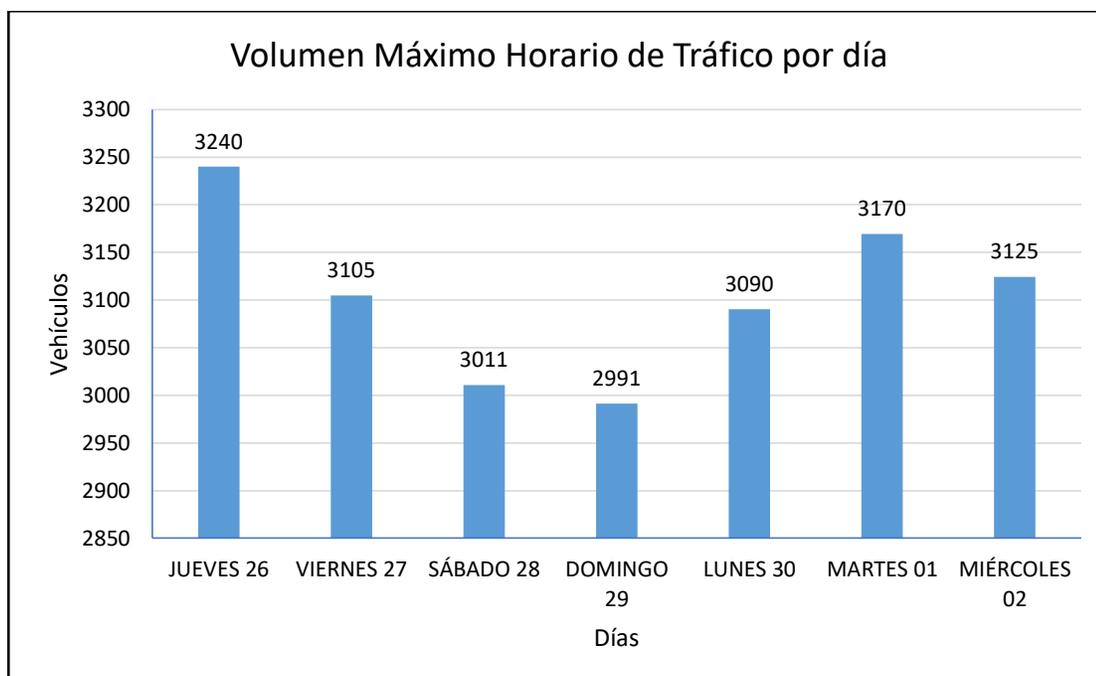
N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
1	00:00 - 01:00	136	131	64	23	80	112	113
2	01:00 - 02:00	122	117	72	40	57	102	85
3	02:00 - 03:00	66	63	57	72	54	63	63
4	03:00 - 04:00	189	181	118	60	59	106	104
5	04:00 - 05:00	391	375	317	309	303	355	352
6	05:00 - 06:00	1045	1002	971	965	1015	1041	1026
7	06:00 - 07:00	2405	2305	2165	2112	2070	2022	2007
8	07:00 - 08:00	3023	2897	2810	2791	2936	3012	2969
9	08:00 - 09:00	2845	2726	2560	2498	2448	2391	2373
10	09:00 - 10:00	2905	2784	2700	2682	2822	2894	2853
11	10:00 - 11:00	3120	2990	2808	2739	2685	2622	2602
12	11:00 - 12:00	3182	3049	2957	2938	3090	3170	3125
13	12:00 - 13:00	3001	2876	2701	2635	2583	2522	2504
14	13:00 - 14:00	2899	2778	2694	2677	2759	2830	2790
15	14:00 - 15:00	2897	2776	2607	2544	2544	2484	2466
16	15:00 - 16:00	2907	2786	2702	2684	2767	2838	2798
17	16:00 - 17:00	2957	2834	2662	2597	2597	2536	2517

N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
18	17:00 - 18:00	3240	3105	3011	2991	3084	3163	3118
19	18:00 - 19:00	2990	2647	2980	2865	2954	3015	3054
20	19:00 - 20:00	2296	2593	2656	2652	2680	2740	2771
21	20:00 - 21:00	2750	2435	2270	2183	2250	2297	2326
22	21:00 - 22:00	1897	2142	1817	1814	1833	1874	1896
23	22:00 - 23:00	1730	1531	1182	1137	1172	1196	1212
24	23:00 - 24:00	718	810	569	568	574	587	594
TOTAL		49712	47934	45449	44577	45416	45971	45718

Nota. En esta tabla indica los siete días de la semana y las 24 horas para obtener el TPDA en el sector del Pollo Gus.

Figura 13

VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR POLLO GUS



Nota. Se evidencia en la figura, que el día de mayor congestión vehicular es el día jueves 26 de septiembre del 2019 y su hora pico es de 17:00 a 18:00 en el sector del Pollo Gus.

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

$$TPDS = \frac{49712 + 47934 + 45449 + 44577 + 45416 + 45971 + 45718}{7}$$

$$TPDS = 46397 \text{ vehí. mixtos/día (sector pollo Gus)}$$

Con el TPDS que se obtiene y de acuerdo a la tabla 3, la configuración de la Av. Gral. Rumiñahui en el sector del pollo Gus, nos indica que es una AV2, pero únicamente dicha avenida es solamente una carretera de dos carriles que no cumple con la demanda actual.

El intervalo del TPDA en el sector del pollo Gus, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(49712 - 46397)^2 + (47934 - 46397)^2 + \dots + (45718 - 46397)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 1787 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{1787}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 670 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 46397 \pm 1.64 * 670$$

$$TPDA = 46397 \pm 1099$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector del pollo Gus es:

$$45298 \text{ vehí. mixtos/día} \leq TPDA \leq 47496 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Sector ESPE:

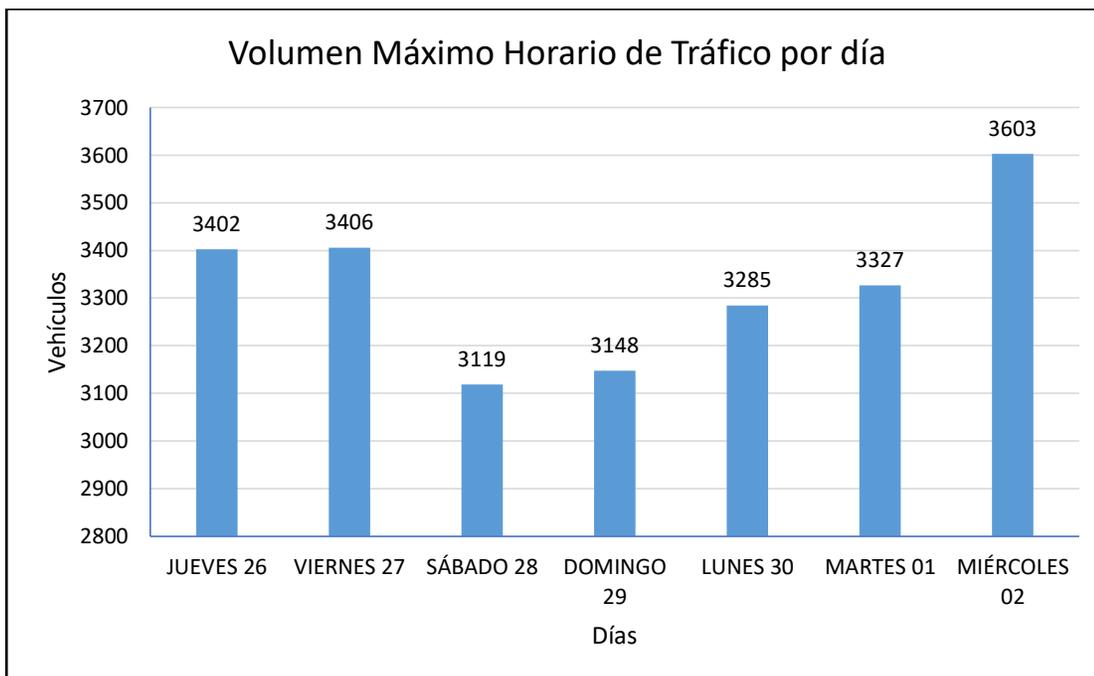
Tabla 5

VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR ESPE

N°	HORA	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
		26	27	28	29	30	01	02
1	00:00 - 01:00	143	137	73	24	83	120	136
2	01:00 - 02:00	128	123	70	42	60	105	99
3	02:00 - 03:00	70	67	65	75	56	68	76
4	03:00 - 04:00	198	190	113	63	63	109	121
5	04:00 - 05:00	411	394	366	324	315	381	423
6	05:00 - 06:00	1097	1052	932	1015	1079	1069	1186
7	06:00 - 07:00	2526	2421	2500	2214	2149	2170	2409
8	07:00 - 08:00	3174	3043	2697	2937	3121	3092	3431

N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
9	08:00 - 09:00	2987	2863	2711	2619	2542	2566	2849
10	09:00 - 10:00	3050	2924	2591	2822	2999	2971	3296
11	10:00 - 11:00	3276	3140	2688	2872	2788	2814	3124
12	11:00 - 12:00	3341	3120	2838	3091	3285	3254	3502
13	12:00 - 13:00	3151	3021	3119	2763	2682	2707	3006
14	13:00 - 14:00	3044	2918	2586	2816	2933	2905	3224
15	14:00 - 15:00	3042	2916	2589	2667	2641	2666	2961
16	15:00 - 16:00	3052	2926	2593	2824	2941	2913	3233
17	16:00 - 17:00	3105	2976	3073	2722	2696	2722	3022
18	17:00 - 18:00	3402	3261	2890	3148	3278	3247	3603
19	18:00 - 19:00	3024	3406	2665	2902	3041	3327	3303
20	19:00 - 20:00	2963	3336	2375	2096	2086	2280	2267
21	20:00 - 21:00	2782	3133	2030	2211	2316	2534	2516
22	21:00 - 22:00	3106	2756	1625	1434	1427	1560	1551
23	22:00 - 23:00	1749	1970	1057	1151	1206	1320	1310
24	23:00 - 24:00	1175	1043	509	449	447	489	486
	TOTAL	53997	53135	44755	45284	46235	47389	51133

Nota. En esta tabla indica los siete días de la semana y las 24 horas para obtener el TPDA en el sector de la ESPE.

Figura 14**VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR ESPE**

Nota. Se indica que el día de mayor volumen vehicular es el miércoles 02 de octubre del 2019 y su hora pico es de 17:00 a 18:00 en el sector de la ESPE.

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

$$TPDS = \frac{53997 + 53135 + 44755 + 45284 + 46235 + 47389 + 51133}{7}$$

$$TPDS = 48847 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE)}$$

Con el TPDS que se calcula y de acuerdo a la tabla 3 la configuración de la Av. Gral. Rumiñahui en el sector de la ESPE, nos indica que es una AV2, pero únicamente, dicha avenida es solamente una carretera de dos carriles que no abastece la demanda vehicular.

El intervalo del TPDA en el sector de la ESPE, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(53997 - 48847)^2 + (53135 - 48847)^2 + \dots + (51133 - 48847)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 3841 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{3841}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 1440 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 48847 \pm 1.64 * 1440$$

$$TPDA = 48847 \pm 2361$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector de la ESPE es:

$$46486 \text{ vehí. mixtos/día} \leq \text{TPDA} \leq 51208 \text{ vehí. mixtos/día}$$

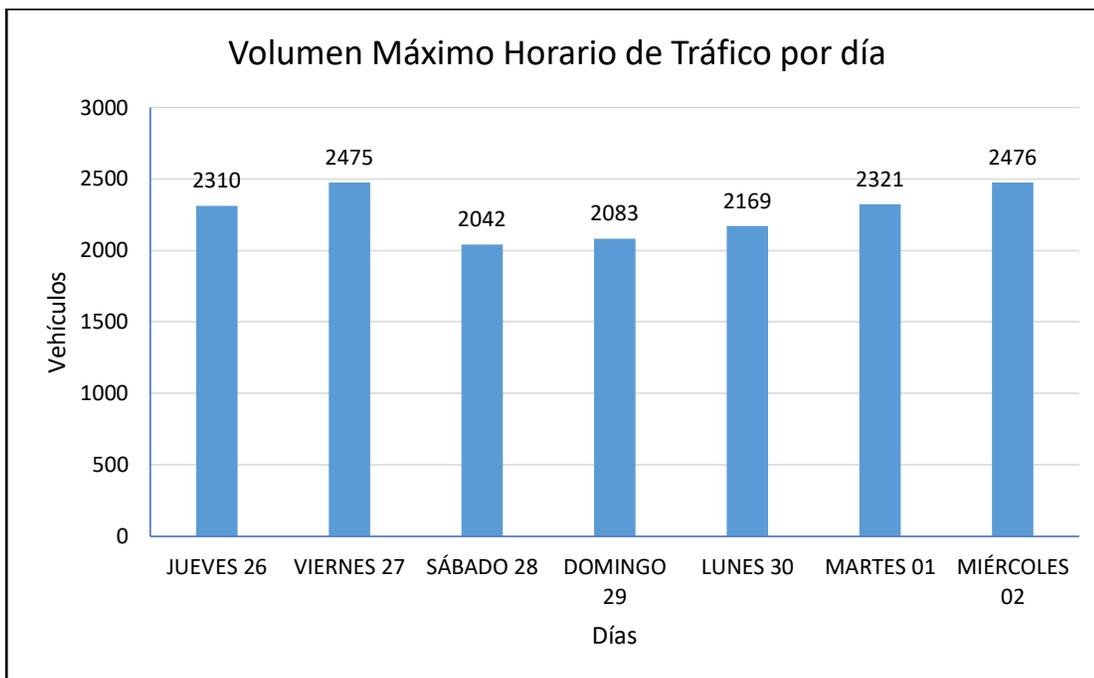
Sector Colibrí: ESPE - Colibrí

Tabla 6

VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR ESPE - COLIBRÍ

N°	HORA	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
		26	27	28	29	30	01	02
1	00:00 - 01:00	97	101	56	20	67	92	102
2	01:00 - 02:00	87	90	49	28	40	74	68
3	02:00 - 03:00	47	49	49	61	45	52	57
4	03:00 - 04:00	134	139	80	42	42	77	83
5	04:00 - 05:00	279	288	277	263	255	291	317
6	05:00 - 06:00	745	770	659	672	714	752	815
7	06:00 - 07:00	1715	1773	1893	1794	1741	1658	1807
8	07:00 - 08:00	2156	2228	1905	1944	2065	2175	2358
9	08:00 - 09:00	2028	2097	1845	1897	2059	1961	2137
10	09:00 - 10:00	2071	2141	1831	1868	1984	2090	2265
11	10:00 - 11:00	2224	2299	1897	1985	2098	2150	2343
12	11:00 - 12:00	2269	2345	2005	2046	2135	2212	2425
13	12:00 - 13:00	2140	2212	1985	1902	2130	2069	2254
14	13:00 - 14:00	2067	2137	1827	1864	1941	2044	2215
15	14:00 - 15:00	2065	2135	1814	1867	1950	2038	2220
16	15:00 - 16:00	2073	2143	1832	1869	2140	2049	2222
17	16:00 - 17:00	2108	2180	1956	1956	2103	2080	2266
18	17:00 - 18:00	2310	2388	2042	2083	2169	2284	2476
19	18:00 - 19:00	2283	2475	1981	1974	2068	2321	2305
20	19:00 - 20:00	2150	2424	1766	1712	1563	1299	1598
21	20:00 - 21:00	2100	2277	1509	1503	1127	1261	1260
22	21:00 - 22:00	2173	2003	1208	1171	1023	1156	863
23	22:00 - 23:00	1321	1432	786	783	587	657	656
24	23:00 - 24:00	822	758	378	367	674	760	748
	TOTAL	37465	38882	31631	31668	32721	33600	35860

Nota. En esta tabla se encuentra los datos de una semana en el sector ESPE – Colibrí.

Figura 15**VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR ESPE – COLIBRÍ**

Nota. En esta figura se puede identificar que el día de mayor volumen vehicular es el día miércoles 02 de octubre del 2019 y su hora pico es de 17:00 a 18:00, sector del Colibrí, de doble sentido ESPE – Colibrí.

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

$$TPDS = \frac{37465 + 38882 + 31631 + 31668 + 32721 + 33600 + 35860}{7}$$

$$TPDS = 34547 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE – Colibrí)}$$

Se calcula el TPDS y de acuerdo a la tabla 3, la configuración de la Av. Gral. Rumiñahui en el sector de la ESPE - Colibrí, nos indica que es una AV2,

pero únicamente, dicha avenida es solamente una carretera de dos carriles que no abastece la demanda vehicular.

El intervalo del TPDA en el sector de la ESPE - Colibrí, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(37465 - 34547)^2 + (38882 - 34547)^2 + \dots + (35860 - 34547)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 2888 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{2888}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 1083 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 34547 \pm 1.64 * 1083$$

$$TPDA = 34547 \pm 1776$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector de la ESPE - Colibrí es:

$$32771 \text{ vehí. mixtos/día} \leq \text{TPDA} \leq 36323 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Sector Colibrí: Pintag – Colibrí

Tabla 7

VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR PINTAG – COLIBRÍ

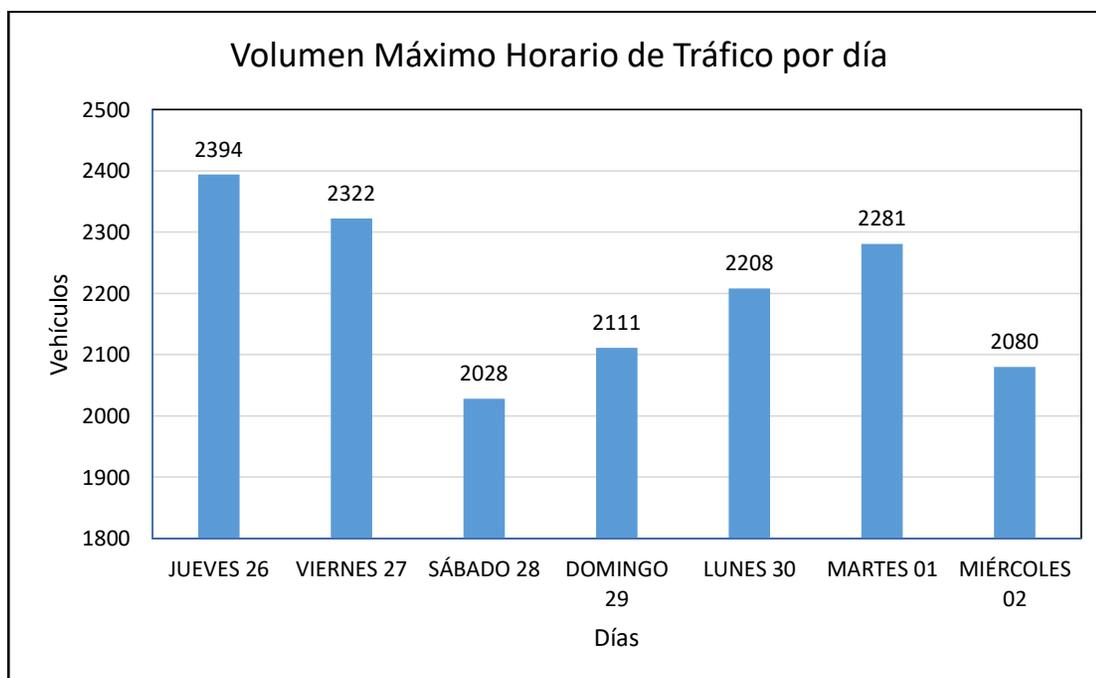
N°	HORA	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
		26	27	28	29	30	01	02
1	00:00 - 01:00	96	99	54	19	67	88	85
2	01:00 - 02:00	86	89	49	27	39	75	61
3	02:00 - 03:00	47	48	48	61	45	50	47
4	03:00 - 04:00	133	137	80	41	41	78	75
5	04:00 - 05:00	275	285	270	261	253	278	265
6	05:00 - 06:00	735	762	659	663	704	769	733
7	06:00 - 07:00	1691	1754	1846	1783	1729	1582	1511
8	07:00 - 08:00	2126	2204	1907	1918	2037	2223	1920
9	08:00 - 09:00	2000	2074	1930	2009	2045	1871	1787
10	09:00 - 10:00	2042	2118	1833	1842	1957	2136	2037
11	10:00 - 11:00	2193	2274	1986	2013	2150	2052	1959
12	11:00 - 12:00	2237	2320	2007	2018	2143	2240	1931
13	12:00 - 13:00	2110	2188	1985	2025	2158	1974	1885
14	13:00 - 14:00	2038	2113	1829	1839	1914	2089	1992
15	14:00 - 15:00	2037	2112	2019	2048	2125	1944	1857
16	15:00 - 16:00	2044	2119	1834	1844	1919	2095	1997
17	16:00 - 17:00	2079	2156	1998	2092	2169	1985	1895
18	17:00 - 18:00	2278	2265	2001	2055	2139	2235	1926
19	18:00 - 19:00	2394	2322	2028	2111	2208	2281	2080
20	19:00 - 20:00	2223	2274	1808	1677	1666	1716	1585
21	20:00 - 21:00	2202	2136	1545	1608	1682	1637	1584
22	21:00 - 22:00	1836	1879	1237	1147	1140	1174	1085
23	22:00 - 23:00	1385	1343	805	837	876	905	825

N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
24	23:00 - 24:00	695	711	387	359	357	368	340
	TOTAL	36982	37783	32144	32297	33564	33846	31462

Nota. En esta tabla se identifica que el día de mayor volumen vehicular es el jueves 26 de septiembre del 2019 y su hora pico es de 18:00 a 19:00 en el sector del Colibrí, en el doble flujo Pintag – Colibrí.

Figura 16

VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR PINTAG – COLIBRÍ



Nota: En esta imagen se identifica que el día de mayor volumen de tráfico es el día jueves 26 de septiembre del 2019.

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

$$TPDS = \frac{36982 + 37783 + 32144 + 32297 + 33564 + 33846 + 31462}{7}$$

$$TPDS = 34011 \text{ veh. mixtos/día (sector Pintag – Colibrí)}$$

Con este TPDS que se obtiene y de acuerdo a la tabla 3, la configuración de la Av. Gral. Pintag en el sector del Colibrí, la carretera de doble sentido que es de Pintag - Colibrí, nos indica que es una AV2, pero únicamente, la avenida posee dos carriles en cada sentido lo que no abastece la demanda vehicular en horas pico y siendo más aún, un eje principal que es la E35.

El intervalo del TPDA en el sector de la Pintag – Colibrí, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(36982 - 34011)^2 + (37783 - 34011)^2 + \dots + (31462 - 34011)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 2456 \text{ veh. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{2456}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 921 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 34011 \pm 1.64 * 921$$

$$TPDA = 34011 \pm 1510$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector de Pintag - Colibrí es:

$$32501 \text{ vehí. mixtos/día} \leq TPDA \leq 35521 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Sector Colibrí: Amaguaña – Colibrí

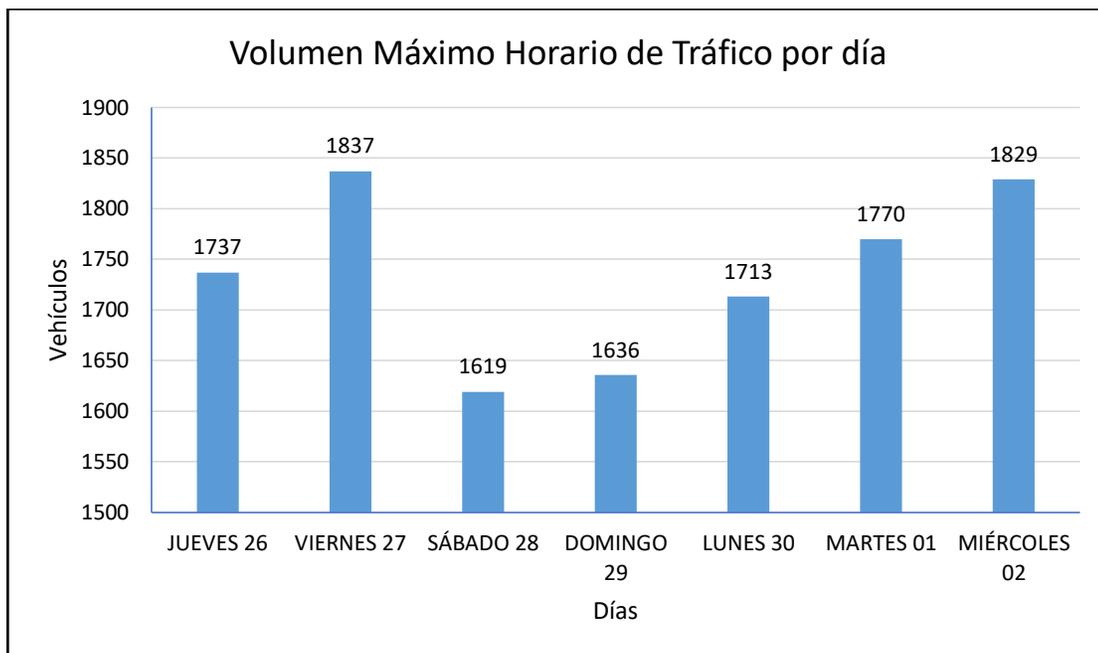
Tabla 8

VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR AMAGUAÑA
– COLIBRÍ

N°	HORA	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
		26	27	28	29	30	01	02
1	00:00 - 01:00	73	77	41	15	53	74	82
2	01:00 - 02:00	66	69	39	21	30	54	49
3	02:00 - 03:00	35	37	37	48	35	42	46
4	03:00 - 04:00	101	107	63	32	31	56	60
5	04:00 - 05:00	210	222	206	205	199	236	256
6	05:00 - 06:00	560	592	522	508	541	547	594
7	06:00 - 07:00	1290	1362	1405	1401	1358	1343	1460
8	07:00 - 08:00	1621	1712	1511	1470	1563	1582	1617

N°	HORA	JUEVES 26	VIERNES 27	SÁBADO 28	DOMINGO 29	LUNES 30	MARTES 01	MIÉRCOLES 02
9	08:00 - 09:00	1525	1611	1502	1556	1606	1588	1620
10	09:00 - 10:00	1557	1645	1452	1413	1502	1520	1650
11	10:00 - 11:00	1672	1767	1610	1535	1523	1642	1793
12	11:00 - 12:00	1706	1802	1590	1547	1545	1564	1707
13	12:00 - 13:00	1609	1700	1453	1520	1594	1576	1722
14	13:00 - 14:00	1554	1642	1449	1410	1469	1486	1613
15	14:00 - 15:00	1553	1641	1592	1403	1569	1550	1794
16	15:00 - 16:00	1558	1646	1453	1414	1473	1490	1618
17	16:00 - 17:00	1585	1675	1528	1430	1603	1586	1731
18	17:00 - 18:00	1737	1835	1619	1576	1642	1661	1803
19	18:00 - 19:00	1711	1837	1564	1636	1713	1770	1829
20	19:00 - 20:00	1639	1799	1394	1281	1273	1515	1558
21	20:00 - 21:00	1574	1690	1191	1246	1305	1348	1393
22	21:00 - 22:00	1602	1486	954	876	871	900	929
23	22:00 - 23:00	990	1063	620	649	680	702	726
24	23:00 - 24:00	606	562	299	275	273	282	291
TOTAL		28135	29580	25093	24464	25451	26113	27942

Nota. En esta tabla se identifica que el día de mayor volumen vehicular es el viernes 27 de septiembre del 2019 y su hora pico es de 18:00 a 19:00 en el sector del Colibrí, en el doble flujo Amaguaña – Colibrí que corresponde a la ruta E35.

Figura 17**VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ**

Nota. En esta imagen indica el volumen máximo diario en el sector de Amaguaña – Colibrí, que es el día viernes 27 de septiembre de 2019.

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

$$TPDS = \frac{28135 + 29580 + 25093 + 24464 + 25451 + 26113 + 27942}{7}$$

$$TPDS = 26683 \text{ veh. mixtos/día (sector Amaguaña – Colibrí)}$$

Con el TPDS que se obtiene y de acuerdo a la tabla 3, la configuración de la ruta E35 en el sector del Colibrí en dirección hacia Amaguaña, nos indica que es una autovía (AV2), pero únicamente esta ruta posee dos carriles uno en

cada sentido lo que no abastece la demanda vehicular y siendo más aún, un eje principal que es la E35.

El intervalo del TPDA en el sector de Amaguaña - Colibrí, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(28135 - 26683)^2 + (29580 - 26683)^2 + \dots + (27942 - 26683)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 1888 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{1888}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 708 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 26683 \pm 1.64 * 708$$

$$TPDA = 26683 \pm 1160$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector de Amaguaña - Colibrí es:

$$25523 \text{ vehí. mixtos/día} \leq \text{TPDA} \leq 27843 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Sector Colibrí: Choclo – Colibrí

Tabla 9

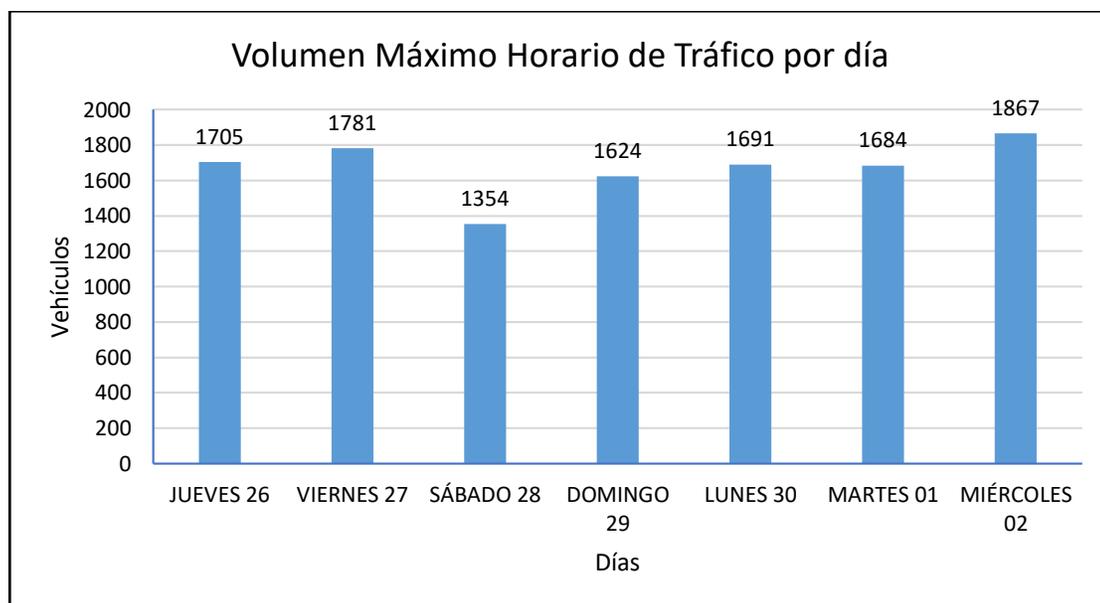
VOLÚMENES DE TRÁNSITO PROMEDIOS DIARIO SEMANAL SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ

N°	HORA	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES
		26	27	28	29	30	01	02
1	00:00 - 01:00	72	71	42	12	43	65	77
2	01:00 - 02:00	64	64	33	22	31	52	51
3	02:00 - 03:00	35	34	37	39	29	37	43
4	03:00 - 04:00	99	98	53	33	32	54	63
5	04:00 - 05:00	206	203	208	167	162	206	240
6	05:00 - 06:00	550	543	437	524	557	527	615
7	06:00 - 07:00	1266	1249	1220	1144	1110	1172	1364
8	07:00 - 08:00	1591	1570	1263	1515	1610	1524	1778
9	08:00 - 09:00	1497	1478	1280	1352	1313	1386	1613
10	09:00 - 10:00	1529	1509	1214	1456	1547	1465	1708
11	10:00 - 11:00	1642	1620	1348	1483	1439	1520	1769
12	11:00 - 12:00	1674	1653	1230	1595	1595	1504	1771
13	12:00 - 13:00	1579	1559	1272	1427	1385	1462	1702
14	13:00 - 14:00	1526	1506	1211	1453	1513	1432	1670
15	14:00 - 15:00	1524	1505	1311	1377	1364	1440	1676
16	15:00 - 16:00	1530	1510	1215	1457	1517	1436	1675
17	16:00 - 17:00	1556	1536	1346	1406	1392	1470	1711
18	17:00 - 18:00	1705	1683	1354	1624	1691	1601	1867
19	18:00 - 19:00	1663	1781	1315	1519	1591	1684	1709
20	19:00 - 20:00	1550	1744	1172	974	969	1025	1040
21	20:00 - 21:00	1530	1638	1002	1157	1212	1283	1302
22	21:00 - 22:00	1548	1441	802	666	663	701	712
23	22:00 - 23:00	962	1030	522	603	631	668	678
24	23:00 - 24:00	586	545	251	209	208	220	223
	TOTAL	27483	27572	21137	23213	23604	23934	27057

Nota. En esta tabla se identifica que el día de mayor volumen vehicular es el miércoles 02 de octubre del 2019 y su hora pico es de 17:00 a 18:00 en el sector del Colibrí, en el doble sentido Cholo – Colibrí que corresponde a la Av. General Pintag.

Figura 18

VOLUMEN MÁXIMO HORARIO DE TRÁFICO SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



Nota. En la imagen se observa que el volumen máximo de diario es el día miércoles 2 de octubre del 2019.

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

$$TPDS = \frac{27483 + 27572 + 21137 + 23213 + 23604 + 23934 + 27057}{7}$$

$$TPDS = 24857 \text{ veh. mixtos/día (sector Choclo – Colibrí)}$$

Con el TPDS que se obtiene y de acuerdo a la tabla 3, la configuración de la Av. General Pintag en dirección hacia el Choclo, lo que nos indica que es una autovía (AV1), pero únicamente esta avenida posee dos carriles en un sentido y uno en el otro sentido por lo que abastece medianamente la demanda en ese corto tramo hasta el redondel del Colibrí.

El intervalo del TPDA en el sector del Choclo - Colibrí, con una confiabilidad del 90%, cuyo valor de $K = 1.64$, para poder identificar el valor máximo y mínimo que puede tomar el TPDA en dicho punto.

Desviación muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TDi - TPDS)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(27483 - 24857)^2 + (27572 - 24857)^2 + \dots + (27057 - 24857)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 2519 \text{ veh. mixtos/día}$$

Desviación poblacional

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \right)$$

$$\sigma = \frac{2519}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 944 \text{ veh. mixtos/día}$$

Para el nivel de confiabilidad del 90%, $K=1.64$

$$TPDA = TPDS \pm K * \sigma$$

$$TPDA = 24857 \pm 1.64 * 944$$

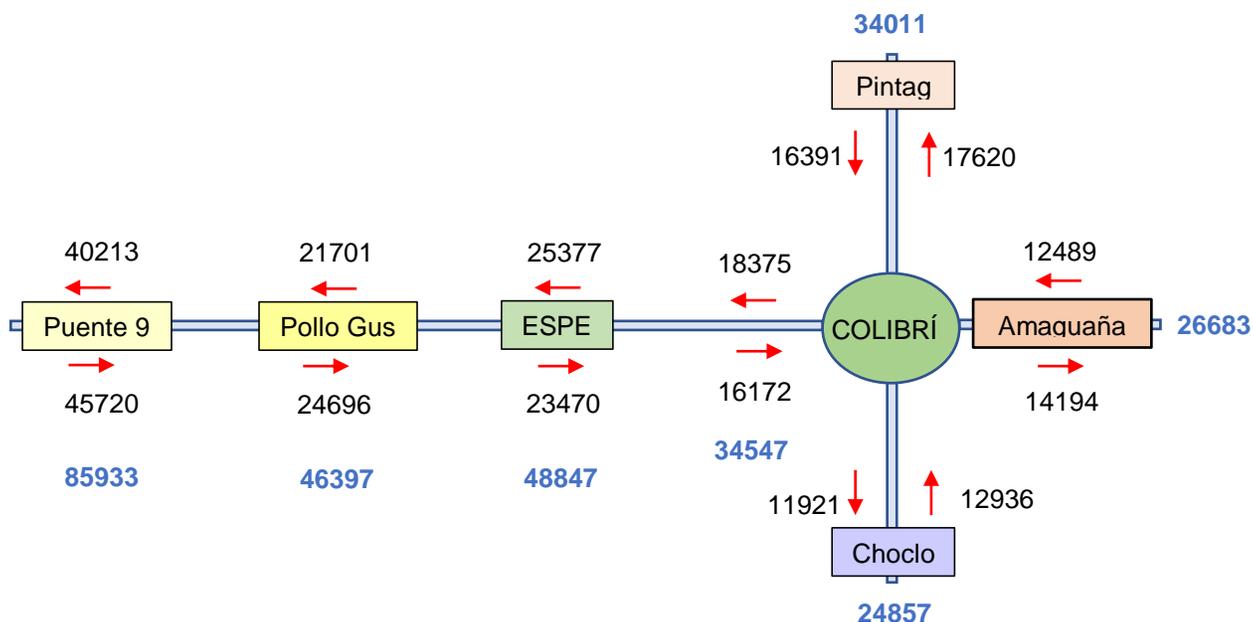
$$TPDA = 24857 \pm 1548$$

El intervalo de confianza que puede tomar el TPDA como valor mínimo y máximo en el sector del Choclo - Colibrí es:

$$23309 \text{ vehí. mixtos/día} \leq TPDA \leq 26406 \text{ vehí. mixtos/día}$$

Resumen del TPDA desde el Puente Nueve hasta el Colibrí

En el siguiente gráfico se indica el resumen de vehículos durante 24 horas en todos los puntos de conteo vehicular.

Figura 19**RESUMEN DEL TPDA EN LOS PUNTOS DE CONTEO**

Nota. En la imagen se indica un resumen de vehículos que circulan en doble sentido y la sumatoria total en cada punto de control.

Niveles de Servicio

Este término fue introducido por el Manual de Capacidad del Transportation Research Board estadounidense, que se define como una medida de la calidad que la vía que ofrece al usuario. (Bañón & Beví, 2000).

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio, que es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. (VCHISA, 2004).

El nivel de servicio que caracteriza las condiciones de operación de la instalación en términos de rendimiento mide el tránsito relacionado con la velocidad y el tiempo de viaje, la libertad de maniobra de las interrupciones de tránsito, la comodidad y conveniencia. (AASHTO, 2011).

Son varios los factores que entran en juego a la hora de definir un concepto tan poco cuantificable como es la calidad de una vía, la velocidad, tiempo de recorrido, comodidad, seguridad, y costos de funcionamiento. Todos estos factores de difícil evaluación pueden relacionarse con dos variables que si son cuantificables la velocidad de servicio y el volumen de servicio y se encuentran indicados en la siguiente tabla. (Bañón & Bevíá, 2000).

Tabla 10

*CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS
DE 2 CARRILES*

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIÓN DE FLUJO	VELOCIDAD MÁXIMA DE CIRCULACIÓN	VOLUMEN DE SERVICIO
A	Flujo libre	100 km/h	500 vhp
B	Flujo estable	80 km/h	1200 vhp
C	Flujo estable	65 km/h	2000 vhp
D	Flujo casi inestable	55 km/h	2400 vhp
E	Flujo inestable	45 km/h	2800 vhp
F	Flujo forzado	40 km/h	Variable (0 a máx)

Nota. En esta tabla indica el nivel de servicio dependiendo del volumen de servicio. Tomando del (MTOPI, NEVI-12, 2013), (p 60).

De acuerdo al (VCHISA, 2004), los factores que afectan el nivel de servicio como son físicos, pueden ser medidos a una hora conveniente. En cambio, los factores internos, por ser variables, deben ser medidos durante el

período de mayor flujo. El flujo de vehículos en la hora de máxima demanda no está uniformemente distribuido en ese lapso, y es conveniente determinar la proporción del flujo para un período máximo dentro de la hora de máxima demanda.

Para la determinación del nivel de servicio de la Av. General Rumiñahui, se realiza el aforo vehicular, lo que se obtiene datos de la semana de 24 horas y se verifica, que esta avenida de acuerdo a la tabla 10, el volumen de servicio en los cuatro puntos de medición oscilan entre los 2042 y 5954 vehículos por hora, y en doble sentido por lo que el nivel del servicio es de tipo E y F cuyo flujo es inestable y forzado respectivamente, esto como un método analítico ya que posteriormente verificaremos por un método gráfico utilizando el factor de hora pico.

Volúmenes de Tránsito Horarios

Volumen horario máximo anual (VHMA): es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. Es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año. (Navarro, 2017).

Volumen horario de máxima demanda (VHMD): es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril durante 60 minutos consecutivos conocido también (volumen de hora pico). (Navarro, 2017).

Volumen horario de proyecto (VHP): es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vía, se proyecta como un volumen horario pronosticado. (Navarro, 2017).

Uso de los Volúmenes de Tránsito

De una manera muy general, los datos sobre volúmenes de tránsito se utilizan ampliamente en el campo de la planeación de redes viales, en proyectos de nuevas vías, la caracterización de flujos vehiculares, en el cálculo de mejoras de seguridad y para usos comerciales. (VCHISA, 2004)

Según (Cárdenas & Cal, 2007), que dependiendo de la unidad de tiempo en que se expresen los volúmenes de tránsito se utilizan para:

Volúmenes de tránsito anual (TA): se usa para determinar patrones de viaje sobre áreas geográficas, estimar gastos esperados de los usuarios de las carreteras, para calcular los índices de accidentes e indicar las variaciones y tendencias de los volúmenes de tránsito, especialmente en carreteras de cuota.(Cárdenas & Cal, 2007).

Volúmenes de tránsito promedio diario (TPD): sirve para medir la demanda actual en calles y carreteras, el evaluó de los flujos de tránsito actuales con respecto al sistema vial, y sobre todo localizar áreas donde se necesite construir nuevas vialidades y programar mejoras existentes. (Cárdenas & Cal, 2007).

Volúmenes de tránsito horario (TH): se utiliza para evaluar la deficiencia de la capacidad de la vía, establecer controles en el tránsito como señales y marcas viales. Y sobre todo proyectar y rediseñar geométricamente calles e intersecciones. (Cárdenas & Cal, 2007).

Hora Pico

Es la hora o las horas del día que presentan el volumen más alto de viajes. En la práctica se habla de hora pico de la mañana o de la tarde. (Orozco, 1981).

Factor de Hora Pico

Medida de la variación del flujo vehicular durante la hora pico. Se expresa mediante la relación entre el volumen de la hora pico y el volumen equivalente a la máxima tasa de flujo durante un determinado periodo de esa hora. (Orozco, 1981).

Las condiciones de operación prevalecientes durante el más congestionado de 15 minutos, periodo de la hora de establecer el nivel de servicio para la hora en su conjunto. El factor usado para convertir la tasa de flujo más alto durante el período de 15 minutos a la hora volumen total es el factor horas pico (FHP). El FHP se lo define como la relación entre el volumen total por hora para el número de vehículos durante el más alto de 15 minutos período multiplicado por 4. El FHP nunca es mayor que 1 y está en un intervalo de 0.75 a 0.95. Se calcula con la siguiente fórmula. (AASHTO, 2011).

$$FHP = \frac{V}{4 * V_{15}}$$

FHP = factor de hora pico

V = volumen vehicular por hora

V₁₅ = volumen durante el pico de 15 minutos dentro de la hora pico

Además, se puede acotar que el factor de hora pico puede determinarse empíricamente, realizando los correspondientes aforos, o bien estimarse en el caso de no disponer de datos de campo, en función de la intensidad horaria total de la calzada como se muestra en la siguiente tabla. (Bañón & Bevíá, 2000).

Tabla 11

ESTIMACIÓN DEL FACTOR DE HORA PICO

Intensidad (veh/h)	FHP	Intensidad (veh/h)	FHP
0 – 100	0.83	700 – 1000	0.93
100 – 200	0.87	1000 – 1400	0.94
200 – 300	0.90	1400 – 1900	0.95
300 – 500	0.91	1900 -	0.96
500 - 700	0.92		

Nota. En esta tabla indica el facto de hora pico y de acuerdo a la intensidad de vehículos por hora. Tomado de (Romana Manuel, 2010).

Para este estudio, el aforo vehicular se lo ejecuta en un periodo de 15 minutos, en cada punto de conteo de la hora de máxima demanda durante los siete días, como se muestra a continuación:

Sector Puente Nueve:

Tabla 12

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR PUENTE NUEVE

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN	PUENTE 9	SENTIDO			DOBLE SENTIDO			
DÍA DE LA SEMANA	VIERNES	FECHA		27/09/2019				
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
								
	00:00 - 00:15	57	1407	69	31	3	0	1567
18:00	00:15 - 00:30	56	1351	48	26	1	0	1482
19:00	00:30 - 00:45	50	1287	52	25	0	0	1414
	00:45 - 01:00	65	1355	46	24	0	1	1491
TOTAL		228	5400	215	106	4	1	5954

Nota. Como se observa en la tabla 12, el día de mayor flujo en el sector del Puente Nueve es el día viernes, ya que (Cárdenas & Cal, 2007), indica que en función del nivel de servicio estará el número de vehículos por unidad de tiempo que puede admitir la carretera la cual se denomina flujo de servicio, si este flujo aumenta a medida que el nivel de servicio va siendo de menor calidad.

$$VHMD = 1567 + 1482 + 1414 + 1491$$

$$VHMD = 5954 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{5954 \text{ veh/hora}}{4 * 1567 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.95$$

Con el FHMD se continúa con el cálculo para determinar la intensidad (veh/hora/carril) y de esta manera se verifica el nivel de servicio de la vía por un método gráfico que de acuerdo (Romana Manuel, 2010), se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$FHMD = \text{factor de hora pico}$$

$N = \text{número de carriles en el sentido de análisis}$

$f_{hv} = \text{factor de ajuste por vehículos pesados (heavy vehicles)}$

$f_p = \text{factor de ajuste por tipo de conductor}$

Intensidad

Llamada también flujo, que es la cantidad de vehículos que pasa por un punto o sección transversal de una vía en un tiempo menor a una hora, se puede expresar en unidades de (veh/hora) teniendo en cuenta que no representa exactamente el número de vehículos por hora. (Tapia & Veizaga, 2006).

De la misma manera el factor de ajuste por vehículos pesados se calcula según (Romana Manuel, 2010), de la siguiente manera:

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_r (E_r - 1)}$$

$E_t = \text{factor de equivalencia de vehículos livianos para camiones}$

$E_r = \text{factor de equivalencia de vehículos livianos para veh. recreacionales}$

$P_t = \text{porcentaje de camiones}$

$P_r = \text{porcentaje de vehículos recreacionales}$

De acuerdo (Romana Manuel, 2010), la influencia de los vehículos pesados depende de las pendientes y la composición del tránsito, para lo cual se define en tres casos:

Tramos largos uniformes: cuando no se presenta ninguna pendiente que produzca un impacto importante en la operación dentro del tramo total, que

no poseen pendientes mayores o iguales a 3% en longitudes superiores a 400 metros o pendientes entre 2% y 3% en longitudes superiores a 800 metros.

(Romana Manuel, 2010).

Pendientes específicas ascendentes: cualquier pendiente entre el 2% y el 3% con una longitud mayor a 800 metros o pendientes de 3% o más en longitudes superiores a 400 metros se analiza individualmente por la influencia significativa que ejerce sobre la corriente de tránsito. (Romana Manuel, 2010).

Pendientes específicas descendentes: cualquier pendiente superior al 4% de más de 6,4 kilómetros de longitud. (Romana Manuel, 2010).

Para determinar el nivel de servicio de la Av. Rumiñahui se toma los tramos como largos y uniformes de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 13

EQUIVALENTES PARA AUTOMÓVILES EN SEGMENTOS DE AUTOPISTA UNIFORMES

Factor	Tipo de terreno		
	Llano	Ondulado	Montañoso
Et (camiones y buses)	1.5	2.5	4.5
Er (recreacionales)	12	2.0	40

Nota. En la tabla indica el valor por el tipo de terreno y el factor por la clase de vehículo que transita. Tomado de (Romana Manuel, 2010).

Al no existir vehículos recreacionales en ningún sector, y de acuerdo al factor de conductores que son regulares en un flujo de tráfico sustancialmente

suburbano o en que la mayoría de los conductores están familiarizados. El factor de ajuste f_p se usa para reflejar este efecto y oscilan entre 0,85 y 1. En general el analista debe seleccionar 1 ya que refleja como usuarios conocidos, a menos que haya evidencia suficiente de que se deba aplicar un valor más bajo. (Romana Manuel, 2010).

El porcentaje de vehículos pesados en el VHMD, del sector Puente

Nueve que es de uno, dos, tres o más ejes es igual a:

$$\text{vehí. pesados} = 106 + 4 + 1 = 111$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 1.86$$

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + P_t (E_t - 1) + P_r (E_r - 1)}$$

$$f_{hv} = \frac{1}{1 + 0.0186 (2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$f_{hv} = 0.97$$

Posteriormente se calcula la intensidad de tráfico con el factor de ajuste de vehículos pesados (f_{hv}) y el factor por el tipo de conductor (f_p) que es igual a 1, N se considera para el análisis de cuatro carriles en todo el tramo desde el redondel del Colibrí hasta el Puente Nueve que corresponde al doble sentido de ida y de regreso. Con estos datos se procede a la obtención de la intensidad de tráfico.

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * f_{hv} * f_p}$$

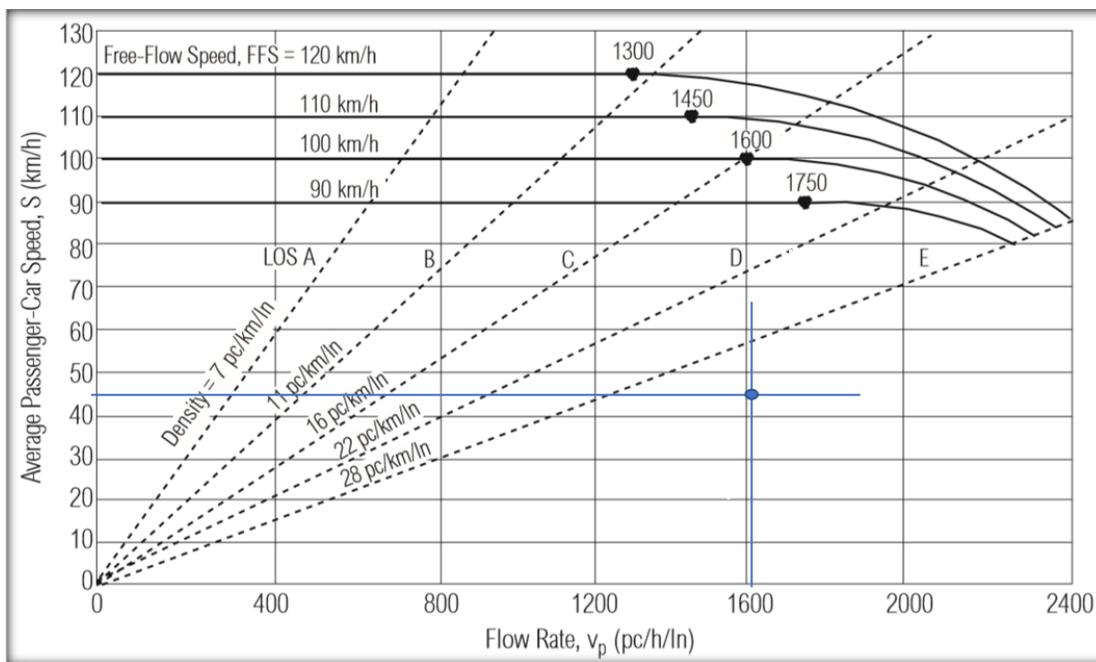
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{5954 \text{ (veh/h)}}{0.95 * 4 * 0.97 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 1615 \text{ (veh/h/c)}$$

Con el resultado de la intensidad, se verifica en la siguiente figura el nivel de servicio, y con la velocidad de acuerdo a la tabla 10, que corresponde a 45 km/h, lo que nos permite identificar qué tipo de vía y el nivel de servicio que posee actualmente el tramo en estudio.

Figura 20

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR PUENTE NUEVE



Nota. Resultado del nivel de servicio, por medio del cálculo de la intensidad, con la proyección e intersección de las líneas auxiliares. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se visualiza en esta figura, los vehículos en el sector del Puente Nueve son de 1615 por carril con una velocidad de 45 km/h aproximadamente, se hace la prolongación de las líneas auxiliares desde la cantidad de vehículos por carril y la velocidad en donde la intersección de las líneas prolongadas, indica que tipo de vía corresponde, y como se puede observar la vía es de nivel tipo F, que es un flujo forzado, y realizando una comparación con los valores de la tabla 10, que representan los niveles de servicio de dos carriles se evidencia que también está en el mismo nivel de servicio que se indica gráficamente.

Sector Pollo Gus:

Tabla 14

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR POLLO GUS

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN	POLLO GUS	SENTIDO					DOBLE SENTIDO	
DÍA DE LA SEMANA	JUEVES	FECHA		26/9/2019				
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
								
17:00	00:00 - 00:15	50	740	34	32	1	2	859
18:00	00:15 - 00:30	46	664	38	29	1	0	778
	00:30 - 00:45	52	702	35	25	0	2	816
	00:45 - 01:00	53	691	28	13	2	0	787
TOTAL		201	2797	135	99	4	4	3240

Nota. La tabla indica el conteo vehicular en la hora pico del sector del Pollo Gus.

- *Volumen horario de máxima demanda*

$$VHMD = 859 + 778 + 816 + 787$$

$$VHMD = 3240 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

- *Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos*

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * Vmax_{15} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{3240 \text{ veh/hora}}{4 * 859 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.94$$

- *Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales, por lo que su valor es cero.*

$$\text{vehí. pesados} = 99 + 4 + 4 = 107$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 3.30$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt (Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.033 (2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.95$$

- Cálculo de la intensidad

El valor de N es igual a 4 por doble sentido, y el factor f_p por el tipo de conductor será igual a 1.

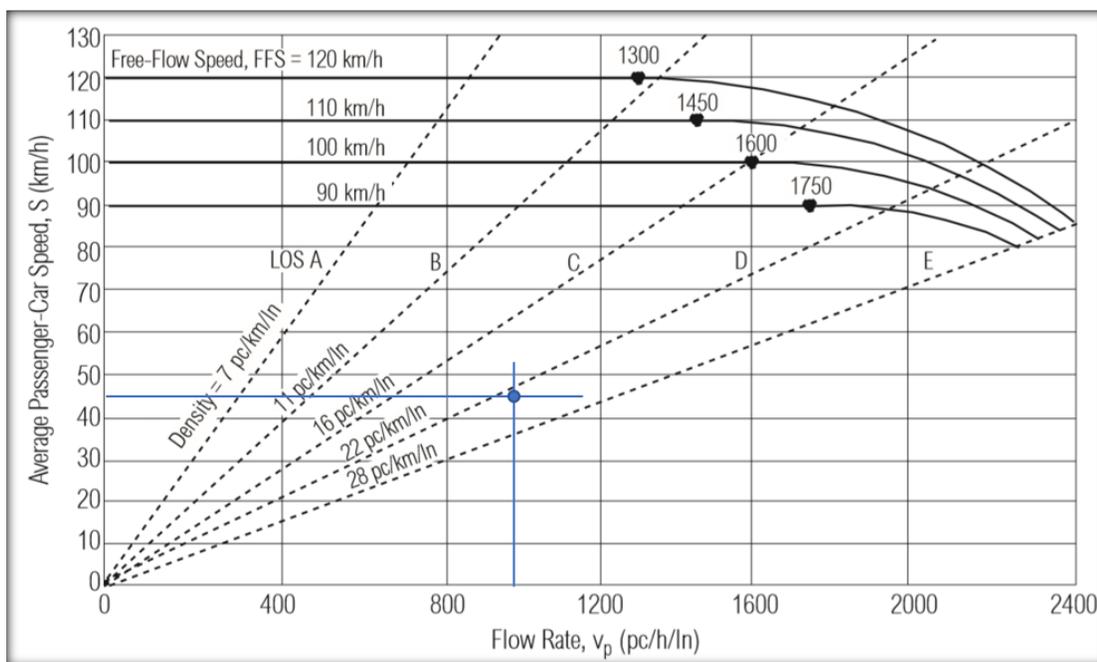
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{\text{FHMD} * N * f_{hv} * f_p}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{3240 \text{ (veh/h)}}{0.94 * 4 * 0.95 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 907 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 21

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR POLLO GUS



Nota. Resultado del nivel de servicio, por medio del cálculo de la intensidad vehículo/hora/carril, con la proyección e intersección de las líneas auxiliares. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector del Pollo Gus son de 907 por carril con una velocidad de 45 km/h aproximadamente, se hace la prolongación de las líneas auxiliares desde la cantidad de vehículos por carril y la velocidad en donde la intersección de las líneas prolongadas, indica que tipo de vía corresponde, y como se puede observar la vía es de nivel tipo E, que posee un flujo inestable en este sector.

Sector ESPE:

Tabla 15

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR ESPE

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN		ESPE			SENTIDO		DOBLE SENTIDO	
DÍA DE LA SEMANA		MIERCOLES			FECHA		2/10/2019	
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
	00:00 - 00:15							
	00:00 - 00:15	30	756	32	22	2	1	843
17:00	00:15 - 00:30	30	846	26	15	0	2	919
18:00	00:30 - 00:45	31	874	34	11	1	1	952
	00:45 - 01:00	35	806	40	5	1	2	889
	TOTAL	126	3282	132	53	4	6	3603

Nota: Conteo vehicular en la hora pico en el sector de la ESPE.

- Volumen horario de máxima demanda

$$VHMD = 843 + 919 + 952 + 889$$

$$VHMD = 3603 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

- *Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos*

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * Vmax_{15} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{3603 \text{ veh/hora}}{4 * 952 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.95$$

- *Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales.*

$$\text{vehí. pesados} = 53 + 4 + 6 = 63$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 1.75$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt (Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.0175 (2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.97$$

- *Cálculo de la intensidad*

El valor de N es igual a 4 por doble sentido, y el factor fp por el tipo de conductor será igual a 1.

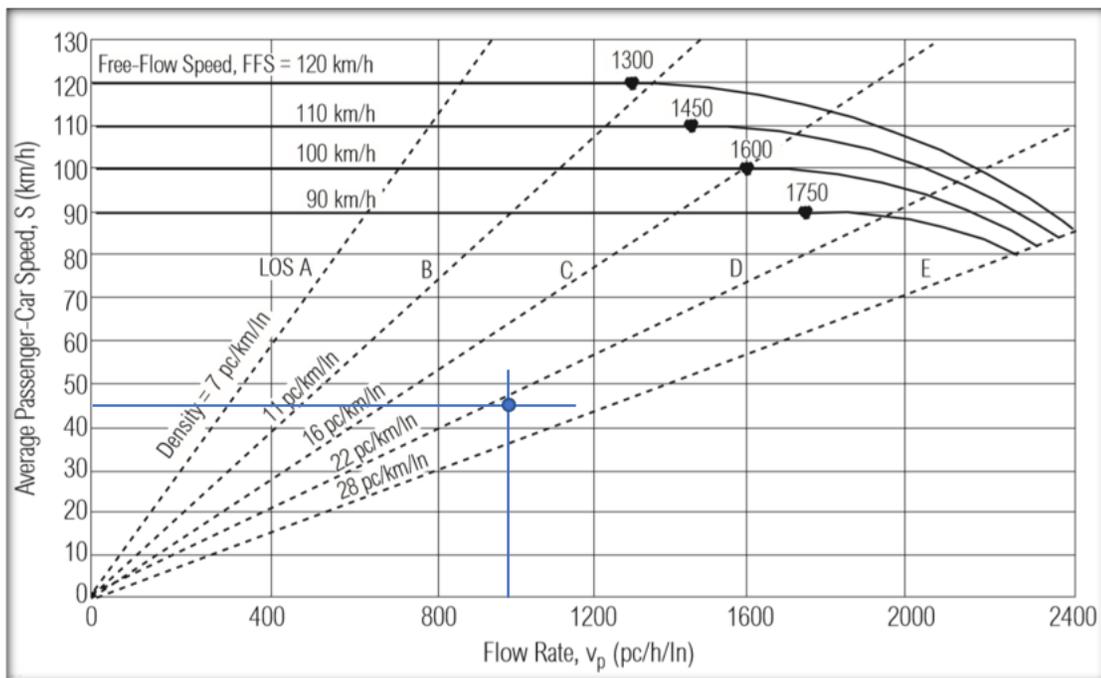
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{3603 \text{ (veh/h)}}{0.95 * 4 * 0.97 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 978 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 22

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR ESPE



Nota. Resultado gráfico del nivel de servicio por medio del cálculo de la intensidad vehicular. Tomado de (Romana Manuel, 2010).

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector de la ESPE son de 978 por carril con una velocidad de 45 km/h aproximadamente, se hace la prolongación de las líneas auxiliares desde la cantidad de vehículos por carril y la velocidad en donde la intersección de las líneas prolongadas, se puede observar que la vía es de nivel tipo E, que posee un flujo inestable en este sector.

Sector Colibrí: ESPE – Colibrí

Tabla 16

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR ESPE – COLIBRÍ

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN COLIBRÍ		SENTIDO					ESPE - COLIBRÍ	
DÍA DE LA SEMANA		FECHA					2/10/2019	
		MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
HORA	INTERVALO							
	00:00 - 00:15	19	509	22	40	2	1	593
17:00	00:15 - 00:30	21	523	20	38	0	1	603
18:00	00:30 - 00:45	29	595	32	24	1	3	684
	00:45 - 01:00	25	536	22	12	0	1	596
	TOTAL	94	2163	96	114	3	6	2476

Nota. La tabla indica el conteo clasificatorio de la hora pico

- Volumen horario de máxima demanda

$$VHMD = 593 + 603 + 684 + 596$$

$$VHMD = 2476 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

- Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * V_{max_{15}} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{2476 \text{ veh/hora}}{4 * 684 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.91$$

- *Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales.*

$$\text{vehí. pesados} = 114 + 3 + 6 = 123$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 4.97$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt(Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.0497(2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.93$$

- *Cálculo de la intensidad*

El valor de N es igual a 4 por doble sentido, y el factor fp por el tipo de conductor será igual a 1.

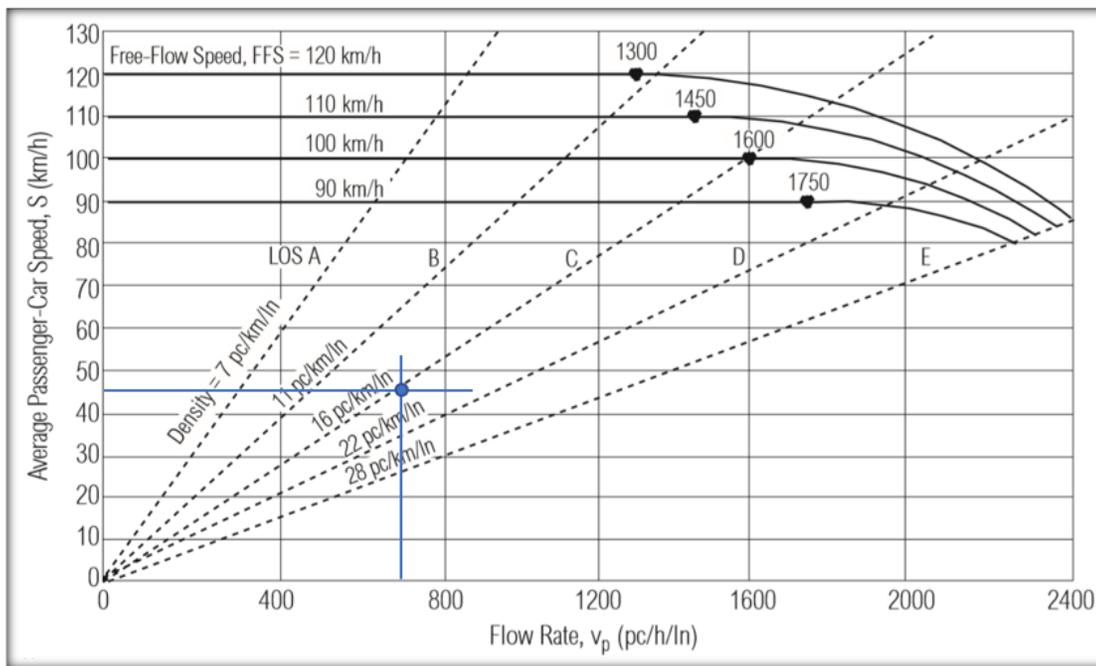
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{2476 \text{ (veh/h)}}{0.91 * 4 * 0.93 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 731 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 23

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR ESPE – COLIBRÍ



Nota. Resultado gráfico del nivel de servicio por medio del cálculo de la intensidad vehicular. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector de la ESPE – Colibrí son de 731 por carril con una velocidad de 45 km/h aproximadamente, en doble sentido tanto los que ingresan y salen del redondel, con la intersección de la líneas auxiliares, se puede observar que la vía es de nivel tipo D, ya que en la salida del redondel no existe atascamiento de tráfico y esto permite subir un nivel más, lo que nos indica que su flujo es casi inestable en los dos sentidos.

Sector Colibrí: Pintag – Colibrí

Tabla 17

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR PINTAG – COLIBRÍ

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN	COLIBRÍ	SENTIDO					PINTAG - COLIBRÍ	
DÍA DE LA SEMANA	JUEVES	FECHA		26/9/2019				
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
								
	00:00 - 00:15	34	474	24	38	7	12	589
18:00	00:15 - 00:30	33	504	18	38	7	7	607
19:00	00:30 - 00:45	23	522	20	40	2	12	619
	00:45 - 01:00	18	502	18	34	3	4	579
	TOTAL	108	2002	80	150	19	35	2394

Nota. La tabla indica el conteo clasificatorio de la hora pico

- Volumen horario de máxima demanda

$$VHMD = 589 + 607 + 619 + 579$$

$$VHMD = 2394 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

- Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * V_{max_{15}} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{2394 \text{ veh/hora}}{4 * 619 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.97$$

- *Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales.*

$$\text{vehí. pesados} = 150 + 19 + 35 = 204$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 8.52$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt(Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.0852(2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.89$$

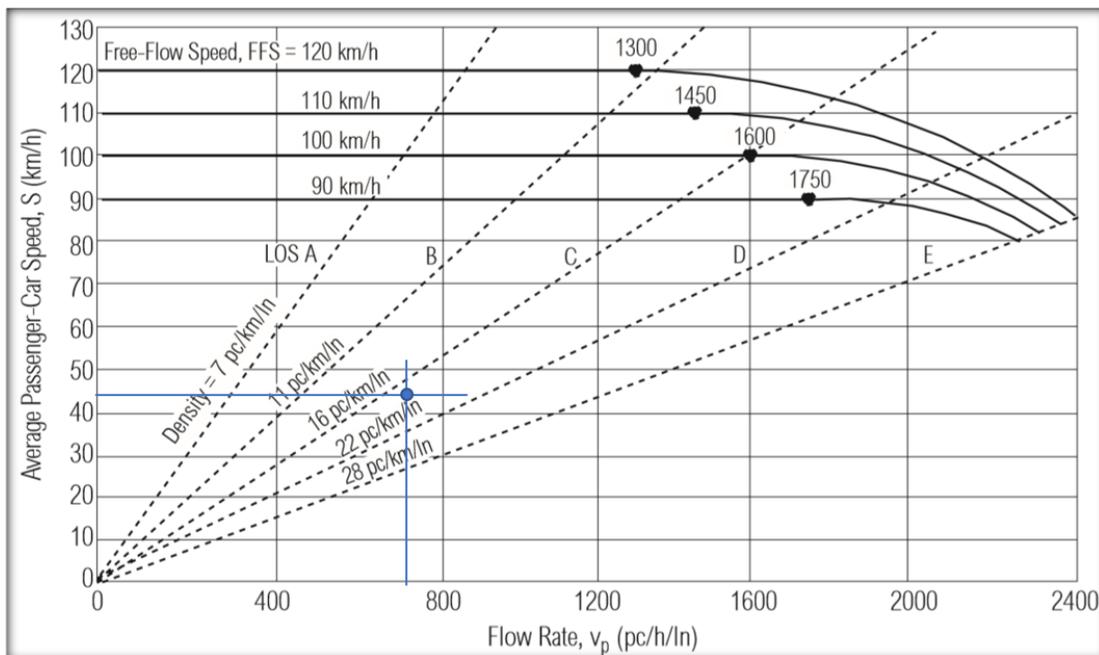
- *Cálculo de la intensidad*

El valor de N es igual a 4 por doble sentido, y el factor fp por el tipo de conductor será igual a 1.

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{2394 \text{ (veh/h)}}{0.97 * 4 * 0.89 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 693 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 24**FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR PINTAG – COLIBR**

Nota. Resultado gráfico del nivel de servicio por medio del cálculo de la intensidad vehicular. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector del Colibrí de doble sentido de Pintag – Colibrí son de 693 por carril con una velocidad de 45 km/h aproximadamente, tanto los que ingresan y salen del redondel por carril, con la intersección de la líneas auxiliares, se puede observar que la vía es de nivel tipo D, ya que en la salida del redondel hacia Pintag, no existe atascamiento de tráfico y esto permite subir un nivel más, lo que nos indica que su flujo es casi inestable en los dos sentidos, considerando que esta Av. General Pintag es un eje vial o conocida como E35 que debería poseer una condición de flujo estable o autovía.

Sector Colibrí: Amaguaña – Colibrí

Tabla 18

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN	COLIBRÍ	SENTIDO					AMAGUAÑA - COLIBRÍ	
DÍA DE LA SEMANA	VIERNES	FECHA						
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
	00:00 - 00:15							
	00:00 - 00:15	22	390	12	38	6	12	480
18:00	00:15 - 00:30	17	391	11	28	6	14	467
19:00	00:30 - 00:45	6	392	11	32	6	14	461
	00:45 - 01:00	11	354	9	28	6	13	421
	TOTAL	56	1527	43	126	24	53	1829

- Volumen horario de máxima demanda

$$VHMD = 480 + 467 + 461 + 421$$

$$VHMD = 1829 \text{ vehículos mixtos / hora}$$

- Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * V_{max_{15}} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{1829 \text{ veh/hora}}{4 * 480 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.95$$

- Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales.

$$\text{vehí. pesados} = 126 + 24 + 53 = 203$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 11.10$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt(Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.0111(2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.98$$

- *Cálculo de la intensidad*

El valor de N es igual a 2 por doble sentido, pero posee un carril por sentido, y el factor fp por el tipo de conductor será igual a 1.

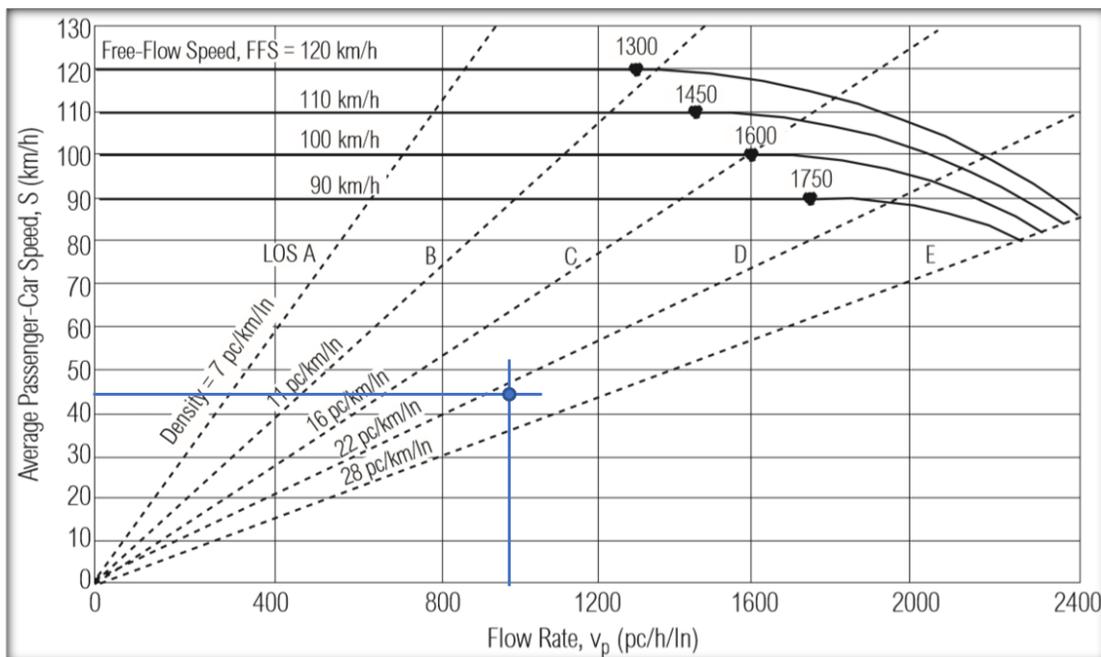
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{1829 \text{ (veh/h)}}{0.95 * 2 * 0.98 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 982 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 25

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ



Nota. Resultado gráfico del nivel de servicio por medio del cálculo de la intensidad vehicular. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector del redondel, en la ruta que va de Amaguaña – Colibrí son de 982 por carril con una velocidad de 45 km/h, en doble sentido tanto los que ingresan y salen del redondel por carril, con la intersección de la líneas auxiliares, se puede observar que la vía es de nivel tipo E, que su flujo es inestable además, se debe considerar que esta vía es un eje principal, la carretera E35, y que debería poseer una condición de flujo libre y una velocidad de circulación máxima de 100 km/h, por lo cual no la cumple con este nivel de servicio.

Sector Colibrí: Choclo – Colibrí

Tabla 19

VARIACIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO EN LA HORA DE MÁXIMA DEMANDA
PARA UN FLUJO CADA 15 MINUTOS SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ

CONTEO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO HORARIO								
UBICACIÓN	COLIBRÍ	SENTIDO					COLIBRI- CHOCLO	
DÍA DE LA SEMANA	MIERCOLES	FECHA		CHOCLO-COLIRÍ		2/10/2019		
HORA	INTERVALO	MOTOS	LIVIANOS	BUSES	1 EJE	2 EJES	3 EJES O MÁS	TOTAL
								
	00:00 - 00:15	8	395	19	24	3	0	449
17:00	00:15 - 00:30	20	415	25	21	0	0	481
18:00	00:30 - 00:45	18	387	31	22	1	0	459
	00:45 - 01:00	26	421	18	13	0	0	478
TOTAL		72	1618	93	80	4	0	1867

- Volumen horario de máxima demanda

$$VHMD = 449 + 481 + 459 + 478$$

$$VHMD = 1867 \text{vehículos mixtos / hora}$$

- Cálculo del Factor Horario de Máxima Demanda para 15 minutos

$$FHMD = \frac{VHMD \text{ veh/hora}}{4 * V_{max_{15}} \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = \frac{1867 \text{ veh/hora}}{4 * 481 \text{ veh/hora}}$$

$$FHMD = 0.97$$

- *Cálculo del factor de ajuste de vehículos pesados de uno, dos y tres ejes, y no existe la presencia de vehículos recreacionales.*

$$\text{vehí. pesados} = 80 + 4 + 0 = 84$$

$$\% \text{ vehí. pesados} = 4.50$$

$$fhv = \frac{1}{1 + Pt (Et - 1) + Pr(Er - 1)}$$

$$fhv = \frac{1}{1 + 0.0450 (2.5 - 1) + 0(0 - 1)}$$

$$fhv = 0.94$$

- *Cálculo de la intensidad*

El valor de N es igual a 3 por doble sentido, dos por ingreso y uno de salida del redondel, para el factor fp, por el tipo de conductor será igual a 1.

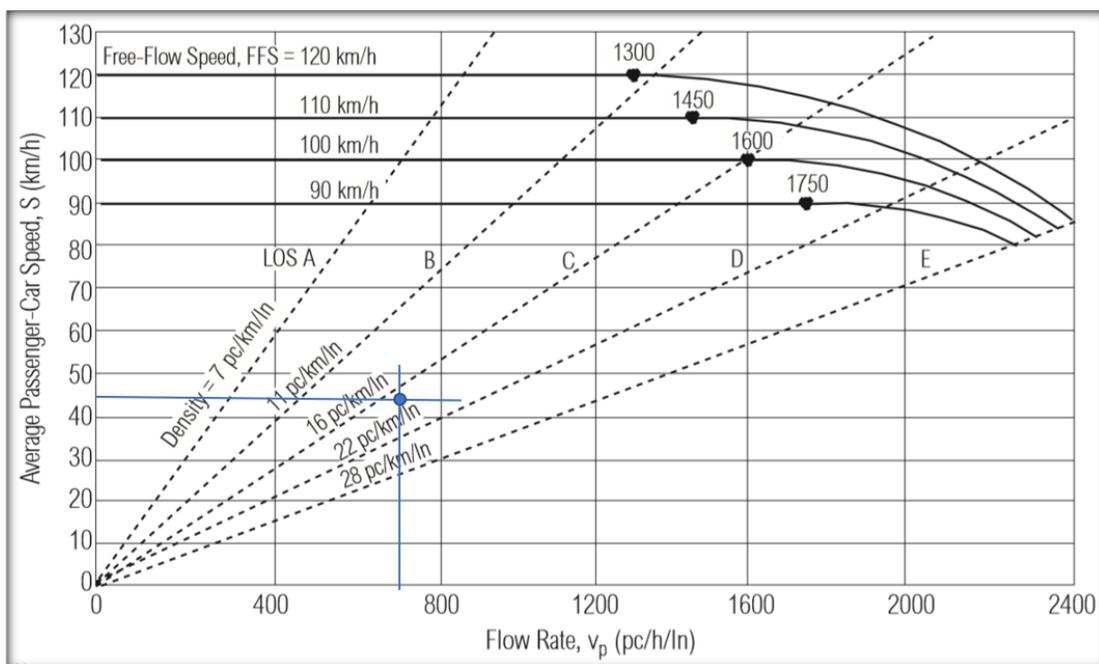
$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{\text{Volumen (veh/h)}}{FHMD * N * fhv * fp}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = \frac{1867 \text{ (veh/h)}}{0.97 * 3 * 0.94 * 1}$$

$$\text{Intensidad (veh/h/c)} = 683 \text{ (veh/h/c)}$$

Figura 26

FLUJOS DE VELOCIDAD Y PARÁMETROS BÁSICOS, SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



Nota. Resultado gráfico del nivel de servicio por medio del cálculo de la intensidad vehicular. Tomado de (Romana Manuel, 2010)

Como se observa en la figura, los vehículos en el sector del redondel, en la Av. Gral. Pintag hacia el sector del Choclo, son de 683 por carril con una velocidad de 45 km/h, en doble sentido tanto los que ingresan y salen del redondel por carril, se puede ver que la vía es de nivel tipo D, que su flujo es casi inestable además, se debe considerar que esta vía no es principal sino es de tipo colectora, que permite el ingreso y salida vehicular de Sangolquí por el sector del Choclo.

Como se puede verificar los puntos en estudio no cumplen, por lo menos con un flujo estable, ya que la gran mayoría están en el nivel de servicio E y F que sus flujos son inestables y forzados, pero únicamente dos puntos de estudio están en el rango de nivel de servicio tipo D, que significa que son casi inestables.

Proyección al Tráfico Futuro

El *diseño* geométrico de nuevas carreteras o vías, no se debe referenciar en los volúmenes actuales, sino en futuros. Por lo que se diseñan en diferentes periodos de retorno y dificulta definir la vida de una autopista. (AASHTO, 2011)

El pronóstico del volumen de tránsito futuro el TPDA del año de proyecto, en la construcción de una nueva carretera o el mejoramiento de la misma, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilicen la nueva carretera o la existente. (Cárdenas & Cal, 2007).

Para este estudio únicamente se lo realizará con el método geométrico ya que se posee con el conteo vehicular realizado y la tasa de crecimiento vehicular. La regresión matemática para el cálculo de tránsito futuro no se la realizará debido a que es necesario contar con datos de las series históricas de los volúmenes de tránsito. (Cárdenas & Cal, 2007).

Método geométrico

De acuerdo al (MOP, 2003), en caso de contar con la información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o el consumo de combustible

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

Tf = tráfico futuro o proyectado

Ta = tráfico actual

i = tasa de crecimiento de tráfico (si no posee, utilizar la tasa poblacional o de combustibles)

n = número de años proyectados

Según (Villacis B. INEC, 2012), de acuerdo a los censos históricos realizados desde 1950, se evidencia una reducción del ritmo de crecimiento ya que el censo del 2001 y 2010 la tasa de crecimiento es del 1.95%.

Además, podemos indicar que la mejor manera de saber cuál es la tasa de crecimiento, es mediante el consumo de combustibles que mediante el informe estadístico presentando por (PETROECUADOR, 2016), indica que la comercialización a nivel nacional es del 3,90%.

Para el número de años proyectados (n) según la (MTOPI, NEVI-12, 2013), al tiempo comprendido desde la inauguración del proyecto hasta el término de su vida útil teniendo las siguientes consideraciones.

- Proyectos de rehabilitación y mejoras n = 20 años
- Proyectos especiales de nuevas vías n = 30 años
- Mega proyectos nacionales n = 50 años

De esta manera para la proyección del tráfico futuro para la presente investigación, la tasa de crecimiento será del 3.90% y el número de años proyectados es de 30 años para nuevas vías que se pretende realizar en el modelamiento de tráfico vehicular para cada uno de los puntos de estudio.

Sector Puente Nueve:

$$TPDS_{actual} = 85933 \text{ vehí. mixtos/día (sector Puente Nueve)}$$

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 85933(1 + 0.039)^{30}$$

$$Tf = 270786 \text{ vehí. mixtos/día (sector Puente Nueve)}$$

Sector Pollo Gus:

$$TPDS_{actual} = 46397 \text{ vehí. mixtos/día (sector pollo Gus)}$$

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 46397(1 + 0.039)^{30}$$

$$Tf = 146203 \text{ vehí. mixtos/día (sector pollo Gus)}$$

Sector ESPE:

$$TPDS_{actual} = 48847 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE)}$$

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 48847(1 + 0.039)^{30}$$

$$Tf = 153923 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE)}$$

Sector Colibrí: ESPE - Colibrí

$$TPDS_{actual} = 34547 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE – Colibrí)}$$

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 34547(1 + 0.039)^{30}$$

$$Tf = 108862 \text{ vehí. mixtos/día (sector ESPE – Colibrí)}$$

Sector Colibrí: Pintag - Colibrí

$TPDS_{actual} = 34011$ vehí. mixtos/día (sector Pintag – Colibrí)

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 34011(1 + 0.039)^{30}$$

$Tf = 107173$ vehí. mixtos/día (sector ESPE)

Sector Colibrí: Amaguaña - Colibrí

$TPDS_{actual} = 26683$ vehí. mixtos/día (sector Amaguaña – Colibrí)

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 26683(1 + 0.039)^{30}$$

$Tf = 84082$ vehí. mixtos/día (sector Amaguaña – Colibrí)

Sector Colibrí: Choclo - Colibrí

$TPDS_{actual} = 24857$ vehí. mixtos/día (sector Choclo – Colibrí)

$$Tf = Ta(1 + i)^n$$

$$Tf = 24857(1 + 0.039)^{30}$$

$Tf = 78328$ vehí. mixtos/día (sector ESPE)

Con estas proyecciones realizadas en cada uno de los puntos de conteo, se pueden tomar decisiones claras y ver la mejor alternativa para el desarrollo de proyectos o el diseño más acorde según la disponibilidad y viabilidad del proyecto para optimizar los recursos disponibles.

Capítulo III

Proyecciones y Análisis de Resultados

Software de Modelación Vehicular

Para el presente trabajo el modelamiento vehicular se realiza con el software Aimsun Next, que permite modelar redes de transporte pequeñas y grandes desde una intersección a una región completa. Este software puede construir un gemelo digital de una ciudad o carretera, luego simular viajes que la gente quiere hacer y combinarlos con las opciones de transporte disponibles, como taxis, autobuses, automóviles compartidos, bicicletas o incluso caminar. (Banse, 2013).

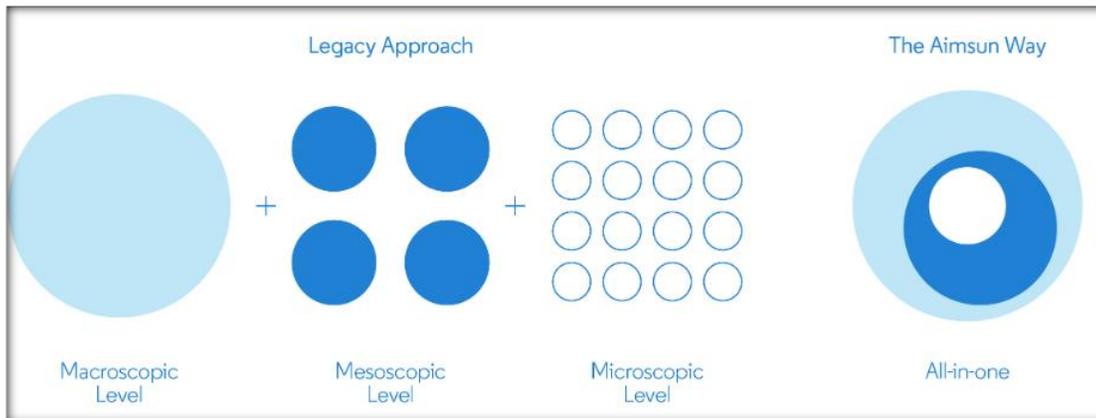
De acuerdo (Banse, 2013) , el modelado digital es una forma segura y rentable de experimentar con diferentes diseños o planes de operaciones y ayudar a que los lugares sean más seguros, limpios y habitables. Aimsun Next permite realizar evaluaciones de operaciones de tráfico de cualquier escala y complejidad. Las aplicaciones son infinitas, pero algunas de las más comunes son:

- Evaluación y optimización de los esquemas de prioridad de señal de tránsito (TSP) y tránsito rápido de autobús.
- Estudios de vialidad para carriles de vehículos de alta ocupación y peajes de alta ocupación.
- Análisis de impacto del diseño de infraestructura, como la mejora y construcción del corredor vial.
- Análisis de impacto vial.

- Peaje y precios de carretera.
- Evaluación de estrategias de gestión de la demanda de viajes.
- Optimización del plan de control de señales y evaluación de control adaptativo.
- Análisis de seguridad.
- Evaluación de políticas de velocidad variable y otros sistemas inteligentes de transporte.
- Análisis del Manual de Capacidad de Carreteras.
- Gestión de la zona de trabajo.
- Evaluación del impacto de vehículos conectados y automatizados.

Integración

Aimsun Next ha pasado de ser un micro simulador a una aplicación totalmente integrada que fusiona el modelado de demanda de viaje, las funcionalidades macroscópicas, la simulación mesoscópica, la micro simulación y el simular híbrido mesoscópico, todo en una sola aplicación de software como se indica en la figura siguiente. (Banse, 2013).

Figura 27**INTEGRACIÓN DEL MODELAMIENTO DE AIMSUN NEXT**

Nota. Breve interpretación del funcionamiento del software de modelación. Tomado de (Banse, 2013) <https://www.aimsun.com/aimsun-auto/>

El simulador híbrido Aimsun Next brinda una simulación microscópica y mesoscópica simultánea, permitiéndole modelar áreas grandes mientras hace zoom en todas las áreas que requieren un nivel de detalle más fino. (Banse, 2013).

La combinación de un modelo mesoscópico basado en eventos con micro simulador de tiempo más detallado ofrece un escenario de lo mejor de ambos mundos, combinando una eficiencia computacional superior con una representación precisa de la dinámica del tráfico, pero solo donde realmente lo necesita. (Banse, 2013).

Trabajo para el Modelamiento

Con los datos del conteo vehicular, se identifica que la hora más crítica es de 17:00 a 18:00 y con esta información se procederá a constatar, los

vehículos que salen e ingresan durante todo el tramo desde el redondel del Colibrí, ESPE, San Luis Shopping, el Triángulo hasta llegar al Puente Nueve y adicionalmente tomar el tiempo de los semáforos que están ubicados en las intersecciones de la ESPE – Urb. La Colina, Av. San Luis – Av. General Rumiñahui, Calle Isla Isabela - Av. General Rumiñahui, Calle Isla Genovesa - Av. General Rumiñahui, Av. Ilaló - Av. General Rumiñahui.

Una vez que se verifica la asignación de vehículos que realizan los giros y se añaden a la Av. General Rumiñahui y los tiempos de duración de los semáforos en cada intersección se procederá al ingreso de la información en el software Aimsun Next para el modelamiento y la simulación de tráfico vehicular actual actuante y la solución vial propuesta, que se modelará verificando la fluidez vehicular.

Composición Vehicular

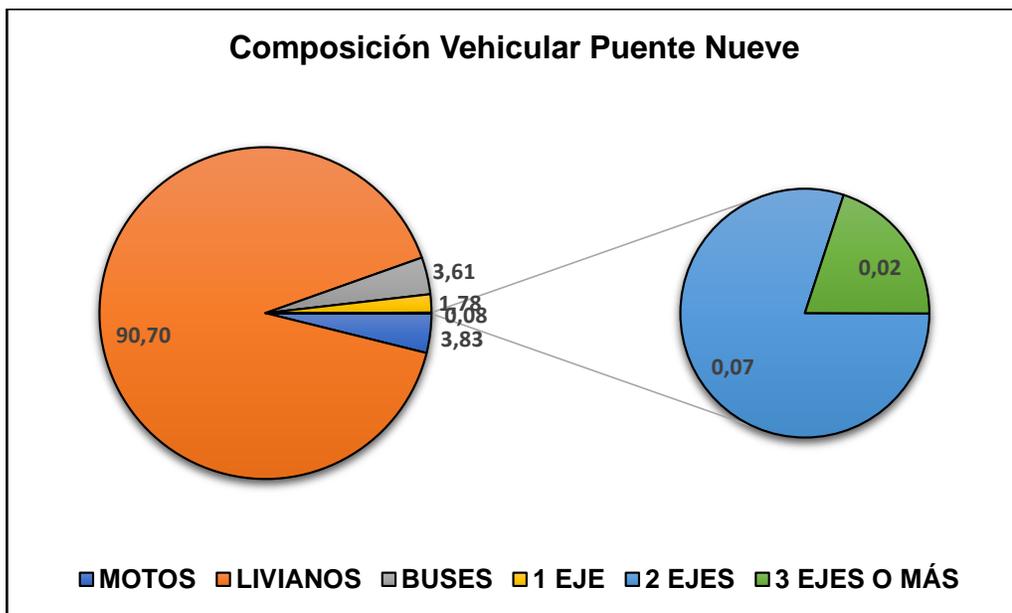
A continuación indicaremos la composición vehicular en cada punto de conteo en horas pico desde motos, livianos, buses, y vehículos pesados que componen de uno o más ejes.

Sector Puente Nueve:

Como se observa en el siguiente gráfico la composición vehicular para el sector del Puente Nueve, a través del aforo realizado en la hora pico de 18:00 a 19:00 del día viernes 27 de septiembre del 2019, corresponde el 90.7% para vehículos livianos, 3.83% para motos y 3.61% para buses mientras que vehículos pesados su porcentaje no es significativo.

Figura 28

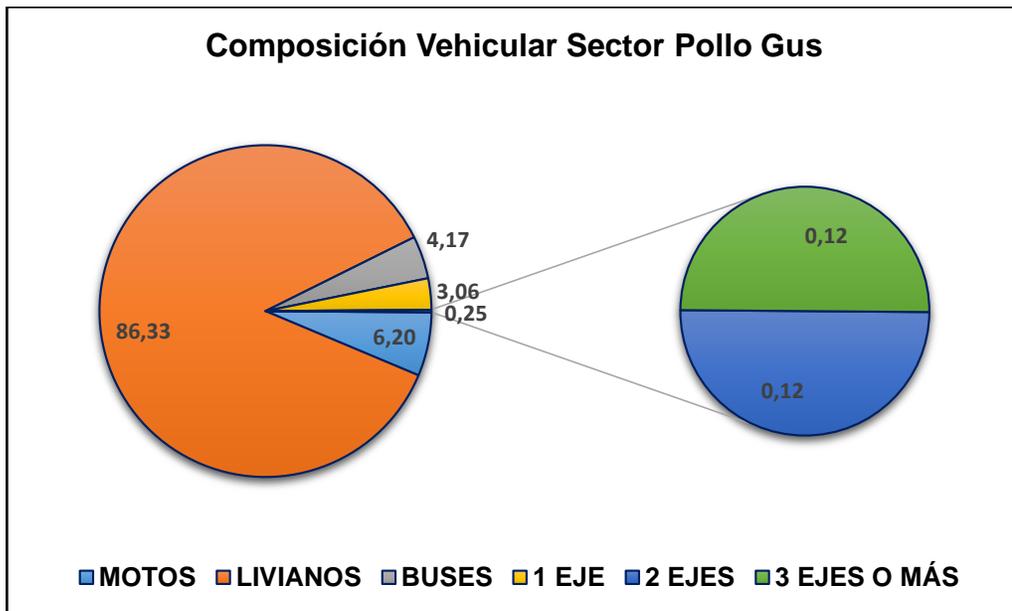
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR PUENTE NUEVE

**Sector Pollo Gus:**

A continuación se observa la composición vehicular para el sector del Pollo Gus, que la hora pico de 17:00 a 18:00 del día jueves 26 de septiembre del 2019, corresponde el 86.33% para vehículos livianos, 6.20% para motos y 4.17% para buses mientras que vehículos pesados su porcentaje aún, no es significativo. Además se evidencia que existe un aumento de buses debido a que existen rutas de buses parroquiales que circulan por este sector.

Figura 29

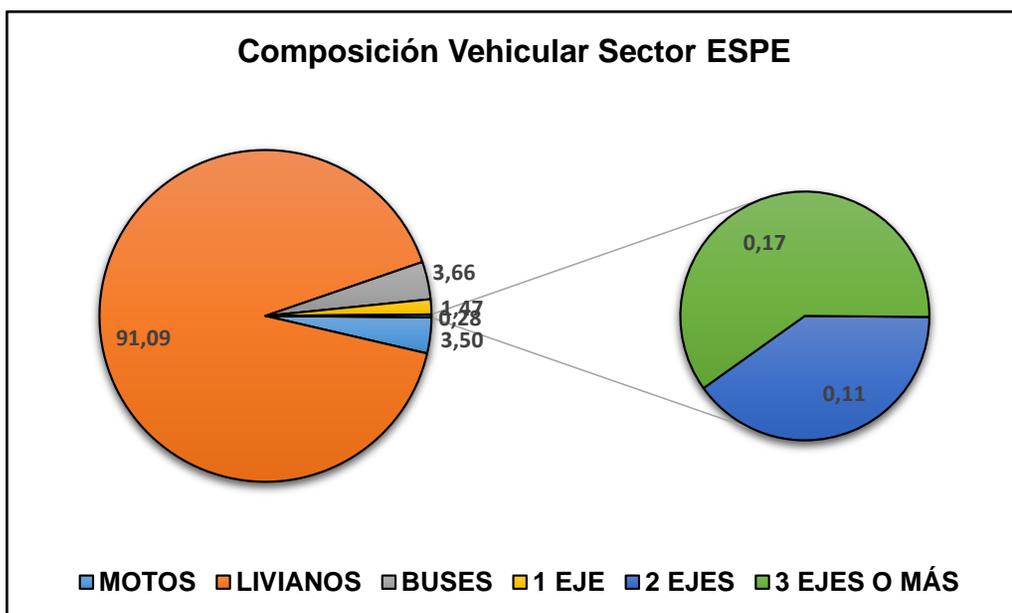
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR POLLO GUS

**Sector ESPE:**

En el siguiente gráfico la composición vehicular para el sector de la ESPE, de acuerdo al conteo la hora pico es de 17:00 a 18:00 del día miércoles 2 de octubre del 2019, corresponde al 91.09% de vehículos livianos, 3.50% para motos, 3.66% para buses y 1.75% para vehículos pesados. Se puede evidenciar que existe un aumento de vehículos livianos, esto debido al puente de la calle Río Zamora que une el redondel de Alangasí con la Av. Gral. Rumiñahui la misma que pasa en frente de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.

Figura 30

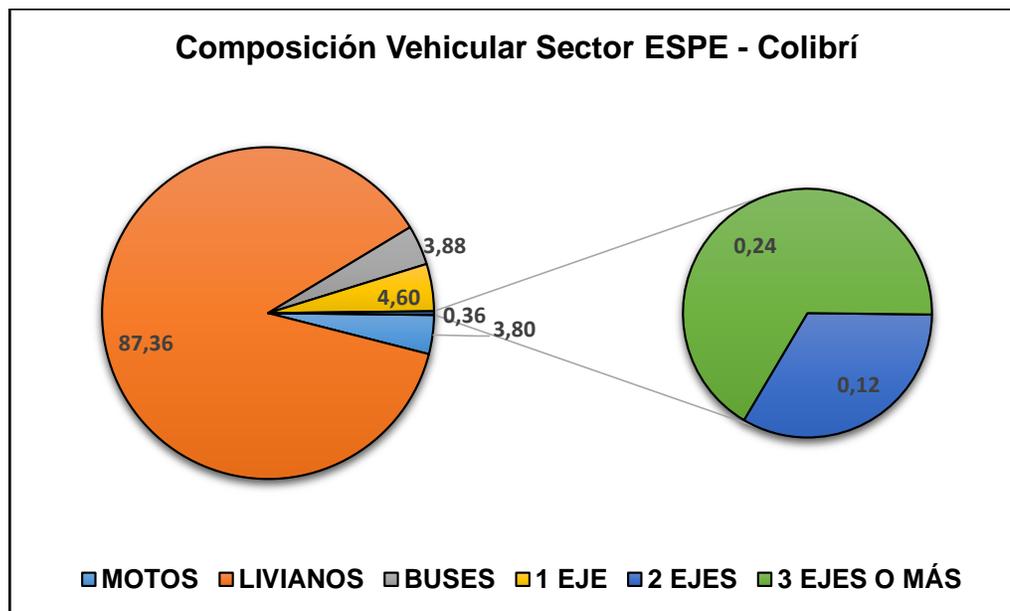
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR ESPE

**Sector Colibrí: ESPE – Colibrí**

Como se observa en el siguiente gráfico en el sector del redondel ESPE – Colibrí la hora pico es de 17:00 a 18:00 del día miércoles 2 de octubre del 2019, y el porcentaje de vehículos livianos es del 87.36%, para motos del 3.80%, buses del 3.88% mientras que vehículos pesados su porcentaje es del 4.96%. Existe un aumento notorio del porcentaje de vehículos pesados como son camiones y volquetas de un eje, esto debido a que existen ferreterías por el sector y un nuevo conjunto habitacional en construcción.

Figura 31

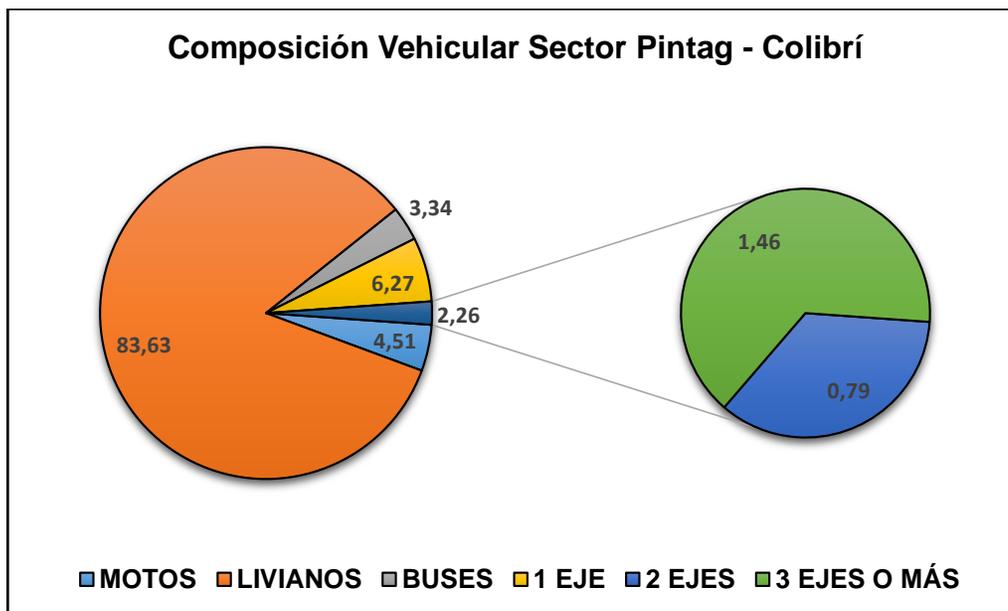
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR ESPE – COLIBRÍ

**Sector Colibrí: Pintag – Colibrí**

Para el siguiente gráfico la composición vehicular en el sector del redondel Pintag – Colibrí y de acuerdo a su hora pico de 18:00 a 19:00 del día jueves 26 de septiembre del 2019, corresponde el 83.63% para vehículos livianos, 4.51% para motos y 3.34% para buses mientras que vehículos pesados de uno y varios ejes, su porcentaje es significativo y es del 8.53%, debido a que es la ruta E35, una arteria vial principal que atraviesa de Norte a Sur a las provincias de la sierra ecuatoriana.

Figura 32

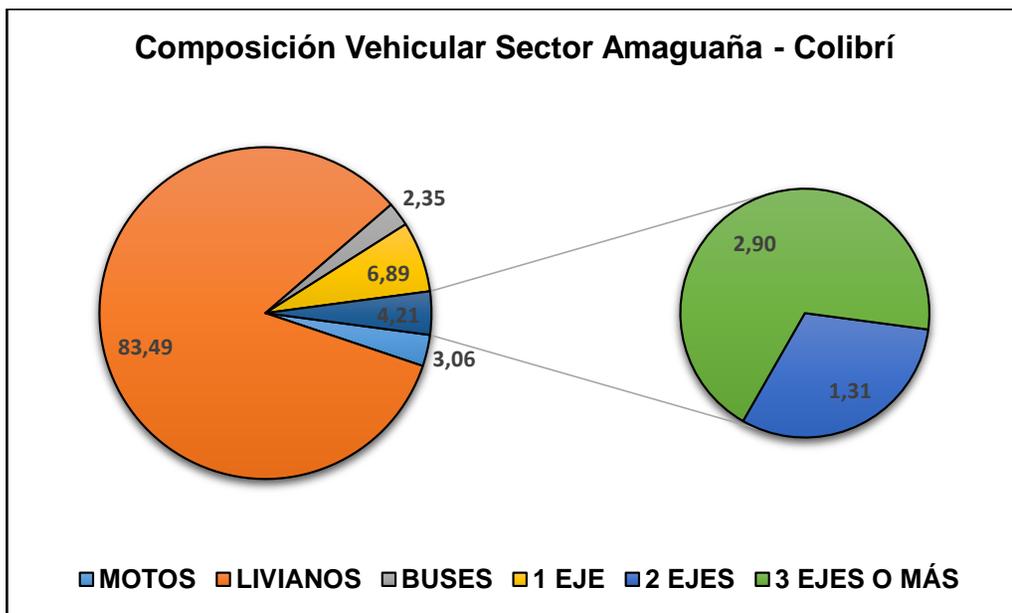
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR PINTAG – COLIBRÍ

**Sector Colibrí: Amaguaña – Colibrí**

En el siguiente gráfico la composición vehicular en el sector del redondel Amaguaña – Colibrí, de acuerdo al conteo del volumen de tráfico horario de 18:00 a 19:00 del día viernes 27 de septiembre del 2019, para vehículos livianos es del 83.49%, motos 3.06%, buses 2.35% mientras que vehículos pesados de uno y más ejes es del 11.10% existe un aumento significativo, ya que esto se debe a que es la ruta E35 eje principal donde circulan mayor cantidad de vehículos de carga y transporte pesado tanto del Norte de la Provincia de Pichincha y propios del Cantón Rumiñahui.

Figura 33

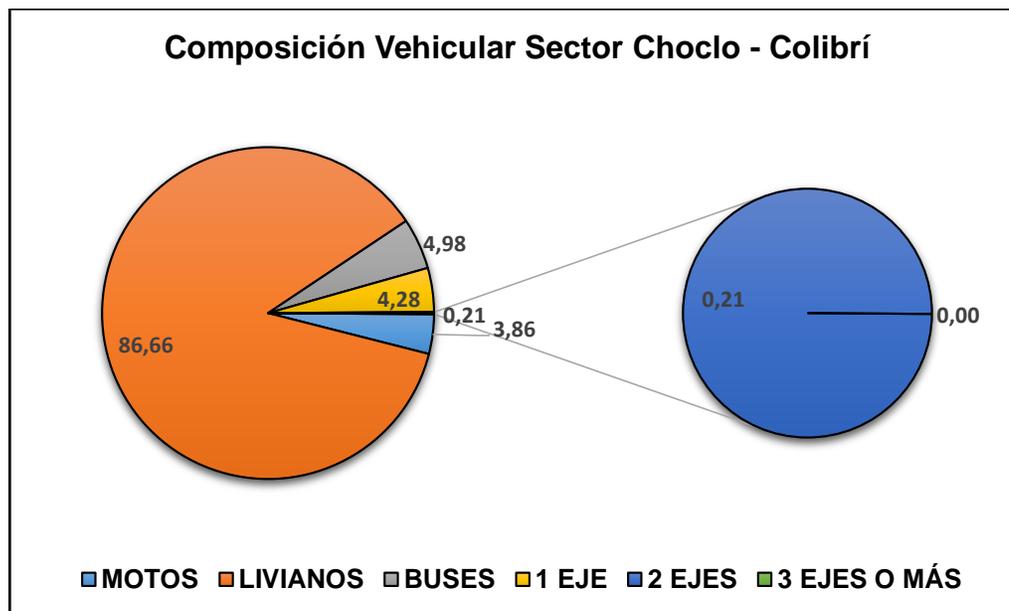
COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ

**Sector Colibrí: Choclo – Colibrí**

Como se observa en la siguiente gráfica la composición vehicular para el sector del redondel Choclo – Colibrí, mediante el conteo del volumen de tráfico horario del día miércoles 2 de octubre del 2019 a partir de las 17:00 hasta las 18:00, le corresponde el 86.66% para vehículos livianos, 3.86% para motos y 4.98% para buses mientras que vehículos pesados su porcentaje es del 4.49%. Lo que nos da a entender que existe mayor circulación de líneas buses parroquiales y de vehículos pesados de un eje es del 4.28% por lo que es una vía periférica de Sangolquí.

Figura 34

COMPOSICIÓN VEHICULAR SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



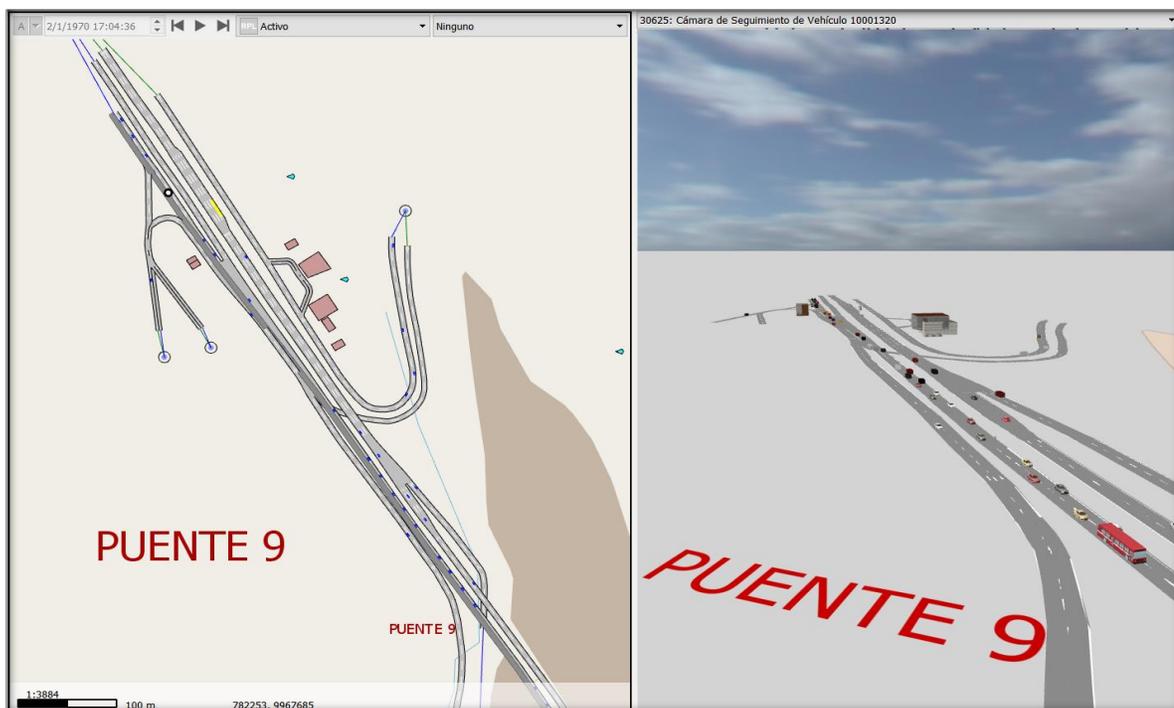
Modelación Vehicular de la Av. Gral. Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el Redondel del Colibrí en la Situación Vial Actual

A continuación se presenta los modelamientos en cada punto de control, de acuerdo con los datos que se obtienen del conteo vehicular, y se los ingresan de acuerdo a la cantidad del volumen horario de máxima demanda en el programa Aimsun, logrando verificar el estado actual de tráfico vehicular desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí.

Modelamiento Sector Puente Nueve

Figura 35

MODELO 3D AIMSUN SECTOR PUENTE NUEVE



Nota. Vista en planta del sector del Puente Nueve y modelamiento en 3D con simulación de tráfico.

Tabla 20

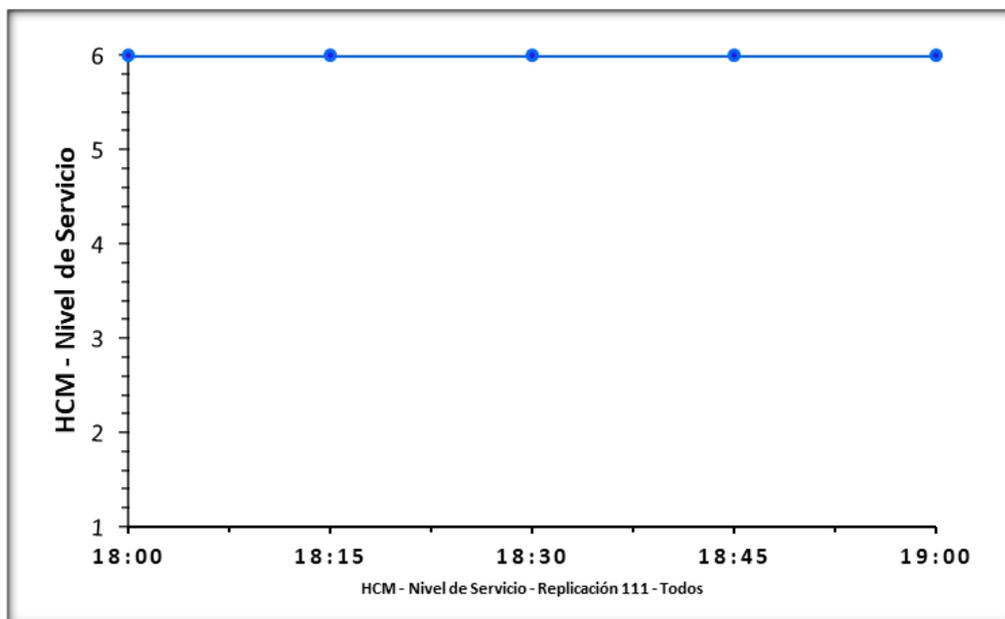
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR PUENTE NUEVE

Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	52,47	veh/km
Flujo (Intensidad)	1633	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	1602	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	202,46	seg/km
Velocidad - Todos	43,3	km/h

De acuerdo a los resultados obtenidos en el modelamiento de tráfico podemos identificar que la velocidad es de 43,3 km/h que corresponde a un tiempo de 3'22,46" por kilómetro al ingreso por el Puente Nueve.

Figura 36

NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR PUENTE NUEVE

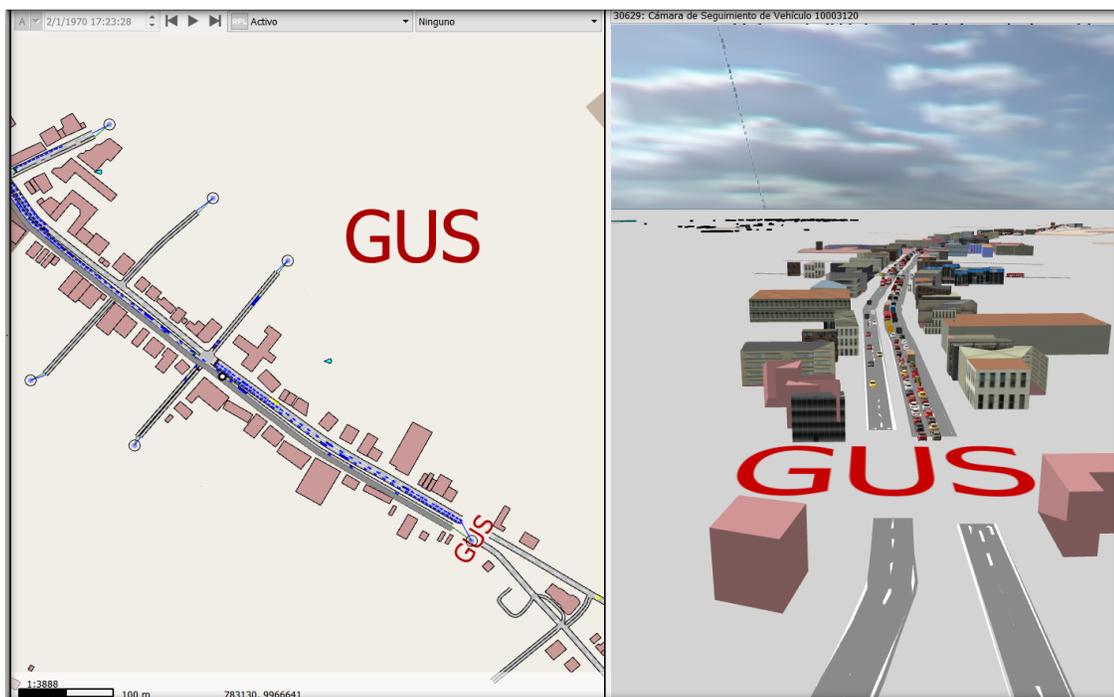


El resultado que se obtiene en el modelamiento, se evidencia y reafirma que el nivel de servicio, que de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo F (número 6) con un flujo forzado, que no cumple con el requerimiento de acuerdo al TPDA en el sector del Puente Nueve.

Modelamiento Sector Pollo Gus

Figura 37

MODELO 3D AIMSUN SECTOR POLLO GUS



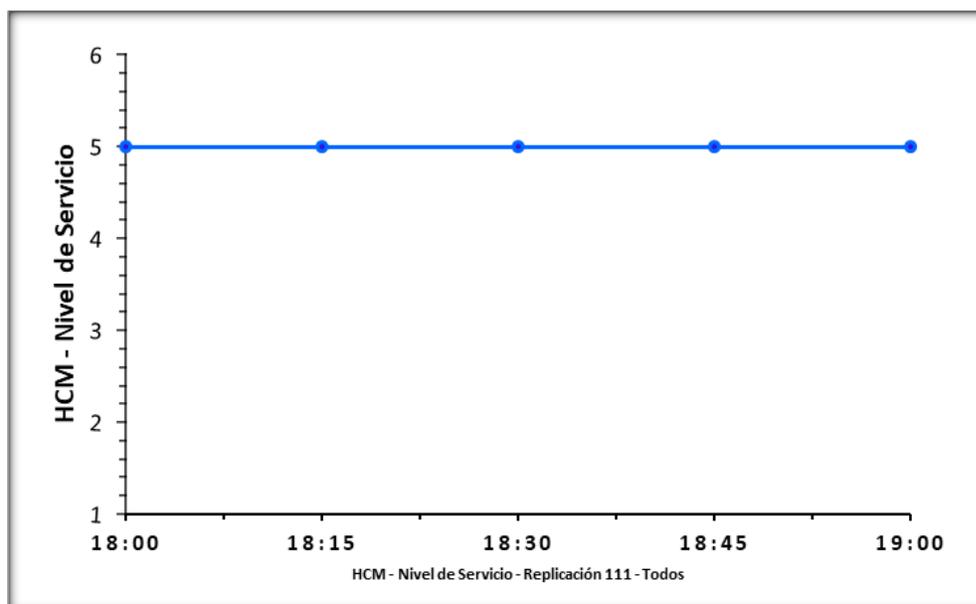
Nota. Vista de planta del sector del Pollo Gus, y modelamiento en 3D en el software de tráfico vehicular.

Como se observa en la figura del sector en el Pollo Gus en 3D, la aglomeración del sector vehicular en horas pico, se puede identificar que todo el trayecto en este eje vial la velocidad es sumamente reducida por la gran afluencia de vehículos particulares.

Tabla 21*RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR POLLO GUS*

Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	32,62	veh/km
Flujo (Intensidad)	917	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	900	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	113,71	seg/km
Velocidad - Todos	44,7	km/h

Los resultados a través del modelamiento de tráfico, la velocidad es de 44,7 km/h que corresponde a un tiempo de 1'53,71" por kilómetro al paso del sector del Pollo Gus.

Figura 38*NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR POLLO GUS*

De acuerdo a la figura anterior, el nivel de servicio con los datos ingresados después de realizar un aforo clasificatorio de vehículos, y de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo E (número 5) con un flujo inestable, debido al tráfico generado de los vehículos que ingresan de Quito a Sangolquí, por lo que no cumple con el requerimiento de acuerdo al TPDA en el sector del Pollo Gus.

Modelamiento Sector ESPE

Figura 39

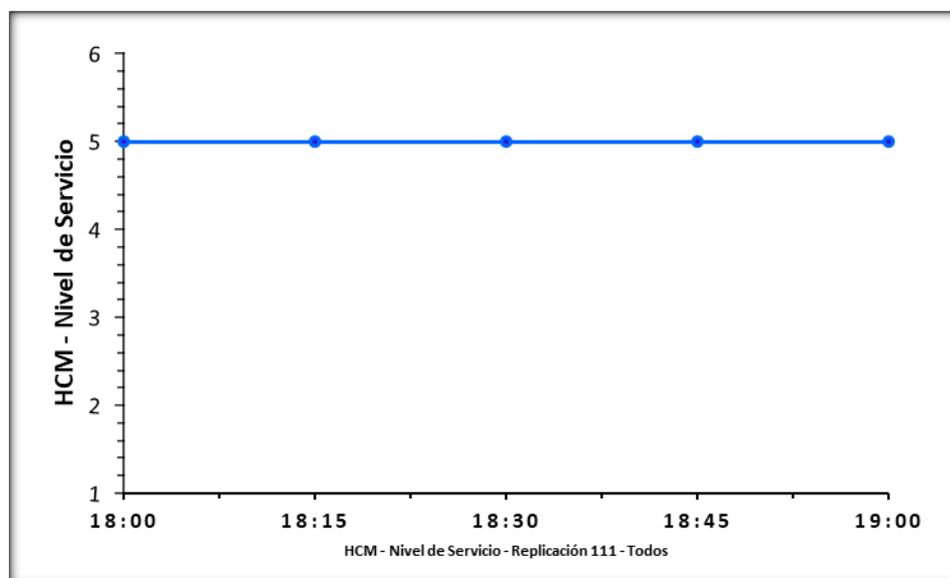
MODELO 3D AIMSUN SECTOR ESPE



Tabla 22*RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR ESPE*

Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	43,60	veh/km
Flujo (Intensidad)	989	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	970	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	122,61	seg/km
Velocidad - Todos	41,2	km/h

De acuerdo a la tabla obtenida en el modelamiento, se observa que la velocidad es de 41,2 km/h que corresponde a un tiempo de 2'02,61" por kilómetro en horas pico en el sector de la ESPE.

Figura 40*NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR ESPE*

De acuerdo a la figura, indica que el nivel de servicio de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo E (número 5) con un flujo inestable, durante la hora pico ya que no cumple, con el requerimiento de acuerdo al TPDA en el sector de la ESPE.

Modelamiento Sector Colibrí

Sector ESPE – Colibrí

Figura 41

MODELO 3D AIMSUN SECTOR ESPE - COLIBRÍ

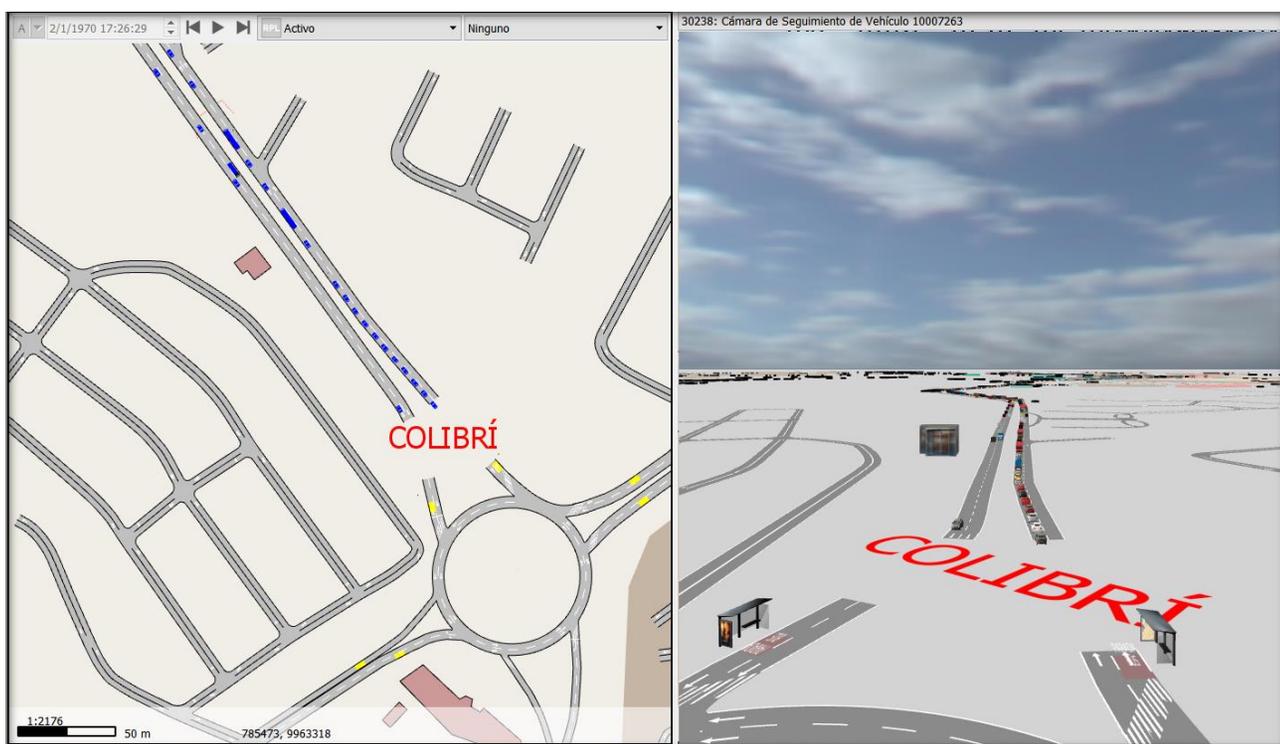
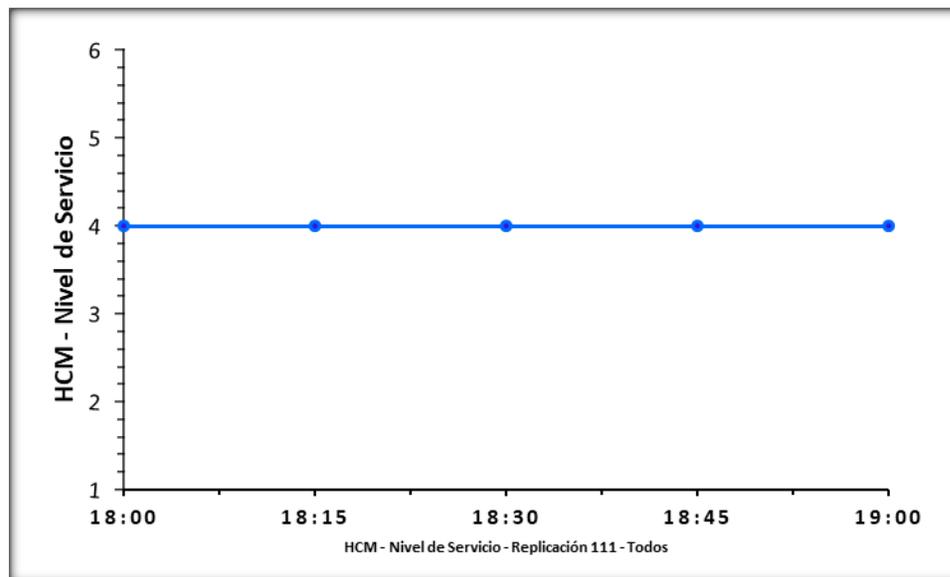


Tabla 23*RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR ESPE – COLIBRÍ*

Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	30,17	veh/km
Flujo (Intensidad)	739	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	725	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	91,64	seg/km
Velocidad - Todos	45,3	km/h

En esta tabla se observa que la velocidad es de 45,3 km/h que corresponde a un tiempo de 1'31,64" por kilómetro y una densidad de 30 vehículos por kilómetro de vía en el sector de la ESPE – Colibrí.

Figura 42*NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR ESPE – COLIBRÍ*

En la figura se observa que el nivel de servicio de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo D (número 4) con un flujo casi inestable, que no cumple con el requerimiento de acuerdo al TPDA en el sector del Colibrí.

Sector Pintag – Colibrí

Figura 43

MODELO EN AIMSUN SECTOR PINTAG – COLIBRÍ

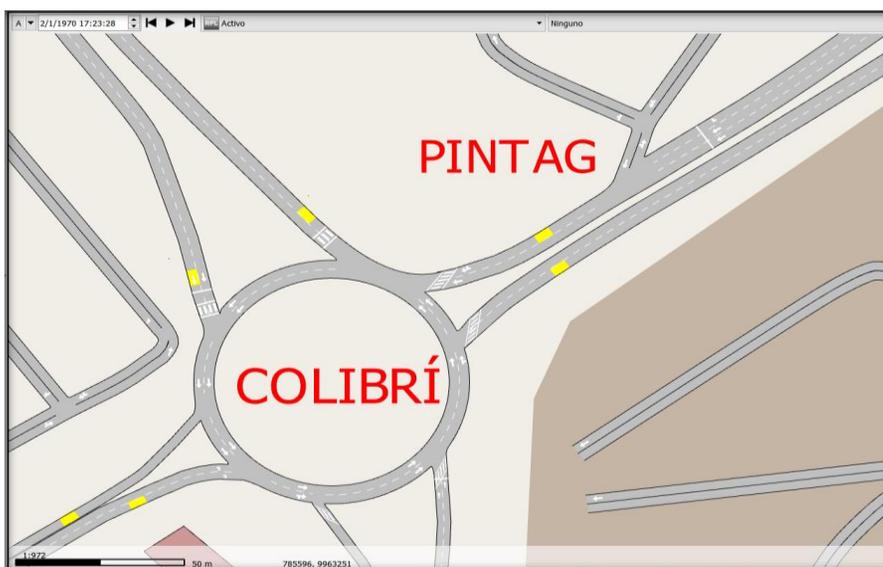


Tabla 24

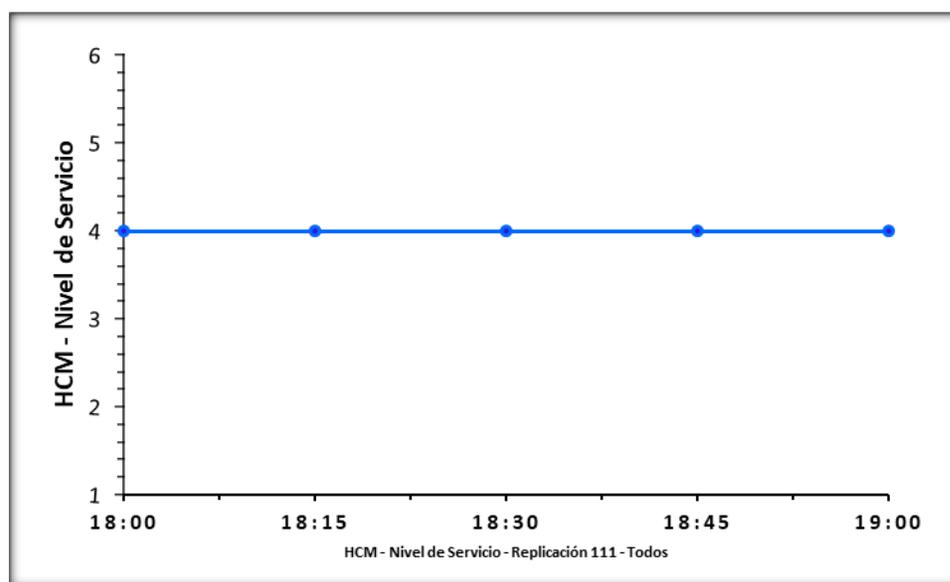
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR PINTAG – COLIBRÍ

Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	29,64	veh/km
Flujo (Intensidad)	701	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	688	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	86,88	seg/km
Velocidad - Todos	40.3	km/h

En esta tabla se verifica que la velocidad es de 40,3 km/h que corresponde a un tiempo de 1'26,88" por kilómetro en el sector del Colibrí cuya densidad es de 30 vehículos por kilómetro debido a la aproximación al redondeo.

Figura 44

NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR PINTAG – COLIBRÍ



En la figura se observa que el nivel de servicio de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo D (número 4) con un flujo casi inestable, que no cumple con el requerimiento de acuerdo al TPDA en el sector del Colibrí ya que es un corredor arterial.

Sector Amaguaña – Colibrí

Figura 45

MODELO EN AIMSUN SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ

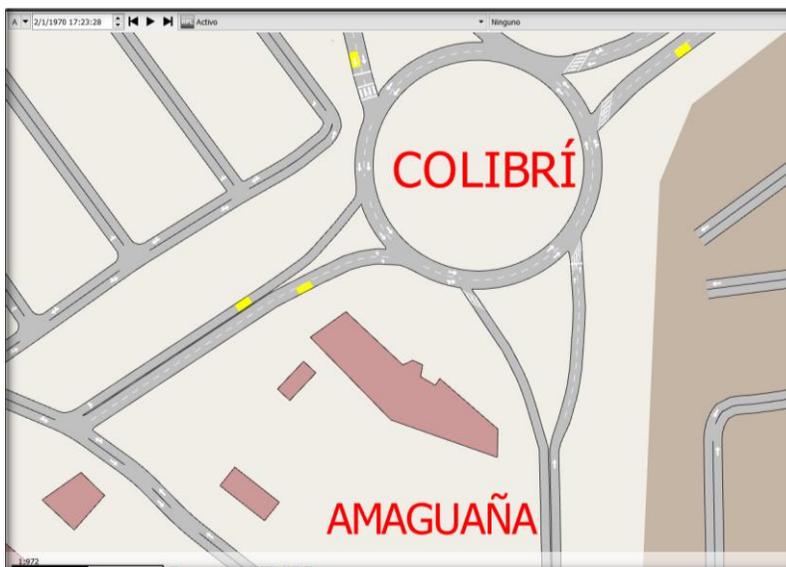


Tabla 25

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ

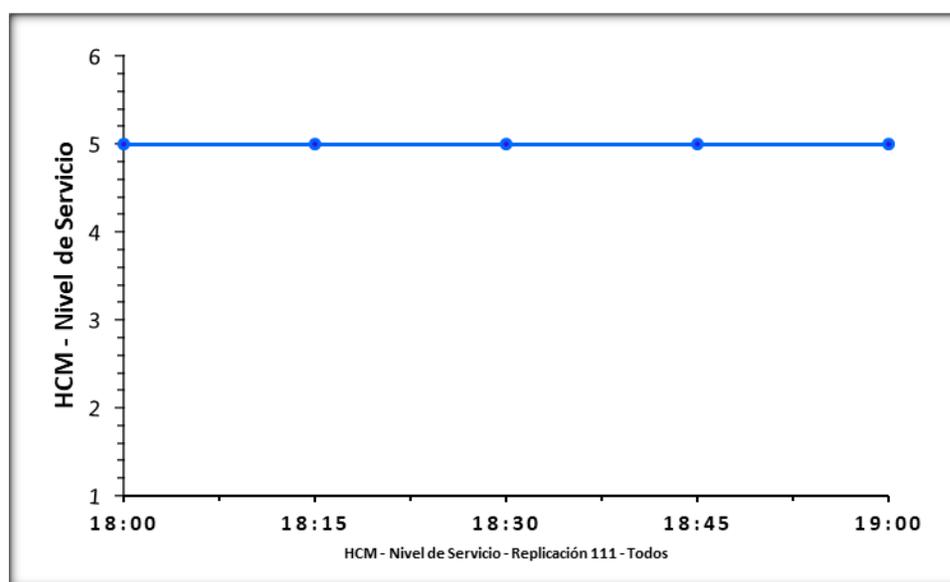
Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	33,66	veh/km
Flujo (Intensidad)	993	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	974	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	123,11	seg/km
Velocidad - Todos	45,3	km/h

En la tabla se observa que la velocidad es de 45,3 km/h que corresponde a un tiempo de 2´03,11” por kilómetro en el sector del Colibrí en dirección hacia

Amaguaña, cuya densidad es de 34 vehículos por kilómetro debido a que acoge vehículos de la Av. Gral. Rumiñahui, E35 y provenientes del redondel del Choclo, generando congestión de tránsito.

Figura 46

NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ



En la figura se observa que el nivel de servicio de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo E (número 5) con un flujo inestable, que no cumple con el requerimiento de acuerdo al TPDA debido a que es un corredor arterial.

Sector Choclo – Colibrí

Figura 47

MODELO EN AIMSUN SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



Tabla 26

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO AIMSUN SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ

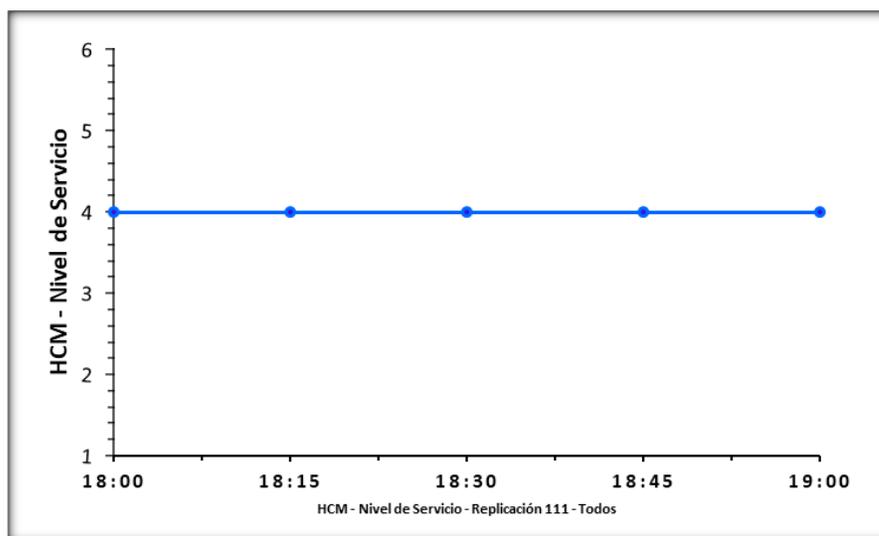
Datos	Vía Actual	Unidades
Densidad	29,50	veh/km
Flujo (Intensidad)	691	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	678	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	85,62	seg/km
Velocidad - Todos	40,3	km/h

En la tabla se observa que la velocidad es de 40,3 km/h que corresponde a un tiempo de 1'25,62" por kilómetro en el sector del Colibrí en dirección hacia

el redondel del Choclo, cuya densidad es de 30 vehículos por kilómetro debido a que es una avenida colectora de ingreso y salida de Sangolquí.

Figura 48

NIVEL DE SERVICIO OBTENIDO SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



En la figura se observa que el nivel de servicio de acuerdo al Highway Capacity Manual (HCM), es de tipo D (número 4) con un flujo casi inestable, que cumple medianamente con el requerimiento de acuerdo al TPDA debido a que es una vía de desfogue de la arteria principal.

***Modelación Vehicular a la Solución Propuesta de la Av. Gral. Rumiñahui
Desde el Puente Nueve hasta el Redondel del Colibrí***

Dimensionamiento de la Propuesta Vial

La solución vial para el modelamiento es elevar cuatro carriles (2 de ida y 2 de vuelta), a 14 metros sobre la calzada, en vista que el punto más elevado es

el puente que está ubicado, al frente del Hipper Market de la Avenida Zamora como se indica en la figura, el cual está a 9 metros sobre la Av. Gral Rumiñahui. Por esta razón las pilas deben ser de una altura de 13 metros con un diámetro aproximado de 1.20 metros, ubicados en el centro del parter de la Avenida Gral. Rumiñahui, más un metro del cabezal donde se asientan las vigas de la vía elevada. Los ingresos a la vía elevada serán en el Puente Nueve hasta sobrepasar el redondel del Colibrí que es la ruta E35 antes del ingreso a Selva Alegre.

Figura 49

PUENTE SOBRE LA AV. GENERAL RUMIÑAHUI



Aspectos Generales: En las autopistas la función principal es de movilidad, no de acceso. Además, no existen en las autopistas intersecciones a nivel, semaforizaciones o controladas por señales de alto. La circulación de los dos sentidos opuestos está separada generalmente por una barrera divisoria de hormigón tipo Jersey como se evidencia en la siguiente figura. (MTOP, NEVI-12, 2013).

Figura 50

BARRERA VEHICULAR TIPO JERSEY



Nota. La imagen se indica el uso de los separadores de hormigón para la separación de los carriles. Tomado de <https://www.ecuaconductos.com.ec/barreravehicular>

Velocidad de Diseño: De acuerdo al (MTOP, Normas para Estudios y Diseños Viales Volumen 2, Libro A, 2013), se toma en cuenta una vía de alta

capacidad urbana, cuya velocidad de proyecto es de 100 Km/h con una pendiente máxima del 8%.

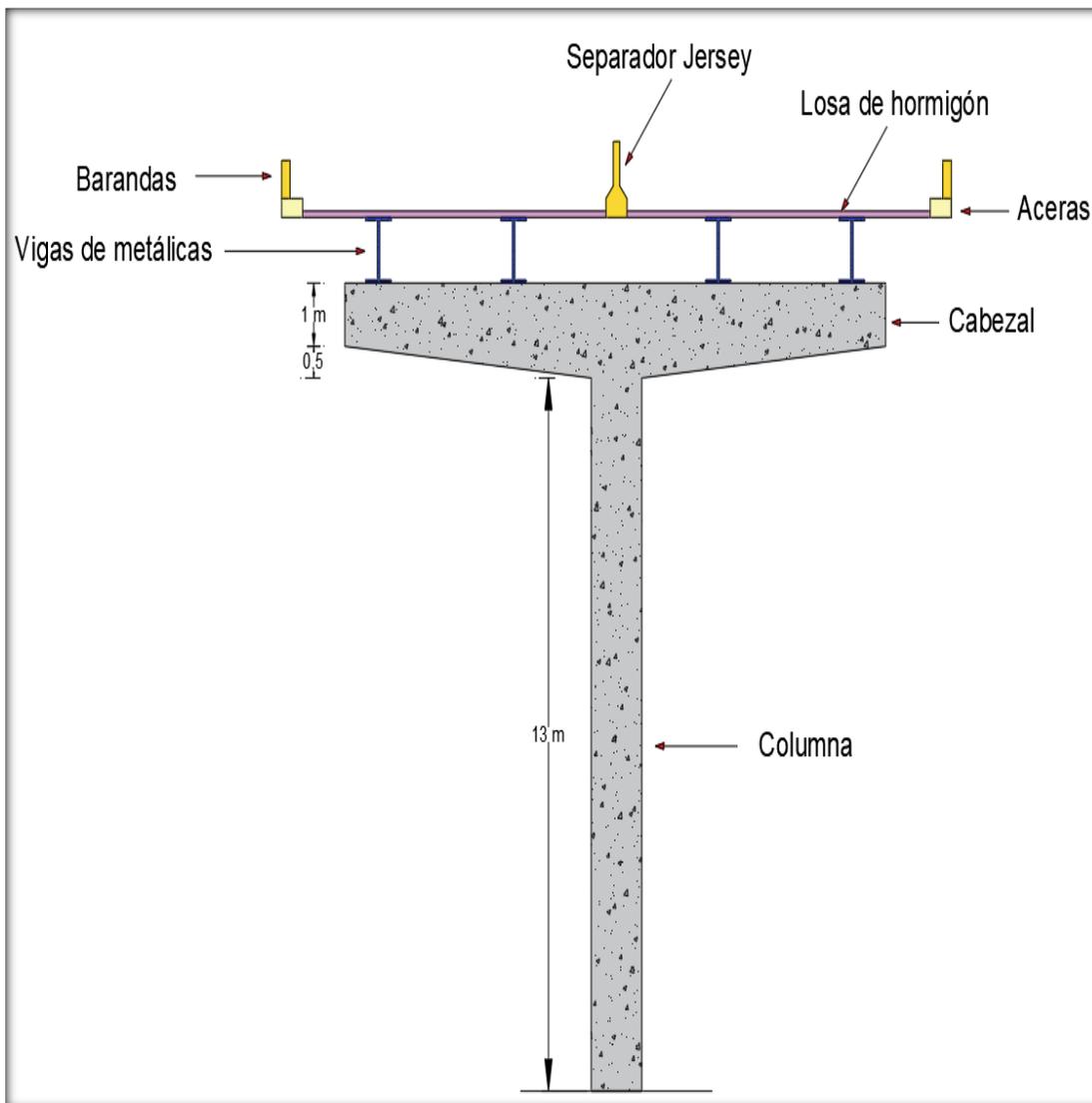
Anchos de Carril: Según (MTOP, NEVI-12, 2013), indica que el ancho exigible es de 3.65 metros por carril, y una sección transversal con pendientes de 1.5 a 2 por ciento con una corona en el centro de la línea del pavimento.

Bordillos: Lo que indica el (MOP, 2003), para los bordillos el ancho máximo será de 0.25 m, y la altura desde el nivel de la calzada (incluyendo capa de rodadura) no será menor de 0.25 m ni mayor de 0.30 m

Aceras: El (MOP, 2003), recomienda un ancho mínimo de 0,5 m pero se puede utilizar anchos de 0.75 m, 1 m, 1.50 m, y 2 m u otra dimensión que será aprobada por la Dirección de Estudios del MOP.

Barandas: Se deben instalarse en los dos lados de la estructura de un puente para la protección de los vehículos como efecto psicológico en el conductor. Las barandas de protección tendrán una altura mínima de 0.9 m desde el nivel de la calzada. (MOP, 2003).

Sección tipo de la vía elevada: A continuación se indica las partes de la vía elevada que se optó a la solución vial para su modelamiento.

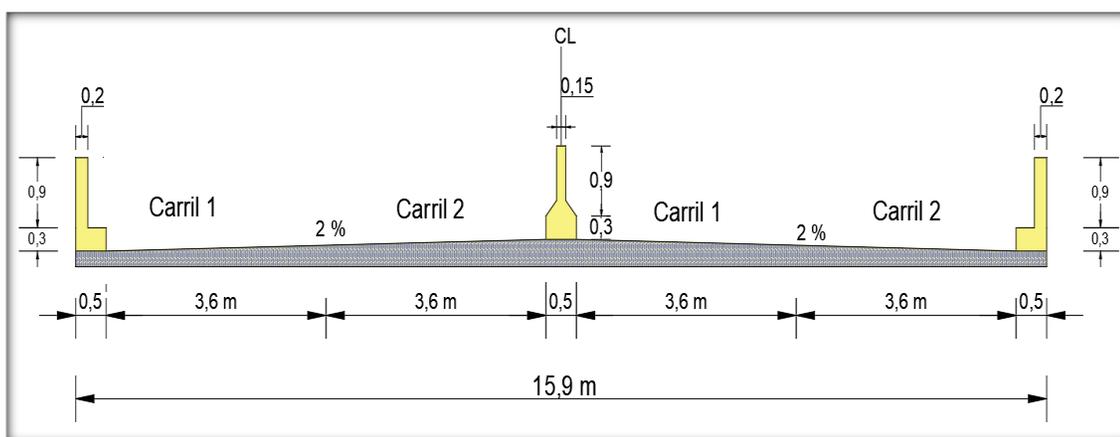
Figura 51**PARTES DE LA VÍA ELEVADA**

En la imagen se puede observar una pila de aproximadamente de 13 metros de altura con un diámetro de 1,20 metros, con un cabezal donde se asientan las vigas metálicas las mismas que ayudan a soportar la losa de hormigón para el flujo vehicular. Con la ayuda de las vigas metálicas se pueden alcanzar distancias de hasta 50 metros de longitud, reduciendo esta manera el

peso en comparación con las vigas postensadas de hormigón, debido a la forma constructiva por lo que se requeriría de espacio y una maquinaria especial para poder elevarlas hasta los 13 metros de altura aproximadamente.

Figura 52

SECCIÓN TIPO DE LA VÍA ELEVADA



En esta figura se observa la sección típica de la vía elevada sobre las pilas que se asientan sobre las vigas metálicas. Existen dos carriles uno de ida y otro de regreso, para lo cual el ancho de cada uno de los carriles es de 3,60 metros con las separación de un muro de protección tipo Jersey, y a los extremos se encuentran las barandas de seguridad, con una acera de 0,5 metros dando la sensación de seguridad al conductor en la vía.

Modelamiento Sector Puente Nueve

Figura 53

MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR PUENTE NUEVE



Nota. En esta gráfica se puede indicar en 3D la vía elevada que termina a la altura del Puente, para reducir el tráfico vehicular y aumentar el nivel de servicio durante este tramo.

Tabla 27

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR PUENTE NUEVE

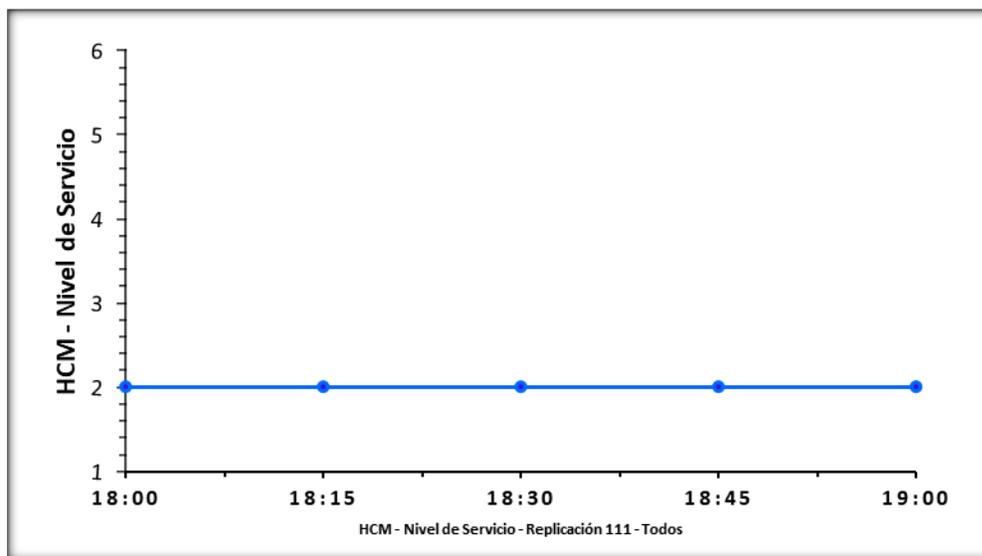
Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	31,85	veh/km
Flujo (Intensidad)	3592	veh/h

Datos	Vía Elevada	Unidades
Flujo de Entrada - Todos	3606	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	48,59	seg/km
Velocidad - Todos	72	km/h

Se puede indicar que la velocidad de circulación en el sector del Puente Nueve con la solución planteada es de 72 km/h, con un tiempo de 48,59 segundos por kilómetro lo que representa un ahorro de tiempo en la movilización.

Figura 54

NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR PUENTE NUEVE



De acuerdo a la gráfica y al *Highway Capacity Manual (HCM)*, es de tipo B (número 2), que significa que el flujo es estable manteniendo una velocidad

máxima de circulación de 80 km/h, mejorando considerablemente el nivel de servicio de la vía.

Modelamiento Sector Pollo Gus

Figura 55

MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR POLLO GUS



Tabla 28

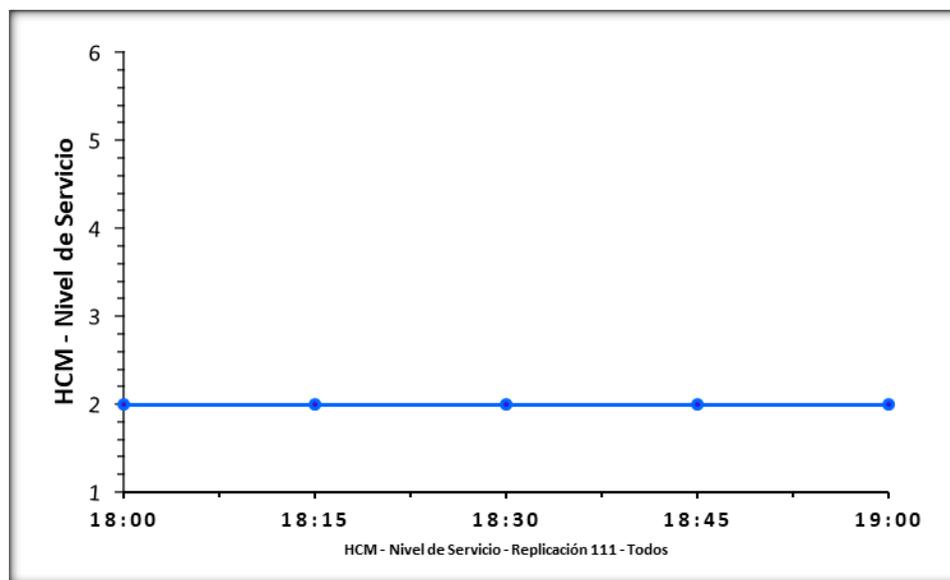
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR POLLO GUS

Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	26,66	veh/km
Flujo (Intensidad)	2017	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	2025	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	27,29	seg/km
Velocidad - Todos	61.3	km/h

En la tabla de resultados se puede evidenciar el aumento de la velocidad de 61,3 km/h, reduciendo considerablemente el tiempo de desplazamiento a 27,29 segundos por kilómetro en este tramo.

Figura 56

NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR POLLO GUS

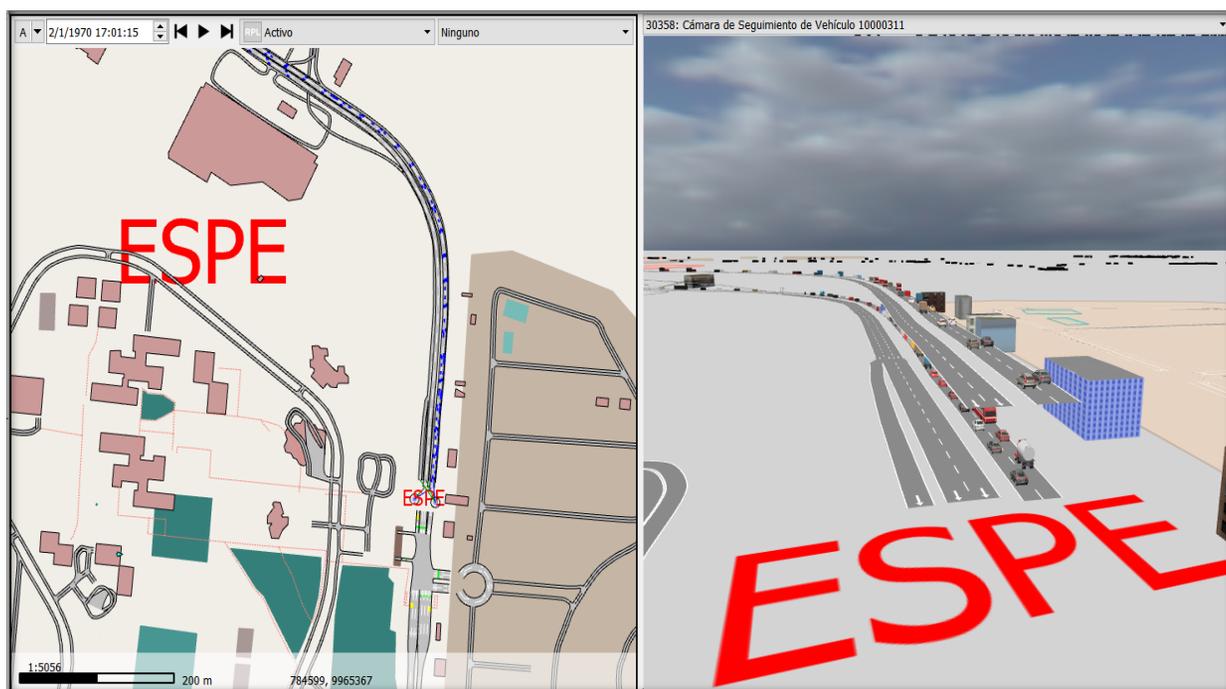


Se evidencia en la gráfica y al *Highway Capacity Manual (HCM)*, es de tipo B (número 2) en el sector del Pollo Gus, que significa que el flujo es estable manteniendo una velocidad máxima de circulación de 80 km/h, mejorando el nivel de servicio en la vía.

Modelamiento Sector ESPE

Figura 57

MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE

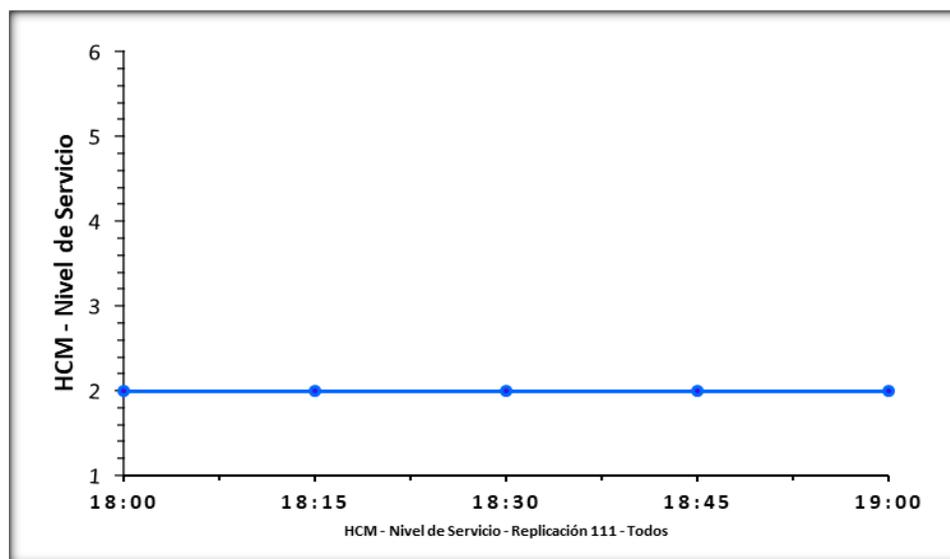


Nota. En esta figura se observa cómo se encuentra elevada en 3D la vía a la solución propuesta para mejorar el nivel de servicio en todo este trayecto.

Tabla 29**RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE**

Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	37,18	veh/km
Flujo (Intensidad)	2175	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	2184	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	29,43	seg/km
Velocidad - Todos	65.6	km/h

En esta tabla se evidencia el aumento de velocidad a 65,6 km/h, reduciendo el tiempo de viaje a 29,43 segundos por kilómetro en el sector de la ESPE.

Figura 58**NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR ESPE**

Se observa en la gráfica y de acuerdo al *Highway Capacity Manual* (HCM), es de tipo B (número 2) en el sector de la ESPE, lo que significa que el

flujo es estable manteniendo una velocidad máxima de circulación de 80 km/h, mejorando el nivel de servicio en la vía y descongestionando el ingreso y salida vehicular de la universidad.

Modelamiento sector Colibrí

Sector ESPE – Colibrí

Figura 59

MODELO 3D AIMSUN DE LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE – COLIBRÍ

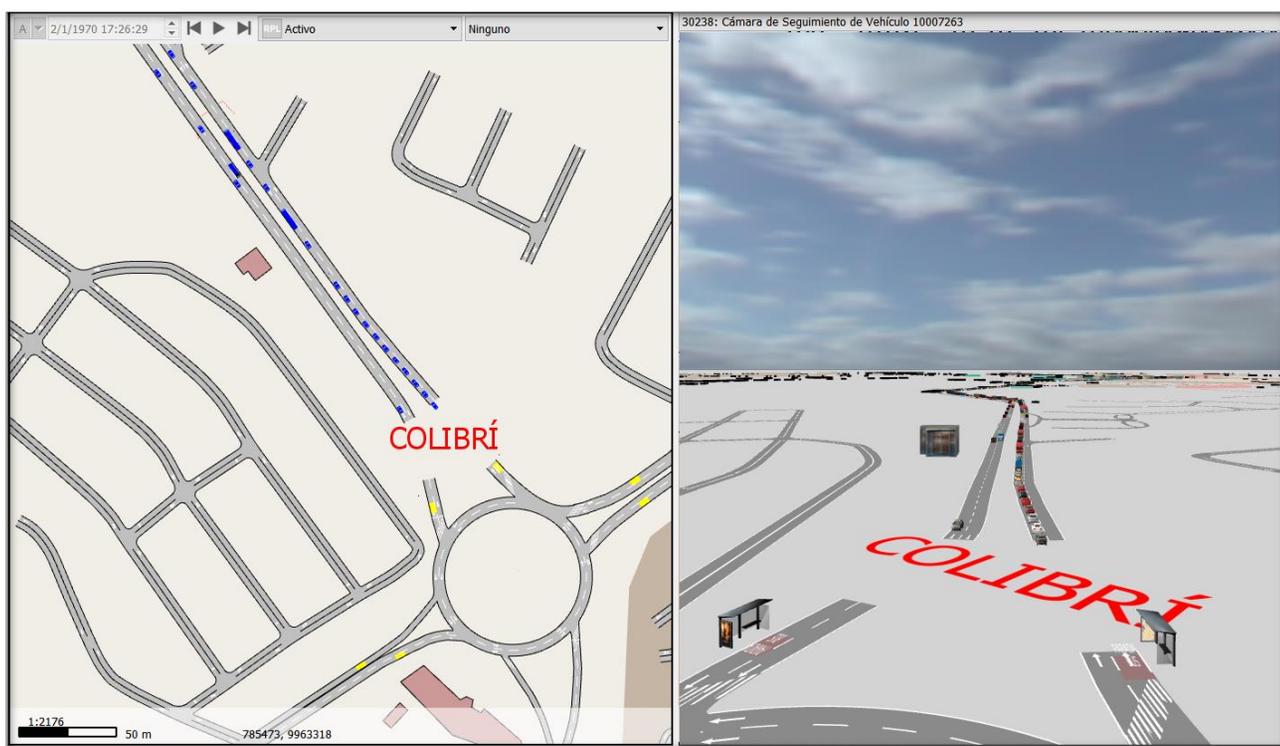


Tabla 30

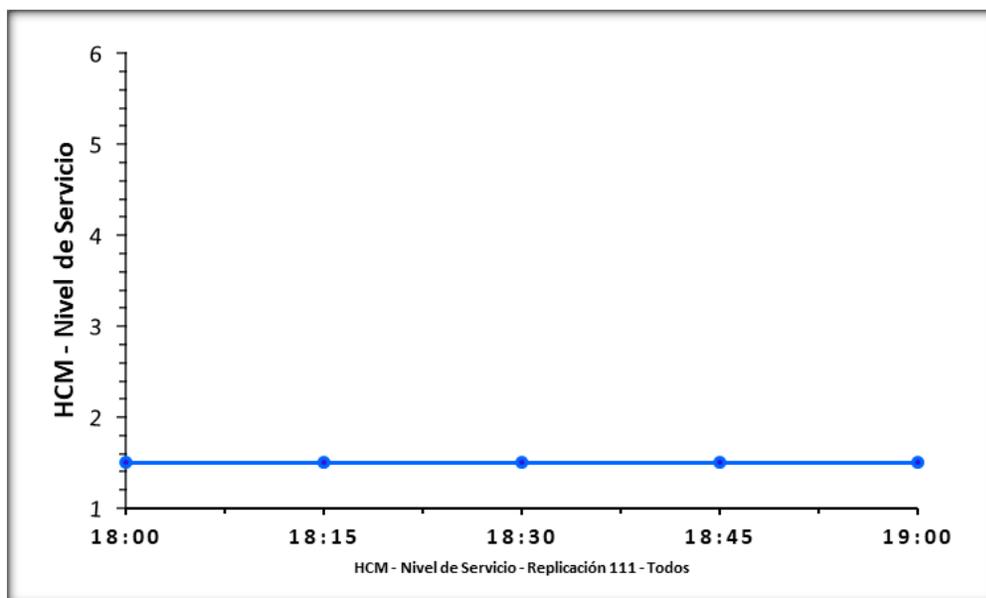
RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR ESPE – COLIBRÍ

Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	21,37	veh/km
Flujo (Intensidad)	1626	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	1632	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	21,99	seg/km
Velocidad - Todos	75	km/h

En la tabla de resultados se observa el aumento de la velocidad a 75 km/h, reduciendo considerablemente el tiempo de desplazamiento a 21,99 segundos por kilómetro al ingreso al redondel.

Figura 60

NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR ESPE – COLIBRÍ



Como se indica en la gráfica y de acuerdo al *Highway Capacity Manual* (HCM), es de tipo A - B (número 1,5) en el sector ESPE - Colibrí, que significa que el flujo es estable o flujo libre, manteniendo una velocidad máxima de circulación de 100 km/h, mejorando el nivel de servicio en la vía.

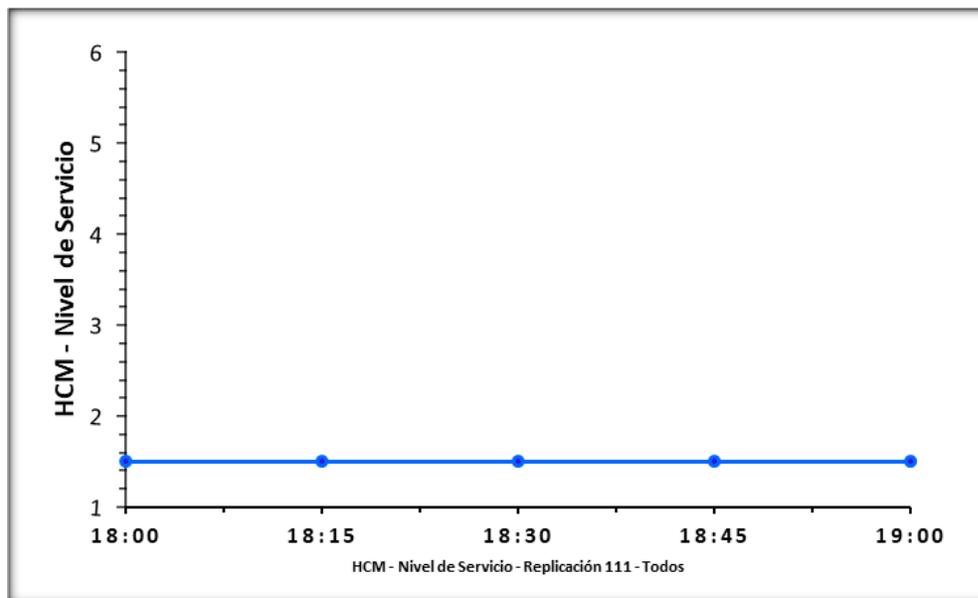
Sector Pintag – Colibrí

Tabla 31

*RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR PINTAG
– COLIBRÍ*

Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	17,09	veh/km
Flujo (Intensidad)	1541	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	1548	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	20,85	seg/km
Velocidad - Todos	78.3	km/h

En la tabla de resultados en el sector Pintag – Colibrí, se observa que se aumenta la velocidad a 78,3 km/h, reduciendo considerablemente el tiempo de espera en el redondel, por lo que el tiempo de viaje es de 20.85 segundos por kilómetro en este tramo.

Figura 61**NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR PINTAG – COLIBRÍ**

Como se observa en la gráfica y de acuerdo al *Highway Capacity Manual* (HCM), es de tipo A - B (número 1,5) en el sector de Pintag – Colibrí, lo que significa que el flujo es estable o flujo libre manteniendo una velocidad máxima de circulación de hasta 100 km/h, mejorando el nivel de servicio en este sector.

Sector Amaguaña – Colibrí**Tabla 32**
**RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR
AMAGUAÑA – COLIBRÍ**

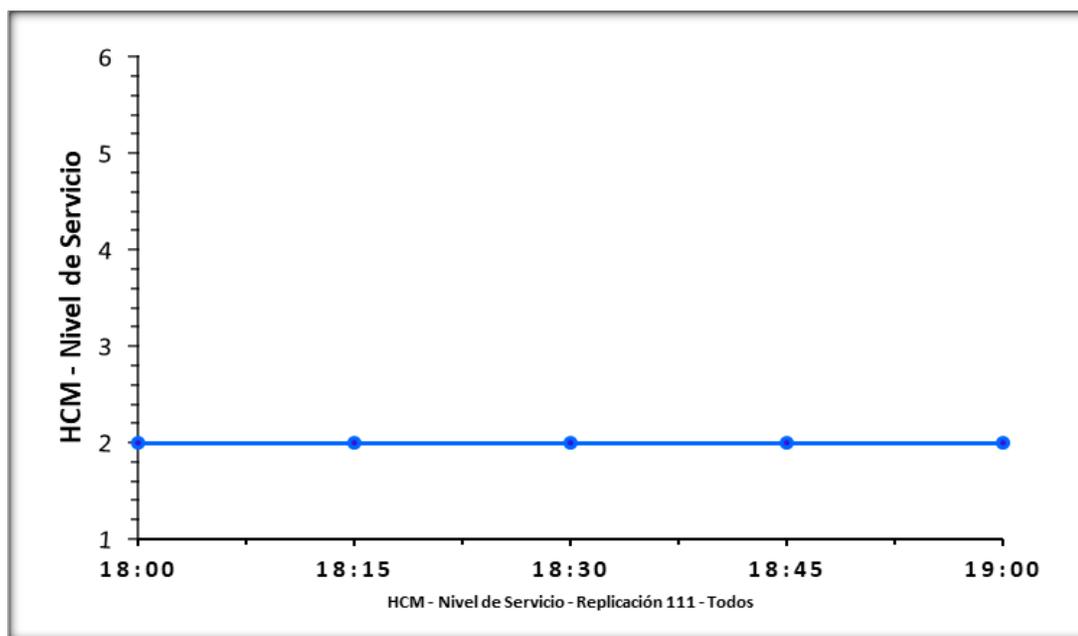
Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	27,21	veh/km
Flujo (Intensidad)	2184	veh/h

Datos	Vía Elevada	Unidades
Flujo de Entrada - Todos	2193	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	29,55	seg/km
Velocidad - Todos	82	km/h

En la tabla de resultados se observa el aumento de la velocidad a 82 km/h, reduciendo considerablemente el tiempo de desplazamiento a 29,55 segundos por kilómetro en este tramo y una densidad de 27 vehículos por kilómetro en este sector.

Figura 62

NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR AMAGUAÑA – COLIBRÍ



Como se evidencia en la figura y de acuerdo al *Highway Capacity Manual* (HCM), es de tipo B (número 2) en el sector de Amaguaña – Colibrí, lo que

significa que la condición de flujo es estable manteniendo una velocidad máxima de circulación de 80 km/h, mejorando la capacidad y el nivel de servicio en la vía.

Sector Choclo – Colibrí

Tabla 33

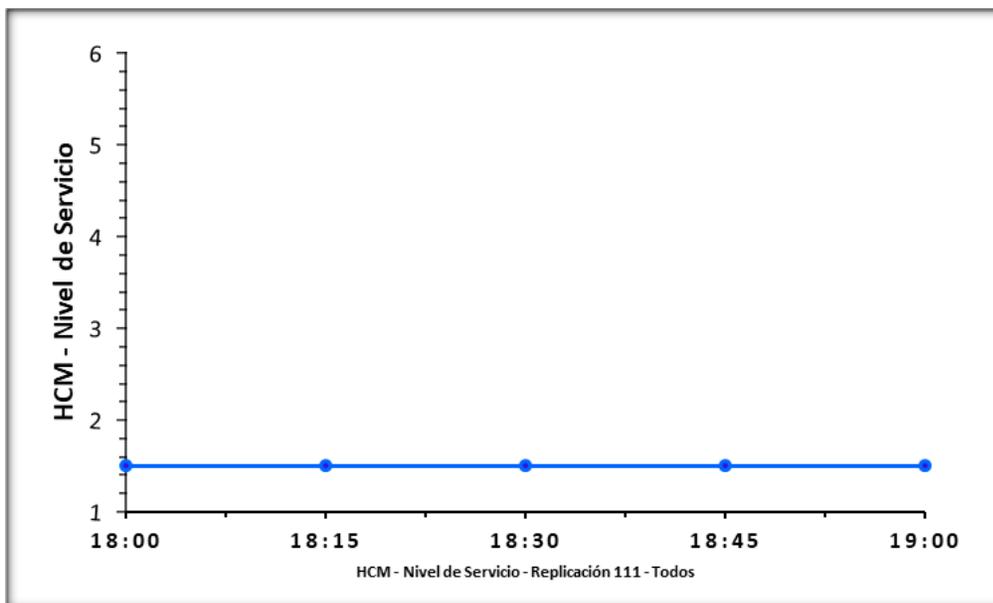
*RESULTADOS DEL MODELAMIENTO A LA SOLUCIÓN SECTOR
CHOCLO – COLIBRÍ*

Datos	Vía Elevada	Unidades
Densidad	15,01	veh/km
Flujo (Intensidad)	1519	veh/h
Flujo de Entrada - Todos	1525	veh/h
Tiempo de Viaje - Todos	20,55	seg/km
Velocidad - Todos	62.5	km/h

En la tabla de resultados se observa que el aumento de la velocidad es de 62,5 km/h, reduciendo el tiempo de viaje a 20,55 segundos por kilómetro y una densidad de 15 vehículos por kilómetro.

Figura 63

NIVEL DE SERVICIO A LA SOLUCIÓN OBTENIDA SECTOR CHOCLO – COLIBRÍ



Se observa en la gráfica y de acuerdo al *Highway Capacity Manual* (HCM), es de tipo A - B (número 1,5) en el sector de Choclo – Colibrí, que significa que la condición de flujo se encuentra estable y libre, manteniendo una velocidad máxima de circulación de 100 km/h, mejorando el nivel de servicio en este tramo.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Podemos indicar que se realizó el conteo y clasificación vehicular en cada puesto designado para el aforo, y de esta manera poder obtener datos reales de los volúmenes de tráfico para calcular, el tráfico promedio diario, el factor de hora pico y la intensidad vehicular logrando establecer el nivel de servicio actual de la Avenida General Rumiñahui desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí, y dar una solución mediante la elevación de cuatro carriles a través del modelamiento vehicular, logrando obtener un nivel de servicio B que corresponde a un flujo estable y de esta manera reducir los tiempos de viaje, la congestión vehicular y la calidad de vida en los usuarios.

A pesar de contar con vías que cumplen con las condiciones y el dimensionamiento vial, es visible que el congestionamiento vehicular cada vez se ha vuelto un problema a diario, debido al crecimiento de vehículos en los últimos años, por lo que en el Cantón Rumiñahui ya posee un problema de viabilidad, debido a la falta de estudios y análisis del comportamiento del tráfico en este cantón. Por lo que se ve la obligación de una solución oportuna a esta problemática que cada vez se agudiza y afecta al desarrollo económico en este sector.

Se concluye que no existe una cuantificación o seguimiento periódico, ni clasificatorio de la cantidad de vehículos que circulan por la Autopista General Rumiñahui, por parte de los organismos de control. Para tomar medidas correctivas de acuerdo al análisis de la ingeniería de tráfico. Es por esta razón al

no existir un registro en el tiempo, de estas características reduce la toma de decisiones o modelamientos del comportamiento del parque automotor, con estudios estadísticos para lograr la optimización de recursos y medios que sean sostenibles en el tiempo y mejoren la calidad de servicio a los usuarios.

Es importante indicar que debido a la reducida infraestructura vial existente, el nivel de servicio de los ejes o arterias principales que conectan el Distrito Metropolitano de Quito con Sangolquí, da como resultado que los flujos de circulación en todo el tramo desde el Puente Nueve hasta el redondel del Colibrí son de nivel tipo F. Esto significa que las condiciones de flujo dentro de este eje vial es forzado, debido a la congestión vehicular en sus horas pico, cuya velocidad de diseño están de 80 km/h, pero en realidad operan con una velocidad máxima de 40 km/h. evidenciando de esta manera que los tiempos de viaje para los usuarios en cada uno de sus desplazamientos es considerable, afectado directamente a la calidad de vida en general.

Hoy en día no existe un mejoramiento en el servicio de transporte masivo para evitar que más usuarios se movilicen en vehículos particulares, por la insuficiente calidad, aglomeración, inseguridad de ser víctimas de la delincuencia dentro de las unidades y por el tipo de servicio que prestan las líneas de buses en este cantón.

Recomendaciones

Debido a una inadecuada planificación de las autoridades de turno no se han realizado estudios a futuro sobre la proyección y el crecimiento de la población, y es recomendable establecer futuros lugares, para proyecto viales que faciliten el descongestionamiento de vehículos, y dejar plasmado algunas

opciones, evitando de esta manera las soluciones instantáneas a corto plazo, que solo ayuda a salvar momentáneamente el problema del tráfico.

Se debe tener una base de datos de estudios previos del conteo vehicular clasificadorio no solo cuantos vehículos pasan por el peaje de la Avenida General Rumiñahui, sino en establecer periódicamente un conteo específico del tipo de vehículos, por lo menos una vez por año para poder establecer el estudio de ingeniería de tráfico más preciso de acuerdo a la tendencia estadística del parque automotor, y de esta manera dar una solución macro a esta problemática que cada vez se vuelve más crítica.

Es recomendable que exista una estrecha comunicación la Prefectura de Pichincha con el GAD de Rumiñahui sobre la problemática vial, y que estudios poseen cada entidad para optimizar recursos, en vista que ninguno de estos organismos poseían un cuadro estadístico o tendencia de crecimiento, ni clasificadorio de vehículos que circulan por esta vía.

Es evidente que el servicio de transporte público hoy en día es deficiente, por tal motivo se debe priorizar la necesidad de mejorar un sistema de transporte masivo para evitar que más usuarios utilicen sus vehículos propios para trasladarse a sus lugares de trabajo ya que en horas pico existe gran congestión vehicular.

Bibliografía

- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington DC, Estados Unidos.
- ANT. (2016). *Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial*. Quito.
- Armijos, C. G. (2006). *La investigación Científica en preguntas y respuestas*. Quito: UNIANDES.
- Banse, K. (2013). *Curso Teórico y de práctica guiada de Aimsun*. Bogota: SIT.
- Bañón, B. L., & Bevia, G. J. (2000). *Manual de Carreteras*. Alicante: Ortiz e hijos.
- Cárdenas, J., & Cal, R. y. (2007). *Ingeniería de Tránsito*. México: Alfaomega.
- Carrasco, D. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: San Marcos.
- Chávez, L. V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima: Vchisa.
- DMQ. (2012). *Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022*. Quito: Quito.
- EIComercio. (3 de Marzo de 2015). El trayecto Valle de los Chillos El Trébol toma más de 60 minutos en horas pico. *El Comercio*.
- GADMUR. (2012). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui. Sangolquí, Pichincha, Ecuador.
- Gómez, J. R. (2004). *Ingeniería de Tráfico CIV-326*. Cochabamba: Simon.
- INEC. (2016). *El parque automotor de Ecuador creció 57% en cinco años*. Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INEC. (2019). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2018*. Quito.
- Kogan, E. (6 de Octubre de 2018). Cuántos autos hay en el mundo y cuántos se fabrican anualmente. *Hoy Los Angeles*.
- MOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito, Ecuador.
- Mora, A. M. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida*. Quito.
- MTOP. (2013). *NEVI-12 (Vol. 2A)*. Quito, Ecuador.
- MTOP. (2013). *Normas para Estudios y Diseños Viales Volumen 2, Libro A*. Quito.
- Mundo, B. (2017). Las ciudades y países con el tráfico más congestionado de América Latina. *News*.
- Navarro, S. (2017). *Ingeniería de Tránsito*. Nicaragua: Sandino.

- Orozco, O. (1981). *Manual de Viabilidad Urbana*. Caracas, Venezuela.
- PETROECUADOR, E. (2016). *Informe estadístico*. Quito.
- Romana Manuel, M. N. (2010). *Manual de Capacidad de Carreteras*. Madrid: FC.
- Romero, D. (3 de Noviembre de 2017). El parque automotor aumenta y complica más la movilidad. *El Comercio*.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Graw Hill.
- SEDESOL. (1994). *Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito*. Mexico, México.
- Tamayo, M. T. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México D.F: Limusa.
- Tapia, A. J., & Veizaga, B. R. (2006). *Apoyo Didáctico para la Enseñanza y Aprendizaje de Ingeniería de Tráfico*. Cochabamba, Bolivia.
- VCHISA. (2004). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas*. Lima, Perú: Icg.
- Villacis B. INEC, C. D. (2012). País Atrevido la nueva cara sociodemográfica del Ecuador. *Analitika*, 12-101.
- Zuriaga, A. M. (2012). *Caracterización y modelización de la velocidad de operación en carreteras convencionales a partir de la observación naturalística de la evolución de vehículos ligeros*. Barcelona: Cátedra.