



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis de demanda y asignación de tráfico vehicular en el Ministerio de Defensa, accesos Av. Maldonado y Cumandá; sector La Recoleta, cantón Quito

Apolo Torres, Oscar Daniel; Gaviláñez Jaya, Freddy Danilo; Sánchez Granizo, Héctor Hugo; Vega Cueva, Cristian Antonio; Zurita Naranjo, David Sebastián

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Morales Muñoz, Byron Omar

06 de abril de 2021

Urkund Analysis Result

Analysed Document: ANALISIS DE DEMANDA Y ASIGNACION DE TRAFICO VEHICULAR MINISTERIO DE DEFENSA_URKUND.pdf (D100539729)
Submitted: 4/3/2021 12:44:00 AM
Submitted By: dszurita@espe.edu.ec
Significance: 3 %

Sources included in the report:

TRABAJO DE TITULACION_TANIA BENAVIDES.pdf (D90142718)
 CAP TESIS_JIMMY OCAÑA.pdf (D76239199)
 TESIS BASTIDAS ANDRES-SOTO SEBASTIAN.docx (D75697845)
 Trabajo de Titulación Roberto Hidalgo.pdf (D30301240)
 20151126 Tesis Jeaneth y Daysi.docx (D16412270)
 TESIS FINAL VELASTEGUI.pdf (D93856833)
 DOCUMENTO TESIS REVISION.pdf (D64927844)
 TITULACION- LEON-2017-1.pdf (D30222436)
 Evaluación y Estudio de Tráfico Calle Jesús Yerovi-Ibarra.docx (D53930660)
 CARMEN CABRERA BEJARANO.pdf (D53376008)
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/23741>
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/16544/2019-04-10%20TESIS%20FINAL%20ROSS-VILLAMAR%C3%8CN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://es.slideshare.net/valerant/tdpa>
<https://docplayer.es/94715404-Facultad-de-ciencia-y-tecnologia.html>
<https://doku.pub/documents/ingenieria-de-transito-8a-edicion1pdf-9qgxdwgr6ln>
<http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/319/T%20338.4%20A581%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instances where selected sources appear:

30



Ing. Morales Muñoz, Byron Omar

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Análisis de demanda y asignación de tráfico vehicular en el Ministerio de Defensa, accesos Av. Maldonado y Cumandá; sector La Recoleta, cantón Quito" fue realizado por los señores CAPT. de E. Apolo Torres, Oscar Daniel; CAPT. de E. Gavilánez Jaya, Freddy Danilo; CAPT. de E. Sánchez Granizo, Héctor Hugo; CAPT. de E. Vega Cueva, Cristian Antonio y CAPT. de E. Zurita Naranjo, David Sebastián, 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 las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 06 de abril de 2021.



Ing. Morales Muñoz, Byron Omar

C. C 1712565900



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN


CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, CAPT. de E. Apolo Torres Oscar Daniel con cédula de ciudadanía n° 0703863548, CAPT. de E. Gavilánez Jaya, Freddy Danilo con cédula de ciudadanía n° 0603564253, CAPT. de E. Sánchez Granizo, Héctor Hugo con cédula de ciudadanía n° 0603573395, CAPT. de E. Vega Cueva, Cristian Antonio, con cédula de ciudadanía n° 1103922488 y CAPT. de E. Zurita Naranjo, David Sebastián con cédula de ciudadanía n° 1711748820, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Análisis de demanda y asignación de tráfico vehicular en el Ministerio de Defensa, accesos av. Maldonado y Cumandá; sector La Recoleta, cantón Quito"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 05 de abril de 2021


CAPT. de E. Apolo Torres Oscar Daniel
C.C 0703863548


CAPT. de E. Gavilánez Jaya, Freddy Danilo
C.C 0603564253


CAPT. de E. Sánchez Granizo, Héctor Hugo
C.C 0603573395


CAPT. de E. Vega Cueva, Cristian Antonio
C.C 1103922488


CAPT. de E. Zurita Naranjo, David Sebastián
C.C 1711748820



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN


CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL


AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN


Nosotros, CAPT. de E. Apolo Torres Oscar Daniel con cédula de ciudadanía n° 0703863548, CAPT. de E. Gavilánez Jaya, Freddy Danilo con cédula de ciudadanía n° 0603564253, CAPT. de E. Sánchez Granizo, Héctor Hugo con cédula de ciudadanía n° 0603573395, CAPT. de E. Vega Cueva, Cristian Antonio, con cédula de ciudadanía n° 1103922488 y CAPT. de E. Zurita Naranjo, David Sebastián con cédula de ciudadanía n° 1711748820, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Análisis de demanda y asignación de tráfico vehicular en el Ministerio de Defensa, accesos av. Maldonado y Cumandá; sector La Recoleta, cantón Quito”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 05 de abril de 2021


CAPT. de E. Apolo Torres Oscar Daniel
C.C 0703863548


CAPT. de E. Gavilánez Jaya, Freddy Danilo
C.C 0603564253


CAPT. de E. Sánchez Granizo, Héctor Hugo
C.C 0603573395


CAPT. de E. Vega Cueva, Cristian Antonio
C.C 1103922488


CAPT. de E. Zurita Naranjo, David Sebastián
C.C 1711748820

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y la santísima Virgen por llenarme de sabiduría en el arduo caminar en la Universidad, a mi esposa Libia Patiño y mis hijos por ser mi fuente de inspiración durante mi vida. A mis padres y hermano por su apoyo incondicional en todo momento.

Oscar Apolo

Dedico este trabajo en primer lugar a mi Dios, que me ha brindado la bendición de tener unos fabulosos padres y hermanos que me han apoyado siempre incondicionalmente, y dedico este trabajo también a mi familia Alba, Mateo y Sofía que me dan la energía de seguir adelante siempre.

Freddy Gaviláñez

Este trabajo de investigación se lo dedico a toda mi familia por todo el apoyo incondicional que me han brindado en todo este largo y arduo camino en la Universidad de Fuerzas Armadas, en especial a mi hijo Alejandro el cual es el motor incondicional de mi vida para seguir adelante.

Héctor Sánchez

Dedico este trabajo de investigación a mi principal apoyo e inspiración durante este trascendental período de mi vida profesional, mi esposa Glenda y mi hija Nina; a mis padres y hermanos, gracias por ser parte de mi vida e inculcarme los valores que han guiado mis pasos hasta el día de hoy.

Cristian Vega

El presente trabajo con la bendición de Dios es dedicado a mi familia, a mis padres, hermanas, especialmente a mi esposa Verónica y mi hijo Oliver, que han sido mis pilares fundamentales y la motivación incondicional para poder alcanzar este propósito y culminar con éxito esta etapa

David Zurita

Agradecimiento

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras familias por ser el motivo y razón de nuestro esfuerzo diario a lo largo de este camino de preparación y entrega que se aproxima a su fin, esto no hubiera sido posible sin su apoyo, gracias por estar presentes en una de las etapas más importantes de nuestras vidas.

A la gloriosa Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por ser nuestro segundo hogar durante esta trascendental etapa de nuestra preparación profesional. A nuestros docentes, que conforman la carrera de Ingeniería Civil, que con su dedicación ayudaron a nuestra formación con su experiencia e invaluable conocimientos, tengan por seguro que sus enseñanzas guiarán nuestros pasos en la búsqueda de nuevos retos y el cumplimiento de nuestras metas y objetivos, tanto personales como profesionales.

De manera especial, queremos agradecer por su invaluable apoyo al Sr. Ing. Byron Morales, ya que, gracias a su valioso conocimiento, experiencia y sobre todo sus indiscutibles valores éticos, nos han guiado en la elaboración y culminación de este trabajo de integración curricular, sus enseñanzas han quedado evidenciadas en el desarrollo de este proyecto.

Apolo Torres Oscar Daniel

Gavilánez Jaya Freddy Danilo

Sánchez Granizo Héctor Hugo

Vega Cueva Cristian Antonio

Zurita Naranjo David Sebastián

Índice de Contenidos

Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Agradecimiento	7
Índice de Tablas	13
Índice de Figuras	15
Capítulo I	21
Introducción	21
Descripción del Problema.....	21
Formulación del Problema	25
Justificación del Problema.....	26
Generalidades	26
Localización geográfica de la zona de estudio	27
Características del entorno.....	28
Capítulo II.....	31
Objetivos y Actividades.....	31
Objetivo Generales	31
Objetivos Específicos	31

Capítulo III	33
Metodología del estudio de tráfico	33
Conteos volumétricos de tráfico	33
Días de aforo	34
Estaciones de conteo	35
Personal del levantamiento	35
Digitación y control de calidad	36
Resultados de los conteos	40
Consideraciones Teóricas	40
Capacidad.....	40
Volumen.....	41
Volúmenes de Transito Promedio Diario.....	41
Transito Promedio Diario Anual (TPDA).....	41
Transito Promedio Diario Mensual (TPDM).....	41
Transito Promedio Diario Semanal (TPDS).....	42
Cálculo del TPDA.....	42
Factor de Hora Pico.....	42
Variabilidad de la muestra.....	43
Análisis de Velocidades	45
Protocolos de circulación dentro del Complejo Ministerial	45
Vehículos. -.....	45
Peatones. -	47
Proyecciones	47
Proyección al Tráfico Futuro	47
Definición de los tipos de tráfico para las proyecciones	50
Tráfico Normal.....	50
Tráfico Atraído.....	50
Descripción del Simulador Aimsun	50
Análisis de puntos de cruces, de convergencia, divergencia	51

	10
Análisis del estado actual de la vía	52
Señalización vial	52
Señalización horizontal	53
Señalización vertical	54
Estado de la capa de rodadura	55
Estacionamientos	55
Obtención y recolección de datos en situ.....	56
Medidas para mejorar la circulación de tráfico	57
Acciones sobre la Oferta	57
La red vial urbana.....	58
Las intersecciones.	58
Coordinación de semáforos.	59
Conteo de vehículos con cámaras en las instalaciones del Complejo Ministerial	62
Volúmenes atraídos y generados por el proyecto.....	62
Capítulo IV.....	65
Resultado de los conteos volumétricos de tráfico y simulación.....	65
Estudios realizados por el Distrito Metropolitano de Quito	65
Datos entregados por la Secretaría de Movilidad de la zona de estudio	65
Datos Av. Pedro Vicente Maldonado	65
Verificación en campo de los datos entregados	75
Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S	76
Av. Maldonado sector La Recoleta sentido S-N	77
Av. Maldonado Articulados en el sentido N-S	79
Av. El Sena en el sentido N-S.....	79
Av. El Sena en el sentido S-N.....	81
Cumandá en el sentido O-E.....	82
Av. Cumandá en el sentido O-S.....	82
Av. Cumandá en el sentido S-O.....	83
Proyección de tráfico al año 2021	84
Avenida Maldonado.....	85

	11
Sentido Norte – Sur.....	85
Sentido Sur – Norte.....	87
Articulados sentido Norte – Sur.....	90
Avenida El Sena.....	93
Sentido Norte – Sur.....	93
Sentido Sur – Norte.....	96
Avenida Cumandá.....	99
Sentido Oeste – Este.....	100
Sentido Oeste – Sur.....	102
Sentido Sur - Oeste.....	105
Estudio realizado en el Ministerio de Defensa.....	107
Períodos de aforo de Tránsito.....	107
Resultados de los aforos de tránsito.....	109
Entrada Sur (Av. Maldonado) – Ministerio de Defensa.....	110
Entrada Norte (Av. Cumandá) – Comandancia General del Ejército.....	111
Entrada Norte (Av. Cumandá) – Parqueadero Comandancia General del Ejército.....	112
Salida Norte (Av. Cumandá) – Parqueadero C.G.E. y Complejo Ministerial.....	113
Cálculo del tráfico promedio anual TPDA.....	114
Correlación de variables.....	119
Proyecciones de tráfico atraído.....	122
Proyección del TPDA futuro.....	124
Salida del Parqueadero de la Comandancia General del Ejército.....	128
Red vial.....	131
Micro simulación de 07:00-08:00 (estado actual).....	135
Micro simulación Parqueaderos Subterráneos.....	157
Av. Cumandá ingreso a parqueadero subterráneo.....	160
Av. Cumandá salida del Parqueadero Subterráneo.....	162
Av.24 de Mayo salida del Parqueadero Subterráneo.....	165
Micro simulación Parqueaderos Elevados.....	168
Av. Cumandá ingreso al Complejo Ministerial y parqueadero elevado.....	168
Av. Cumandá entrada de Parqueaderos Elevados.....	170
Av. Cumandá salida de Parqueaderos Elevados.....	173
Av.24 de Mayo salida del Parqueadero Elevados.....	175
San Vicente de Paúl entrada del Parqueadero Elevados.....	178
San Vicente de Paúl salida del Parqueadero Elevados.....	180
Niveles de servicio.....	182
.....	182

Capítulo V.....	183
Conclusiones y Recomendaciones	183
Conclusiones	183
Conclusiones del Objetivo No. 1	183
Conclusiones del Objetivo No. 2	185
Recomendaciones.....	185
Recomendaciones del Objetivo No. 1	185
Recomendaciones del Objetivo No. 2.....	186
Bibliografía	188
Anexos	190

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Parqueaderos del Complejo Ministerial</i>	57
Tabla 2 <i>Tiempo de duración de semáforos Av. Cumandá</i>	60
Tabla 3 <i>Tiempo de duración de semáforos Av. Maldonado</i>	61
Tabla 4 <i>Distribución actual de parqueaderos en el Complejo Ministerial</i>	63
Tabla 5 <i>Parqueaderos atraídos por el proyecto</i>	63
Tabla 6 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	65
Tabla 7 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	66
Tabla 8 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	67
Tabla 9 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	69
Tabla 10 <i>Conteo vehicular de la Av. El Sena, Ente Maldonado y Velasco Ibarra, sentido N-S</i>	70
Tabla 11 <i>Conteo vehicular de la Av. El Sena, Ente Maldonado y Velasco Ibarra, sentido N-S</i>	72
Tabla 12 <i>Conteo vehicular de la Av. Cumandá</i>	74
Tabla 13 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	76
Tabla 14 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado en el sentido S-N</i>	77
Tabla 15 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado Articulados en el sentido N-S</i>	79
Tabla 16 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido N-S</i>	80
Tabla 17 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido S-N</i>	81
Tabla 18 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido O-E</i>	82
Tabla 19 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido O-S</i>	83
Tabla 20 <i>Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido S-O</i>	83
Tabla 21 <i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Maldonado en el sentido N-S</i> ..	85
Tabla 22 <i>Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) proyectado al año 2021</i>	87
Tabla 23 <i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Maldonado en el sentido S-N</i> ..	87
Tabla 24 <i>Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (S-N) proyectado al año 2021</i>	90
Tabla 25 <i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de los articulados que circulan en la Av. Maldonado en el sentido N-S</i>	90
Tabla 26 <i>Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) para articulados proyectado al año 2021</i>	93
Tabla 27 <i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. El Sena en el sentido N-S</i>	93
Tabla 28 <i>Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) proyectado al año 2021</i>	96
Tabla 29 <i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. El Sena en el sentido S – N</i>	96
Tabla 30 <i>Factor de Hora Pico en la Avenida El Sena (S-N) proyectado al año 2021</i>	99

Tabla 31	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido O-E ...</i>	100
Tabla 32	<i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Oeste-Este de Av. Cumandá proyectado al 2021.....</i>	102
Tabla 33	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido O-S ...</i>	102
Tabla 34	<i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Oeste - Sur de la Av. Cumandá proyectado al 2021</i>	104
Tabla 35	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido S – O.</i>	105
Tabla 36	<i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur - Oeste de la Av. Cumandá proyectado al 2021</i>	107
Tabla 37	<i>Período de Aforo de Tránsito.....</i>	108
Tabla 38	<i>Volumen de Tránsito en la entrada Sur del Complejo Ministerial (Av. Maldonado).....</i>	110
Tabla 39	<i>Volumen de Tránsito en la entrada Norte del Complejo Ministerial (Av. Cumandá).....</i>	111
Tabla 40	<i>Volumen de Tránsito en la entrada Norte al Parqueadero de la Comandancia General del Ejército (Av. Cumandá).....</i>	112
Tabla 41	<i>Volumen de Tránsito en la salida Norte hacia la Av. Cumandá</i>	113
Tabla 42	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal entrada Sur del Complejo Ministerial La Recoleta.....</i>	114
Tabla 43	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal entrada Norte Av. Cumandá</i>	115
Tabla 44	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Salida Parqueadero Norte Av. Cumandá</i>	117
Tabla 45	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Parqueadero Norte Av. Cumandá</i>	118
Tabla 46	<i>Estacionamientos considerados para la tasa de crecimiento en Complejo Ministerial y alrededores</i>	121
Tabla 47	<i>Tráfico atraído en el ingreso hacia el parqueadero de la Comandancia General del Ejército luego de la construcción del edificio de parqueaderos</i>	123
Tabla 48	<i>Tráfico atraído desde la salida desde el Ministerio de Defensa hacia la Av. Cumandá luego de la construcción del edificio de parqueaderos (90%).....</i>	123
Tabla 49	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Proyectado en el ingreso al parqueadero de la C.G.E. (Norte).....</i>	125
Tabla 50	<i>Factor de Hora Pico proyectado el ingreso al parqueadero de la C.G.E.....</i>	127
Tabla 51	<i>Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Proyectado en la salida del parqueadero de la C.G.E. (Norte).....</i>	128
Tabla 52	<i>Factor de Hora Pico proyectado en la salida del parqueadero de la C.G.E</i>	131
Tabla 54	<i>Av. Pedro Vicente Maldonado ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado.</i>	168
Tabla 55	<i>Av. Benigno Vela ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado</i>	169
Tabla 56	<i>Av. La Exposición ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado</i>	169
Tabla 57	<i>Av. Cumandá ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado</i>	170

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Parqueadero Complejo Ministerial</i>	23
Figura 2 <i>Parqueadero de la Av. El Sena Coord. (0°13'59" S ;78°30'46" W)</i>	23
Figura 3 <i>Parqueadero en el Contorno del Complejo Ministerial</i>	24
Figura 4 <i>Ingreso al Complejo Ministerial por la Av. Cumandá</i>	24
Figura 5 <i>Salida del Complejo Ministerial a la Av. Cumandá</i>	25
Figura 6 <i>Localización de la zona de estudio</i>	27
Figura 7 <i>Ubicación de accesos al Complejo Ministerial</i>	28
Figura 8 <i>Parqueadero del Complejo Ministerial</i>	30
Figura 9 <i>Intersección Av. Cumandá y Av. Velasco Ibarra</i>	30
Figura 10 <i>Colocación de cámaras de video en los ingresos Norte y Sur del Complejo Ministerial</i> ...	34
Figura 11 <i>Formato Volumen de Tráfico Contado</i>	36
Figura 12 <i>Formato Porcentaje de Tráfico No Contado</i>	37
Figura 13 <i>Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA</i>	38
Figura 14 <i>Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA</i>	38
Figura 15 <i>Formato. Tasa de Crecimiento vehicular</i>	39
Figura 16 <i>Formato V15</i>	39
Figura 17 <i>Puntos de cruces, de convergencia y divergencia</i>	52
Figura 18 <i>Líneas transversales en el Complejo Ministerial.</i>	53
Figura 19 <i>Señalización horizontal en el Complejo Ministerial.</i>	53
Figura 20 <i>Señalética y rampas para personas con discapacidad.</i>	54
Figura 21 <i>Señalización vertical en el interior del Complejo Ministerial</i>	54
Figura 22 <i>Fisuras existentes en la capa de rodadura</i>	55
Figura 23 <i>Vehículos estacionados paralelamente a las vías de circulación.</i>	56
Figura 24 <i>Intersecciones Av. Velasco Ibarra- Av. Cumandá-Av. Pedro Pinto</i>	59
Figura 25 <i>Distribución de semáforos en la Av. Cumanda.</i>	60
Figura 26 <i>Distribución de semáforos en la Av. Maldonado.</i>	61
Figura 27 <i>Cámaras instaladas en cada uno de los ingresos y salidas del Complejo Ministerial</i>	62
Figura 28 <i>Fotografía de la verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S</i>	77
Figura 29 <i>Fotografía de la verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido S-N</i>	78
Figura 30 <i>Fotografía de la verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido N-S</i>	80
Figura 31 <i>Fotografía de la verificación de datos de la Av. Cumandá</i>	84
Figura 32 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte-Sur de la Av. Maldonado proyectado al 2021</i>	86
Figura 33 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur – Norte de la Av. Maldonado proyectado al 2021</i>	89

Figura 34 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte – Sur para vehículos articulados de la Av. Maldonado proyectado al 2021</i>	92
Figura 35 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte-Sur de la Av. El Sena proyectado al 2021</i>	95
Figura 36 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur – Norte de la Av. El Sena proyectado al 2021</i>	98
Figura 37 <i>Formato del conteo volumétrico vehicular empleado en campo</i>	109
Figura 38 <i>Panorámica del parqueadero de la Comandancia General del Ejército</i>	120
Figura 39 <i>Parqueadero ubicado sobre el Río Machángara</i>	121
Figura 40 <i>Modelo de los bloques de parqueaderos diseñados para reemplazar el actual parqueadero del C.G.E.</i>	124
Figura 41 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico proyectado en la entrada al Parqueadero de la C.G.E.</i>	127
Figura 42 <i>Volumen Máximo Horario de Tráfico proyectado en la salida del Parqueadero de la C.G.E.</i>	130
Figura 43 <i>Ventana de creación de un proyecto en el programa de AIMSUN</i>	132
Figura 44 <i>Creación del Proyecto en el software AIMSUN</i>	132
Figura 45 <i>Ventana para importar archivos</i>	133
Figura 46 <i>Ventana para determinar dimensiones de la imagen</i>	133
Figura 47 <i>Imagen del Complejo Ministerial importada desde Orto Foto</i>	134
Figura 48 <i>Ventana de diálogo de Importación de Archivos CAD</i>	134
Figura 49 <i>Imagen del Complejo Ministerial importada desde AutoCAD al programa AIMSUN</i>	135
Figura 50 <i>Ventana de Estado de tráfico</i>	136
Figura 51 <i>Flujo vehicular en la Av. Pedro Vicente Maldonado en sentido S-N</i>	136
Figura 52 <i>Flujo vehicular en la Av. Pedro Vicente Maldonado en sentido S-N</i>	137
Figura 53 <i>Flujo vehicular en la Av. Velasco Ibarra en sentido N-O</i>	137
Figura 54 <i>Flujo vehicular en la Av. Cumandá en sentido N-S</i>	138
Figura 55 <i>Flujo vehicular en la Av. Velasco Ibarra en sentido S-N</i>	138
Figura 56 <i>Ventana de Información de giros</i>	139
Figura 57 <i>Porcentajes y giros de flujo en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.</i>	139
Figura 58 <i>Porcentajes y giros de flujo en la calle Benigno Vela.</i>	140
Figura 59 <i>Porcentajes y giros de flujo en la calle La Exposición</i>	140
Figura 60 <i>Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumandá acceso al Complejo Ministerial.</i>	141
Figura 61 <i>Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumanda acceso al Complejo Ministerial.</i>	141
Figura 62 <i>Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumanda acceso al Complejo Ministerial.</i>	142
Figura 63 <i>Modelo en AIMSUN Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N</i>	142
Figura 64 <i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N</i>	143
Figura 65 <i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N</i>	143

Figura 66 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.....	144
Figura 67 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.....	144
Figura 68 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.....	145
Figura 69 Modelo en AIMSUN Av. Benigno Vela.....	145
Figura 70 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.	146
Figura 71 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.	146
Figura 72 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.	147
Figura 73 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.	147
Figura 74 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.	148
Figura 75 Modelo en AIMSUN Av. La Exposición	148
Figura 76 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La Exposición	149
Figura 77 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición	149
Figura 78 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición	150
Figura 79 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición	150
Figura 80 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición	151
Figura 81 Modelo en AIMSUN Av. Cumandá	151
Figura 82 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá	152
Figura 83 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá	152
Figura 84 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá	153
Figura 85 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá	153
Figura 86 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá	154
Figura 87 Modelo en AIMSUN Av. 24 de Mayo.....	154
Figura 88 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de mayo.....	155
Figura 89 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo	155
Figura 90 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo	156
Figura 91 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo	156
Figura 92 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo	157
Figura 93 Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.	158
Figura 94 Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.	158
Figura 95 Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.	159
Figura 96 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumanda.	160
Figura 97 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	160
Figura 98 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	161
Figura 99 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	161
Figura 100 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	162
Figura 101 Micro simulación en 2D y giro hacia la Av. Cumandá.	162
Figura 102 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	163
Figura 103 Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.	163

Figura 104	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	164
Figura 105	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	164
Figura 106	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	165
Figura 107	<i>Giro en la Av. 24 de Mayo</i>	165
Figura 108	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo</i>	166
Figura 109	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo</i>	166
Figura 110	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.</i>	167
Figura 111	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.</i>	167
Figura 112	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.</i>	168
Figura 113	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	170
Figura 114	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	171
Figura 115	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	171
Figura 116	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	172
Figura 117	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	172
Figura 118	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	173
Figura 119	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	173
Figura 120	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	174
Figura 121	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	174
Figura 122	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	175
Figura 123	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.</i>	175
Figura 124	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.</i>	176
Figura 125	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo</i>	176
Figura 126	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo</i>	177
Figura 127	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo</i>	177
Figura 128	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	178
Figura 129	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	178
Figura 130	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	179
Figura 131	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.</i>	179
Figura 132	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en San Vicente de Paul...</i>	180
Figura 133	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en San Vicente de Paul...</i>	180
Figura 134	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en San Vicente de Paul...</i>	181
Figura 135	<i>Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en San Vicente de Paul...</i>	181
Figura 136	<i>Niveles de servicio.</i>	188

Resumen

El Ministerio de Defensa se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, en el sector de la Recoleta, consta con dos vías de acceso como son la Avenida Maldonado y la Avenida Cumandá que son los ingresos principales de todo el complejo ministerial.

El presente trabajo analiza la demanda de tráfico, la asignación de tráfico y el volumen vehicular en el Ministerio de Defensa debiendo considerar las principales avenidas en el sector y las condiciones actuales de los parqueaderos internos y externos a este complejo ministerial ya que se evidencia la falta de los mismos.

Este proyecto busca mejorar las condiciones de movilidad de los peatones, transitabilidad de los vehículos y mitigación del tráfico vehicular en los accesos en los que se está analizando y evaluando la demanda de tráfico, para determinar los volúmenes actuales y futuros del sector del Ministerio de Defensa.

Se analizará información entregada por la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito y datos obtenidos por los estudiantes encargados de este estudio de tráfico, mediante la instalación de cámaras de video en diferentes puntos estratégicos del sector. Toda la información será actualizada al año en curso con la finalidad de obtener resultados adecuados y acordes a la realidad de la zona de estudio.

Mediante la utilización del software académico AIMSUN se realizará la simulación de la red vial de la zona de estudio, mediante el ingreso de datos del análisis de vías internas, volúmenes atraídos y generados por el proyecto, horas picos, semaforización, señalización horizontal y vertical con el fin de obtener un modelamiento actual y una alternativa vial, para mejorar el nivel de servicio de las vías y la transitabilidad de los peatones.

- Palabras Clave:

- **VOLUMEN DE TRÁFICO**
- **PARQUEADEROS**
- **MINISTERIO DE DEFENSA**
- **SIMULACIÓN**
- **AIMSUN**

Abstract

The Ministry of Defense is located in the city of Quito, Province of Pichincha, in the Recoiled sector, with two access roads, Avenue Maldonado and Avenue Cumandá, which are the main entrances to the entire ministerial complex.

This paper analyzes the traffic demand, traffic assignment and vehicle volume at the Ministry of Defense, considering the main avenues in the sector and the current conditions of the internal and external parking lots of this ministerial complex, since there is a clear lack of them.

This project seeks to improve pedestrian mobility conditions, vehicle traffic ability and vehicular traffic mitigation at the accesses where traffic demand is being analyzed and evaluated to determine current and future volumes in the Ministry of Defense sector.

Information provided by the Secretariat of Mobility of the Metropolitan District of Quito and data obtained by the students in charge of this traffic study will be analyzed through the installation of video cameras in different strategic points of the sector. All the information will be updated to the current year in order to obtain adequate results according to the reality of the study area.

Using the academic software AIMSUN, the simulation of the road network in the study area will be carried out by entering data from the analysis of internal roads, volumes attracted and generated by the project, peak hours, traffic lights, horizontal and vertical signaling in order to obtain a current model and a road alternative to improve the level of service of the roads and the traffic ability of pedestrians.

- Keywords:

- **TRAFFIC VOLUME**
- **PARKING SPACES**
- **MINISTRY OF DEFENSE**
- **SIMULATION**
- **AIMSUN**

Capítulo I

Introducción

Descripción del problema

Desde la concentración de personas en las grandes ciudades del mundo, se ha generado diversas actividades de índole económicas, sociales, culturales, deportivas, etc., esto ha generado que en la actualidad existan grandes problemas de congestión vehicular, ya que el uso de vehículo no es solo para el transporte de las personas que van en él, sino también de los productos e insumos que van a ser comercializados o utilizados en dicha actividad y que han generado de alguna forma el desarrollo de esas ciudades (Pérez, Bautista, Salazar, & Macías, 2014).

Quito en su configuración es de una forma alargada, estrecha en la parte centro de la ciudad y atravesada por muchas quebradas, lomas a su alrededor con una difícil conexión, y tiene una red vial que no es continua, por lo que Quito en un alto porcentaje de su espacio ha sido dispuesta para circulación vehicular (Oña, Rodríguez, & Venegas, 2012).

De acuerdo a Inrix en un estudio realizado en el 2016, donde realizaron el análisis en 1064 ciudades del mundo, para determinar la hora pico de congestión vehicular, velocidad promedio de congestión vehicular e índice de congestión, donde obtuvieron como resultados de las ciudades del Ecuador, a Guayaquil en primer lugar en el puesto 68, segundo a la ciudad de Quito en el puesto 88 entre las 1064 ciudades en estudio (Inrix, Inc, 2017).

A marzo de 2021 la misma empresa Inrix en su sitio web, sitúa a Quito como la ciudad más congestionada del Ecuador, en octavo puesto en el mundo de las ciudades más congestionadas y entrega un dato interesante como el que un conductor de la ciudad de Quito pasa 87 horas al año en tráfico vehicular (Inrix, Inc, 2021).

A esto se incorpora el aumento del parque automotor, el mismo que se ha ido incrementando con el pasar de los años de una manera acelerada. De acuerdo al Distrito Metropolitano de Quito en el 2014, la tasa de crecimiento era de un 7.5% anual lo que nos indicaba que existirían 35000 vehículos /año. Y que en el año 2014 en Quito existían 1'400.000 vehículos (htt5).

Mientras que, en el 2019 de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), el parque automotor ha tenido un incremento del 9,3% (Hidalgo, Gabriela; León, Jorge, 2020).

El Distrito Metropolitano de Quito al pasar los años se ha visto afectado por el volumen de tráfico que existe en la ciudad y por tal motivo ha tenido que implantar diferentes normas para mantener un flujo vehicular adecuado como es el pico y placa, pero aun así existen muchos sectores como La Recoleta, lugar donde se encuentra ubicado el Complejo Ministerial, por el cual sus dos avenidas de circulación como son la Av. Maldonado y la Av. Cumandá, tienen grandes problemas en diferentes horas del día.

En las Horas Pico la Av. Cumandá y la Av. Maldonado presentan una gran cantidad de vehículos y presentan una fuerte congestión vehicular, ya que el paso de la línea del Eco vía y Trolebús cruzan por estas avenidas, esto incrementa aún más este problema, cosa parecida pasa en la Av. El Sena donde se genera una fuerte acumulación de vehículos.

El problema mayor es que el Complejo Ministerial se encuentra rodeado por estas avenidas, por lo que el ingreso y salida de este lugar, genera un fuerte problema de congestión vehicular, por lo que nace la incógnita de que tiempo se tomaría evacuar el Complejo Ministerial en caso de necesitar realizar una evacuación del Complejo en las condiciones actuales y si es vulnerable o no a cualquier desastre natural o emergencia que se pueda suscitar.

Por otra parte, por el incremento del parque automotor y existir gran cantidad de personas trabajando en las diferentes dependencias del Complejo Ministerial, ha causado que sus vías internas se encuentren copadas, y que la mayor parte de la vía sea usada como parqueadero, perjudicando a la fluidez dentro del Ministerio.

Figura 1*Parqueadero Complejo Ministerial*

Nota. Se puede observar que las capacidades de los parqueaderos se encuentran al límite, usando para ello también parte de la curva de retorno.

Otro punto importante es que los parqueaderos dentro del Complejo Ministerial se encuentran al cien por ciento de su capacidad, por lo que esto ha generado, que se ocupen parqueaderos a los alrededores del Complejo Ministerial causando problemas en el Nivel de Servicio que debe brindar la institución a sus usuarios, produciendo pérdidas incluso económicas a las personas que ocupan estos parqueaderos aledaños.

Figura 2*Parqueadero de la Av. El Sena Coord. (0°13'59" S ;78°30'46" W)*

Nota. Parqueadero utilizado por personas que trabajan en el Complejo Ministerial por falta de Parqueaderos dentro del mismo.

Figura 3

Parqueadero en el Contorno del Complejo Ministerial



Nota. Se indica los vehículos que se encuentran utilizando el parqueadero en los exteriores del Complejo Ministerial

Figura 4

Ingreso al Complejo Ministerial por la Av. Cumandá



Nota. Se aprecia los vehículos que se encuentran parqueados a un costado de la vía del Complejo Ministerial, obstaculizando la vía de ingreso.

Figura 5

Salida del Complejo Ministerial a la Av. Cumandá



Nota. Se aprecia una zona de parqueo improvisada en la vía de salida a la Av. Cumandá los vehículos que se encuentran parqueados a un costado de la vía del Complejo Ministerial, obstaculizando la vía de ingreso

Formulación *del* Problema

El punto de análisis es el Complejo Ministerial ,ya que se ha identificado un problema de gestión vehicular en las avenidas que se encuentran alrededor del Complejo, por el gran número de vehículos que circulan por este sector, también por el parque automotor que es atraído hacia este Complejo Ministerial por el gran número de personas que se acercan a laborar en dicho lugar, esto ha provocado que las vías secundarias del Complejo se encuentren totalmente copadas, como también los parqueaderos internos del Complejo que están funcionando a toda su capacidad, inclusive utilizando lugares como curvas de retorno y pasos peatonales con este propósito.

Esto hace que el lugar en estudio siendo un punto considerado estratégico para el Estado sea vulnerable en caso de tener que realizar una evacuación de emergencia y que es vulnerable en cuanto a seguridad vial pudiéndose ocurrir accidentes de tráfico o poniendo en riesgo a los peatones.

Justificación del Problema

El presente proyecto tiene como fin determinar los volúmenes de tráfico actuales de las Av. Pedro Vicente Maldonado, Av. Cumandá y Av. El Sena con información proporcionada por la Secretaria de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, ya que son las vías que se encuentran alrededor del Complejo Ministerial, como también determinar los volúmenes de tráfico de los ingresos del Complejo Ministerial, todo ellos para poder determinar el nivel de servicio actual de las vías, y proponer una alternativa de solución para los problemas de tráfico actuales, como también plantear una alternativa de parqueadero que sea viable y sustentable a la realidad actual.

Generalidades

Desde la antigüedad y en el momento que se inventó la rueda y los primeros caminos, empezamos a utilizar la palabra automóvil, y vimos como poco a poco nació la Ingeniería de Tráfico, la seguridad vial y las leyes de tránsito, que desde sus inicios comenzó con el estudio de la movilidad de los vehículos y peatones con las diferentes normas para su circulación de los mismos. (Tapia & Veizaga, 2006).

Pero muy rápidamente todo cambio y en la actualidad hablamos de volúmenes de tráfico, flujos de circulación, vehículos modernos de última tecnología, autopistas, avenidas, carreteras de primera categoría y normas, leyes, reglamentos de regulación, movilidad y control que se aplican hoy en día, pero que igual sigue pasando el tiempo y no son suficientes para satisfacer las necesidades de las habitantes y mantener un tráfico adecuado para una ciudad como el Distrito Metropolitano de Quito considerada la ciudad más importante del país. (Tapia & Veizaga, 2006).

Entonces, podemos entender el problema de movilidad que tiene el Ministerio de Defensa en el sector de la Recoleta y en sus dos avenidas principales las cuales en horas ya determinadas tiene mucha congestión vehicular que dificulta el ingreso y salida por los dos ingresos que tiene este complejo ministerial. Hay que tomar en cuenta que dentro del complejo ministerial existen protocolos de seguridad a cumplir para la circulación de vehículos y peatones con la finalidad de mantener el orden y una buena circulación dentro del mismo y una asignación de parqueaderos la cual no abastece a todo el personal militar y civil que labora en la institución, los cuales deben buscar parqueaderos aledaños y fuera del perímetro del ministerio.

Se hace necesario contar con una planeación integral del transporte con el uso del suelo y la seguridad del tráfico los cuales son aspectos muy conflictivos en el sistema urbano en función a la sostenibilidad. Por tanto, se ve la necesidad de realizar estudios de tráfico, procedimientos de aplicación de los diferentes métodos de tráfico considerando modelos de crecimiento urbano que se refleja en la congestión del tráfico vehicular. (Tapia & Veizaga, 2006).

Localización geográfica de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica en las inmediaciones del Ministerio de Defensa Nacional, en la Provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, Barrio La Recoleta, calle la Exposición S4-71 y Benigno Vela.

Esta zona se encuentra rodeada por varias vías importantes, como la Avenida Pedro Vicente Maldonado por el oeste, la Avenida Cumandá por el este y la Avenida El Sena por el Sur. Estas vías son de suma importancia para conectar el norte y sur de la ciudad, ya que además del tránsito de vehículos particulares y buses de transporte urbano, por dos de estas avenidas circula el Sistema de Transporte Municipal Trolebús y Eco vía, los cuales de una u otra forma influyen directamente en la dinámica del tráfico que se desarrolla en el sector.

Figura 6

Localización de la zona de estudio



Nota. Se indica el perímetro y vías principales que rodean al Ministerio de Defensa Nacional.
Tomado de Google Earth.

El Complejo Ministerial posee dos ingresos vehiculares; el acceso “Norte” ubicado sobre la Av. Cumandá, localizado en coordenadas $0^{\circ}13'54.80''S$ y $78^{\circ}30'36.17''O$ y el acceso “Sur” ubicado sobre la calle La Exposición en coordenadas $0^{\circ}13'52.94''S$ y $78^{\circ}30'45.54''O$, cada uno con las restricciones reglamentarias establecida por la normativa interna ya mencionadas anteriormente.

Figura 7

Ubicación de accesos al Complejo Ministerial



Nota. Se especifican los ingresos vehiculares Norte y Sur al Complejo Ministerial. Tomado de Google Earth.

Características del entorno

El Complejo Ministerial es considerado un punto estratégico para el Estado Ecuatoriano ya que cumple una función primordial en lo concerniente a seguridad, pero también las Fuerzas Armadas brindan apoyo Complementario a Instituciones del Estado como es Policía Nacional, Secretarías de Gestión de Riesgos, Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos, etc.

Dentro del Complejo Ministerial se encuentran las Comandancias de la Fuerza Terrestre, Aérea y Marina y es donde se planifican las operaciones militares tanto de seguridad externa del Ecuador, como también relacionado a las operaciones en ámbito interno. Como complemento a esto, es un lugar muy recurrido por personas muy importantes como lo es el Ministro de Defensa y los generales de la alta cúpula militar, también es muy recurrente la visita de delegaciones internacionales.

Por lo tanto, concentra una gran cantidad de personas diariamente recurren a sus puestos de trabajo en sus vehículos particulares, como también en vehículos del estado que se movilizan hacia el Complejo Ministerial.

El Complejo Ministerial se encuentra en el Barrio La Recoleta, zona centro de la ciudad de Quito, cuenta con una geografía irregular, y se la puede definir como un punto de paso entre el Norte y Sur de la ciudad, pero por encontrarse rodeada de quebradas y Lomas hace que la av. Pedro Vicente Maldonado y Av. Cumandá sean muy recurrentes por los conductores que se movilizan por este sector.

Por la Av. Pedro Vicente Maldonado circulan gran cantidad de vehículos en dirección Norte- Sur y viceversa ya que este sector representa un lugar obligado de paso entre el sector de la Villa flora al Sur de la ciudad y el Centro Histórico de Quito ubicado en el centro de la ciudad, también por la misma avenida pasa la ruta troncal central Trolebús que cuenta con un carril exclusivo para su movilización. Para dar fluidez a esta vía actualmente hay 2 semáforos cercanos al Complejo Ministerial una en la intersección con la Av. El Sena y otra frente al Parque de la Recoleta.

A esta vía se incorporan los vehículos que salen del Complejo Ministerial por la salida conocida como del Ministerio de Defensa MIDENA o salida Sur, pero en un número muy reducido ya que por Normativa del Complejo la salida por ese punto es parcialmente restringido.

En la misma Av. Pedro Vicente Maldonado existen varios parqueaderos particulares que son utilizados por personas que laboran en el Complejo Ministerial por falta de parqueaderos internos.

Mientras que por la parte Norte del Complejo Ministerial cruza la Av. Cumandá, dicha vía comunica entre el sector comprendido entre La Marín y el Sur de la ciudad ya que se intercepta con la Av. Velasco Ibarra, esta avenida también comunica con el sector de el Trébol.

Por esta vía cruza el medio de transporte Eco vía y tiene un carril exclusivo para su movilización.

El Complejo Ministerial cuenta con un parqueadero que se encuentra por la salida Norte del Complejo; sea que los vehículos salgan de la parte interna o del parqueadero antes mencionado, dichos vehículos desembocan en la Av. Cumandá, esto causa un gran congestionamiento en la intersección de la A. Cumandá y Av. Velasco Ibarra.

Figura 8

Parqueadero del Complejo Ministerial



Nota. La salida tanto del parqueadero o del Complejo Ministerial desemboca en la Av. Cumandá. Existe un semáforo en la intersección, entre la Av. Cumandá y la Av. Velasco Ibarra, pero es insuficiente para evitar dicha congestión vehicular.

Figura 9

Intersección Av. Cumandá y Av. Velasco Ibarra



Nota. Los vehículos que se movilizan por la Av. Cumandá y se dirigen al sector de El trébol, deben invadir el carril dispuesto solo para uso exclusivo de Buses.

CAPÍTULO II

Objetivos y Actividades

Objetivo Generales

Analizar la demanda y asignación de tráfico vehicular en el Ministerio de Defensa, accesos Av. Maldonado y Cumandá; sector La Recoleta, cantón Quito.

Objetivos Específicos

- Analizar y determinar volúmenes, obtención de estadísticas de tráfico en la Av. Maldonado y Av. Cumandá.
 - Determinar volúmenes, características y composición del tráfico en las Av. Maldonado, Av. Cumandá y Av. El Sena, mediante el análisis y procesamiento de información estadística proporcionada por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito mediante las siguientes actividades:
 - Descripción general del proyecto, ubicación y características del entorno.
 - Análisis y procesamiento de la información disponible y base de datos. Determinación de volúmenes diarios.
 - Cálculo del TPDS, TPDA, FHP, actuales y futuros
 - Analizar la demanda de tráfico existente en los ingresos al Ministerio de Defensa, mediante la determinación de los volúmenes de tráfico para establecer niveles de servicio y una demanda estimada a futuro en base a la necesidad existente mediante las siguientes actividades:
 - Colocación de cámaras de video para la realización de aforos de tránsito en los ingresos al Complejo Ministerial
 - Análisis y procesamiento de la información disponible y base de datos. Determinación de volúmenes diarios.
 - Cálculo del TPDS, TPDA, FHP, Hora de máxima, tasa de crecimiento, oferta y demanda, TPDA futuro

- Realizar la micro simulación de asignación de tráfico vehicular a las instalaciones del Ministerio de Defensa y análisis de escenarios con parqueaderos elevados o subterráneos.
 - Definir los diferentes parámetros y características básicas que influyen en el flujo de tráfico vehicular los cuales se debe tener en cuenta al realizar la micro simulación en software de uso académico.
 - Análisis de vías internas.
 - Medidas para mejorar la circulación
 - Volúmenes atraídos y generados por el proyecto.
 - Simular el comportamiento vial teniendo en cuenta componentes como semaforización, cruces, horas pico y número de vehículos que entran y salen al Ministerio de Defensa.
 - Comparación de niveles de servicio en escenarios
 - Comparación de niveles de servicios en escenarios
 - Proyecciones de tráfico
 - Simulación con software de diseño académico de los escenarios planteados
 - Simulación con Software de diseño académico de los escenarios planteados

CAPÍTULO III

Metodología Del Estudio de Tráfico

Conteos volumétricos de tráfico

En base a las condiciones presentadas en la zona de estudio, la metodología a emplear en el desarrollo del mismo será, fundamentalmente, la ejecución de aforos de tránsito, con la finalidad de establecer los volúmenes de tráfico. Para realizar adecuadamente estos aforos, se ubicaron dos cámaras de video vigilancia, una en la entrada Sur al Complejo Ministerial y otra en la entrada Norte que permiten visualizar el acceso de vehículos por este sector y al mismo tiempo mantener el control del ingreso al parqueadero de la Comandancia General del Ejército, que tiene un ingreso propio y cuya información es relevante para el adecuado desarrollo de este trabajo.

Además, se establecieron las siguientes consideraciones:

- La vía principal dentro del Complejo Ministerial es una vía de bajo volumen de tráfico, y que inicialmente podría clasificarse como un camino básico (MTOPI, 2013), por lo que se realizó un conteo manual de los vehículos que ingresan y salen, en base a las grabaciones realizadas
- El aforo se realizó registrando los vehículos que ingresan al complejo por las dos entradas existentes, además, por necesidades propias de la simulación y planteamiento de una solución para la problemática presentada, se ejecutó de la misma forma para los vehículos que salen hacia la Av. Cumandá, es decir, por la entrada Norte.
- Se registró la composición del tráfico, para proporcionar información que pueda ser empleada posteriormente en otro tipo de estudios o de darse el caso en el diseño de pavimentos.

Además de estas actividades, es necesario considerar la información entregada por la Secretaría de Movilidad del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, la cual posee información relevante respecto a los volúmenes de tráfico presentes en las Avenidas: Pedro Vicente Maldonado, Cumandá y El Sena, que rodean a la zona de estudio, y que, en base al año en que esta información fue generada, recibió un tratamiento especial con la finalidad de actualizar toda la información disponible al año 2020, procurando acercarnos de mejor forma a la realidad existente, a pesar de que existen varios factores que intervienen de forma específica debido a la

problemática presente generada por la pandemia provocada por el SRAS-CoV-2 (COVID-2019), aspectos que se analizarán posteriormente y que son parte importante de este estudio dentro del análisis desarrollado mediante simulación.

Figura 10

Colocación de cámaras de video en los ingresos Norte y Sur del Complejo Ministerial



Nota. Se ubicaron cámaras que permitan el control de todo el ingreso y con capacidad de memoria de 15 días continuos en base a los cuales se realizó el conteo posteriormente

Días de aforo

En base a lo estipulado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, se requiere disponer de al menos un conteo manual de 7 días seguidos en una semana, considerando que esta no se encuentre afectada por eventos especiales (MTO, 2003). Fundamentados en esta premisa, para el control de ingresos, se realizó el conteo de 14 días consecutivos, comprendidos entre el viernes 15 de enero hasta el jueves 28 de enero del 2021. Y para la salida por el sector Norte del complejo se consideró un total de 7 días consecutivos, comprendidos entre el viernes 29 de enero al jueves 04 de febrero de 2021. Es conocimiento general en la ingeniería de tráfico que el realizar de forma consecutiva los conteos volumétricos mejoran de forma fundamental la calidad de datos recolectados, los cuales son más confiables y representativos (Navarro, 2017).

Por otro lado, es preciso recalcar que el conteo se realizó durante las 24 horas consecutivas y sin ninguna interrupción, por lo que la necesidad de considerar en el estudio un porcentaje de tráfico no contabilizado es obviamente nula.

Estaciones de conteo

En base a la necesidad del estudio se definieron dos estaciones para el conteo volumétrico, cada uno ubicado en el ingreso Norte y Sur de Complejo Ministerial. Los equipos se colocaron en las garitas de control pertenecientes a la Policía Militar Ministerial, que nos permitió asegurarnos que los equipos no fueran manipulados de ninguna forma, garantizando la integridad de la información.

En base a las recomendaciones determinadas por las normas (MTOP, 2013) se realizó las siguientes consideraciones:

- Durante el periodo ya establecido, se ubicó los equipos de forma que permitieran obtener datos representativos con la finalidad de comprender el comportamiento del flujo.
- Se establece que se debe numerar los accesos en el sentido de las manecillas del reloj a partir del azimut Norte, lo cual, debido a la limitada cantidad de ingresos y al conocimiento general que existe dentro del Complejo no se cumplió, manteniendo los nombres por los que son conocidos facilitando que a futuro estos datos puedan ser empleados evitando confusiones innecesarias.
- Debido a las complicaciones generadas por la pandemia y a pesar de utilizar cámaras para la recolección de datos, el conteo se define como manual, ya que se revisó cada una de las grabaciones posteriormente para determinar el volumen de tráfico.
- Considerando la evaluación y simulación de los datos obtenidos, se estableció el promedio horario de todas las observaciones realizadas, conforme lo requerido por la norma.

Personal del levantamiento

Para el levantamiento y tabulación de datos de campo, se cuenta con un grupo de trabajo conformado por los miembros del proyecto, los que cuenta con experiencia en este tipo de estudios y han recibido la capacitación correspondiente en la materia de Ingeniería de Tráfico.

De la misma forma se contó con la supervisión del Tutor de Trabajo de Integración Curricular, el cual llevo personalmente el control de las actividades realizadas en campo, además de asesorar a los alumnos cuando surgieron preguntas respecto a la clasificación vehicular y el trabajo diario.

Digitación y control de calidad

Obtenida la información durante el tiempo establecido por las cámaras puestas en los puntos anteriormente mencionados, se procede a realizar el conteo de los vehículos utilizando para ello tablas preestablecidas que llevan el siguiente formato:

Figura 11

Formato Volumen de Tráfico Contado

		VOLUMEN DE TRAFICO CONTADO																					
PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO VIAL																ESTACION: 1							
VIA: ETAPA III																UBICACION:							
SENTIDO: NORTE - SUR y SUR - NORTE																							
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHICULO																					
		LIVIANO				BUSES				CAMION				MOTOS									
										2 EJES		3 EJES O MAS											
		LUNES 25	MARTE 26	MIÉRCOLES 27	JUEVES 28	VIERNES 29	SABAD 30	DOMINGO 01	LUNES 25	MARTE 26	MIÉRCOLES 27	JUEVES 28	VIERNES 29	SABAD 30	DOMINGO 01	LUNES 25	MARTE 26	MIÉRCOLES 27	JUEVES 28	VIERNES 29	SABAD 30	DOMINGO 01	
8	07h15 a 08h15																						
9	08h15 a 09h15																						
10	09h15 a 10h15																						
11	10h15 a 11h15																						
12	11h15 a 12h15																						
13	12h15 a 13h15																						
14	13h15 a 14h15																						
15	14h15 a 15h15																						
16	15h15 a 16h15																						
17	16h15 a 17h15																						
18	17h15 a 18h15																						
19	18h15 a 19h15																						
TRAFICO DIARIO 11 HORAS (*)																							

Nota. Este formato permite realizar el conteo detallando la hora y tipo de vehículo contado

Figura 12

Formato Porcentaje de Tráfico No Contado

PORCENTAJE DE TRAFICO NO CONTADO PARA AMBOS SENTIDOS DE FLUJO											
PROYECTO: ESTUDIO Y DISEÑO VIAL 1										ESTACION:	
SENTIDO: NORTE - SUR y SUR - NORTE						UBICACION:					
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHICULO									
		LIVIANO		BUSES		CAMION				MOTOS	
						2 EJES		3 EJES O MAS			
		LUNES 25	SABADO 30	LUNES 25	SABADO 30	LUNES 25	SABADO 30	LUNES 25	SABADO 30	LUNES 25	SABADO 30
1	00h15 a 01h15										
2	01h15 a 02h15										
3	02h15 a 03h15										
4	03h15 a 04h15										
5	04h15 a 05h15										
6	05h15 a 06h15										
7	06h15 a 07h15										
8	07h15 a 08h15										
9	08h15 a 09h15										
10	09h15 a 10h15										
11	10h15 a 11h15										
12	11h15 a 12h15										
13	12h15 a 13h15										
14	13h15 a 14h15										
15	14h15 a 15h15										
16	15h15 a 16h15										
17	16h15 a 17h15										
18	17h15 a 18h15										
19	18h15 a 19h15										
20	19h15 a 20h15										
21	20h15 a 21h15										
22	21h15 a 22h15										
23	22h15 a 23h15										
24	23h15 a 00h15										
TRAFICO DIARIO 12											
TRAFICO DIARIO 24											
% TRAFICO NO CONTADO											

Nota. Este formato detalla el tráfico que no ha sido contado durante el estudio, pero existe registro de que existe dichos vehículos. En nuestro proyecto no fue necesario usar dicho formato,

Figura 13

Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)											
PROYECTO:	ESTUDIO Y DISEÑO VIAL										
VÍA:	ETAPA III					ESTACIÓN: 1					
SENTIDO:	NORTE -SUR y SUR - NORTE					UBICACIÓN:					
# ESTACIÓN	INTERVALO	TIPO DE VEHICULO				TRAFICO CONTADO	TRAFICO NO CONTADO (**)	TRAFICO PROMEDIO DIARIO	Nº DÍAS AL AÑO	TRAFICO TOTAL ANUAL	TPDA (Actual) veh/día
		LIVIANO	BUSES	CAMIÓN							
				2 EJES	3 EJES O MAS						
1	LUNES (*)										
	MARTES										
	MIÉRCOLES										
	JUEVES										
	VIERNES										
	SÁBADO (*)										
	DOMINGO										
% TRAFICO NO CONTADO											

Nota. Teniendo el número de vehículos y su tipo se puede calcular el TPDA utilizando para ello el número de días por año.

Figura 14

Formato Tráfico Promedio Diario Anual Actual TPDA

# ESTACIÓN	INTERVALO	TIPO DE VEHÍCULO				
		LIVIANO	BUSES	CAMIÓN		MOTOS
				2 EJES	3 EJES O MAS	
1	LUNES (*)					
	MARTES					
	MIÉRCOLES					
	JUEVES					
	VIERNES					
	SÁBADO (*)					
	DOMINGO					
TRAFICO CONTADO						
% TRAFICO NO CONTADO						
TRAFICO NO CONTADO						
TRAFICO TOTAL	SUMA PARCIAL					
	SUMA TOTAL					
% TRAFICO POR VEHICULO						
TPDA (ACTUAL)	TOTAL	0				
	POR VEHICULO					

Nota. Sirve también para el cálculo del TPDA.

Una vez llenos dichos formatos, se procede a digitalizar en hojas de cálculo Excel, las que permitirán establecer con los Objetivos propuestos en este proyecto

El control de calidad que se utilizó es la verificación de las tablas iniciales de la recopilación de datos por otro miembro del equipo participante del proyecto y se verificó que los valores correspondan a los que fueron digitalizados y entraron a las hojas de cálculo de Excel.

Resultados de los conteos

El resultado principal obtenido en este conteo será obtener el Volumen de Tráfico vehicular que se incorpora a las diferentes avenidas que rodean al Complejo Ministerial, obteniendo para ello el Trafico Promedio Diario Anual TPDA, el Tráfico Promedio Diario y Semanal TPDS, la distribución de circulación vehicular durante el día y así poder encontrar los Factores de Hora Pico FHP en nuestro proyecto.

Consideraciones Teóricas

Capacidad

Teóricamente se la define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera, y si nos referimos de manera particular a la capacidad de una infraestructura vial, sería la tasa máxima de flujo de vehículos o personas que se espera que pasen por un punto determinado durante un intervalo de tiempo bajo las condiciones de la infraestructura vial, del medio ambiente, del tránsito y dispositivos de control. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Para obtener una información real de la capacidad vial es recomendable utilizar un intervalo de tiempo de 15 minutos ya que de esa forma se tiene un flujo estable y de corto plazo, pero si se requiere un flujo horario, es decir cada hora, es cuestión de ordenar y sumar la información obtenida según el número de horas que se pida en el estudio.

La capacidad también es considerada una característica del sistema vial, y representa su oferta. Si determinamos un punto fijo, el volumen actual nunca puede ser mayor que su capacidad real, sin embargo, hay situaciones en las que parece que esto ocurre precisamente debido a que la capacidad es estimada o calculada mediante algún procedimiento y no observada directamente en campo. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Volumen

En la ingeniería de tránsito, el conteo o aforo se convierten en la medición básica más importante, ya sea de peatones, pasajeros, ciclista o vehículos, realizando estos conteos para poder obtener estimaciones de cuatro parámetros fundamentales: Volumen, Tasa de Flujo, Demanda y Capacidad (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal dados durante un periodo de tiempo específico, como, por ejemplo, la cantidad de vehículos que pasan por el ingreso Sur del Complejo Ministerial durante un día, y se puede expresar como (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018):

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

En donde:

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

N = número total de vehículos que pasan (vehículos)

t = período determinado (unidades de tiempo)

Volúmenes de Tránsito Promedio Diario. También conocido como TPD, se define como el total de vehículos que pasan durante un periodo de tiempo dado (considerando días completos); este periodo puede estar comprendido entre un día y un año, y es dividido para el número de días del período. Y se puede presentar los siguientes casos (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018):

Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). Se utilizan principalmente para determinar los patrones de viaje que se desarrollan en una determinada área geográfica; estimar los índices de accidentes; calcular los gastos de los usuarios en el uso de la vía y establecer tendencias y variaciones en los volúmenes de tránsito, en especial en vías con sistemas de cobro (peaje) (Navarro, 2017)

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

Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM). Al igual que el semanal su principal uso se centra en medir la demanda actual en carreteras y calles; establecer el sistema arterial de vías en una zona urbana, localizar los sectores en donde es necesario construir nuevas vías o realizar mejoras y evaluar los flujos de tránsito actuales (Navarro, 2017).

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

Transito Promedio Diario Semanal (TPDS).

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

Cálculo del TPDA. En base a lo que establece (MTOP, 2013), para poder calcular el TPDA es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para una adecuada estimación es necesario realizar mediciones continuas automáticas durante al menos un año, de no poder realizarse este procedimiento, se deben ejecutar las mediciones muestrales necesarias para obtener una aproximación al TPDA, considerando siempre los requerimientos específicos del estudio.
- La estrategia de muestreo debe considerar los dos sentidos de una vía, ya que es lógico suponer que la mitad del flujo total circula en cada sentido, sin embargo, y considerando los requerimientos y necesidades del estudio se realizó específicamente por sentidos y en base al requerimiento establecido para la simulación.
- El TPDA debe expresarse por tipos de vehículos, y la composición varía según la temporada. En este caso y al tratarse de una instalación gubernamental que funciona de la misma forma durante todo el año, esta consideración no fue tomada en cuenta, a pesar de que los datos recolectados en el muestreo consideran la clasificación de vehículos.
- El estimado del TPDA corresponde al promedio de los valores obtenidos a partir de cada valor muestral. Al contar con 14 días de conteo se procedió de esta forma para proceder al procesamiento de datos.
- Es necesario establecer un tamaño muestral para disminuir los errores de aproximación que se puedan presentar durante el proceso y asegurar un nivel de confiabilidad estadística.

Además de estas consideraciones, es necesario considerar varios factores que influyen en los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del estudio.

Factor de Hora Pico. El factor de hora pico (*FHP*) representa *de forma general* la variación en el flujo de tráfico dentro de una hora *en donde se desarrollan los flujos máximos*. Ya que en la *observación* del flujo de tráfico *se puede determinar que las tasas de flujo encontradas en el período pico de 15 minutos dentro de una hora no se mantienen constantes* durante toda la hora.

Considerando el caso de las autopistas, los FHP típicos oscilan entre 0,80 y 0,95. Los FHP más bajos son característicos de las autopistas rurales o las condiciones de poca actividad. Los factores más altos son típicos de las condiciones de las horas pico urbanas y suburbanas (TRB, 2000).

Según diversos autores, el TPDA es una medida muy genérica de la intensidad del tránsito a lo largo de un día, por lo que es necesario considerar las diversas variaciones que se pueden registrar a lo largo de las 24 horas del día, utilizando las horas de máxima demanda como base para diseñar a las carreteras, ya que se considera que cuando el FHP es menor de 0.85, las condiciones operativas de la carretera variarán de manera significativa a lo largo del tiempo. En base a períodos de 15 minutos se puede calcular este factor como (Navarro, 2017):

$$Fhp = \frac{Q}{4 * Q_{15}}$$

En donde:

Fhp = Factor de hora pico o Factor de Hora de Máxima Demanda (FHMD)

Q = Volumen horario (vph)

Q_{15} = Volumen en el periodo de máxima demanda de 15 minutos. Dentro de la hora

Finalmente, los volúmenes que se generan en la hora pico se usan generalmente para justificar dispositivos de control del tránsito, justificar medidas regulatorias (restricciones y estacionamientos) y determinar deficiencias de capacidad en una vía (Navarro, 2017).

Un FHP de 1 indica que el volumen de tráfico en cada intervalo de 15 minutos es el mismo y, por lo tanto, el flujo de tráfico es constante a lo largo de la hora. Los valores de FHP más bajos indican flujos de tráfico más variables y que el volumen de tráfico tiene un pico durante el intervalo pico de 15 minutos (TRB, 2000).

Variabilidad de la muestra. En base a lo expuesto por (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018), con la finalidad de generalizar los resultados de un estudio es necesario analizar la muestra y como esta puede variar, estableciendo un nivel de confianza que nos permita estar seguros de los resultados obtenidos. En este caso, para estimar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) en base al Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS), se puede realizar según la expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

En donde:

A = Máxima diferencia entre el TPDA y TPDS

El valor de la variable A define el intervalo de confianza dentro del cual podemos determinar el TPDA. Para un determinado nivel de confiabilidad podemos establecer el valor de A como:

$$A = K * \sigma$$

En donde:

K = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado

σ = Estimador de la desviación estándar poblacional

Como establecen (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018) para un nivel de confiabilidad del 90% el valor de la constante K es de 1.64. Además, la expresión usada dará obtener el valor estimado de la desviación estándar poblacional σ es:

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

En donde:

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

n = Tamaño de la muestra, en número de días de aforo

N = Tamaño de la población, en número de días del año

Finalmente, podemos determinar la desviación estándar muestral S con la expresión:

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

En donde:

TD_i = Volumen de tránsito del día i

V15

El significado del V15 es el volumen de vehículos o peatones, contado en un punto determinado cada 15 minutos teniendo estimaciones más exactas y acordes a la necesidad del proyecto o estudio que se esté realizando. Hay que tomar en cuenta que se lo puede aplicar en el volumen de tránsito promedio diario TPD, y lo que se busca obtener es el máximo valor del volumen vehicular diario.

El tener los datos en este rango de tiempo nos permite flexibilidad y un mejor análisis en la información obtenida, cambiando según la necesidad a día, mes o año según el procedimiento a utilizar, cabe mencionar que facilitaría realizar una verificación de los datos en diferentes periodos de tiempo.

Análisis de Velocidades

Protocolos de circulación dentro del Complejo Ministerial

El Batallón Policía Militar Ministerial es la encargada de controlar y hacer cumplir la velocidad de circulación de los vehículos y peatones que ingresan y salen del complejo ministerial, para lo cual han elaborado unos procedimientos de seguridad dentro del Ministerio de defensa los que mencionaremos a continuación y que tienen relación e importancia en la circulación de vehículos y peatones.

Vehículos. - para los vehículos que ingresan y salen del complejo ministerial tenemos los siguientes protocolos:

- Se registrarán todos los vehículos que salgan o ingresen al Complejo Ministerial en el libro correspondiente.
- En el sector de la Puerta Sur (La Recoleta) se impedirá el ingreso vehicular al área peatonal del Ministerio de Defensa Nacional, salvo el caso que se vaya a retirar o dejar material; y a excepción de la caravana del Sr. Ministro de Defensa Nacional, Vice Ministro de Defensa Nacional y Sub Secretario de Defensa Nacional cuando ingresen o salgan, en donde terminando esta acción los vehículos se retirarán y se ubicarán en los parqueaderos asignados.
- No se permitirá el ingreso vehicular al personal con mercadería de cualquier índole a realizar exposiciones o venta en oficinas o departamentos, salvo el caso que se encuentre autorizado y porte su salvoconducto el respectivo memorando.
- Se realizará la revisión vehicular interior y exterior a los vehículos que ingresen o salgan del Complejo Ministerial, usando los espejos cóncavos para el efecto, a excepción de las autoridades que dispongan de seguridad (Ministro de Defensa Nacional, Vice Ministro de

Defensa Nacional, Sub Secretario de Defensa Nacional, Jefe del CC.FF.AA., Comandantes de cada Fuerza y visitas oficiales nacionales y extranjeras).

- Se impedirá el ingreso de vehículos de recorrido al interior del Complejo Ministerial a dejar personal y/o atravesar el Complejo Ministerial.
- Exigir al conductor y acompañantes utilicen el cinturón de seguridad, además de la documentación necesaria para su salida.
- Exigir a todo el personal de motociclistas utilicen el casco, tanto al conductor como el acompañante.
- Impedir que conductores que se encuentren con manifestaciones de haber ingerido bebidas alcohólicas abandonen el Complejo Ministerial en cualquier tipo de vehículo, mismo que será retenido momentáneamente y puesto a órdenes del Sr. Oficial de Guardia de su respectiva Fuerza para los trámites pertinentes.
- La puerta de la salida sur (La Recoleta) se cerrará en días laborables a partir de las 18h00, misma se abrirá a las 05h30 del día siguiente. En los fines de semana y feriados esta puerta permanecerá cerrada y en caso de ingreso sólo con la autorización del Sr. Jefe de Cuartel u Oficial de Guardia, siendo registrado en el libro correspondiente. Esto no aplica para autoridades del M.D.N que ingresen en horas no laborables, feriado o fines de semana, pero considerando el registro correspondiente.
- Permitir momentáneamente el estacionamiento de los vehículos de recorrido en la parte posterior del Complejo Ministerial hasta que el personal se desembarque y luego deberá estacionar en los parqueaderos asignados por cada Fuerza.
- Se debe controlar estrictamente la utilización de los parqueaderos correspondientes al MIDENA en base a la distribución legalizada y remitida por la autoridad correspondiente.
- No permitir el estacionamiento de vehículos en lugares no autorizados a excepción y momentáneamente de los recorridos cuando ingrese o salga el personal en jornadas laborables.
- Mantener la fluidez del tránsito en su sector de responsabilidad.
- Permanecer atento a la seguridad de los vehículos ante la posibilidad de que personas ajenas a las instalaciones intenten algún acto ilícito. (Batallón Policía Militar Ministerial, 2021)

Peatones. - para los peatones que ingresan y salen del complejo ministerial tenemos los siguientes protocolos:

- Controlar que el personal militar, servidores públicos y civil ingrese bien uniformado y porte su credencial en un lugar visible del uniforme.
- Se solicitará que presente su respectiva credencial para ingresar al complejo ministerial.
- Todo el personal debe pasar por el arco detector de metales y que el equipaje deberá ser colocado en las bandejas para que pase por el escáner.
- El funcionario debe presente su respectiva credencial de Servidor Público que pertenece a la institución para su ingreso y salida del complejo ministerial.
- No se permitirá el ingreso del personal civil que tenga prendas militares, armas o cualquier otro artefacto que pueda constituir una amenaza para las personas e instalaciones del Complejo Ministerial.
- Se indicará a las personas que tienen documentación que entregar para el MIDENA, se realizará en la ventanilla de recepción de documentos para el Sr. Ministro y Viceministro, cumpliendo con todos los procedimientos de seguridad.
- No permitirá que pasen personas civiles al sector del Retén, su ingreso y salida será solo por la puerta sur (La Recoleta) del complejo ministerial. (Batallón Policía Militar Ministerial, 2021).

Proyecciones

En base a los requerimientos específicos del estudio fue necesario realizar dos procesos por separado considerando las particularidades de las vías que rodean al Ministerio de Defensa y que se ven afectadas por el crecimiento poblacional y otras variables; y por otro lado, la situación específica que se vive dentro del Complejo Ministerial, y particularmente en los parqueaderos que son ocupados por el personal militar y de servidores públicos que ahí laboran.

Proyección al Tráfico Futuro

Se debe considerar que para el diseño geométrico de nuevas vías no se considera los volúmenes de tránsito presentes en la actualidad, sino que se considera el volumen de tránsito futuro (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Para el caso específico de este estudio, no está previsto el rediseño geométrico de las avenidas que rodean al Complejo, sin embargo, es necesario realizar

esta proyección ya que los datos entregados por la Secretaria de Movilidad del Distrito de Metropolitano de Quito no se encuentran actualizados, en base al siguiente detalle:

- Avenida Cumandá, año 2019
- Avenida Maldonado, año 2018
- Avenida El Sena, año 2013

En base a estos datos y los años que se generaron es necesario realizar una actualización al año 2021, a pesar de las consideraciones presentadas por la pandemia.

Además, tal como indica (Concejo Metropolitano, 2015), en los últimos 10 años, el número de automotores ha crecido en promedio un 7% anual, es decir, un aproximado de 30000 vehículos al año.

Considerando estas particularidades, y que le período a proyectar es menor a 10 años, se calculó los volúmenes de tránsito futuro con tendencia exponencial, ya que, además, no contamos con series históricas de los volúmenes de tránsito promedio diario que se dan en estas vías, por lo que utilizamos la siguiente expresión (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018):

$$Q_f = Q_o(1 + r)^{X_j}$$

En donde:

Q_f = Transito promedio diario futuro

Q_o = Transito promedio diario inicial

r = Tasa de crecimiento anual de tránsito

X_j = Número de años (i)

Considerando esta expresión se realizó la actualización de datos que posteriormente serán empleados en la simulación

Por otro lado, el tráfico generado en los ingresos y salidas del Complejo Ministerial necesitan un tratamiento especial, considerando las particularidades propias que tiene, ya sea desde el punto de vista de seguridad, funcionamiento o finalidad. Y es que a diferencia de las vías que lo rodean, el tráfico en el Complejo no tiene una tasa de crecimiento a lo largo del tiempo, ya que el personal que labora en sus instalaciones se mantiene en un número constante, además, el número de vehículos que se movilizan en las instalaciones está directamente relacionado con el número de parqueaderos disponibles, los cuales al ser limitados han generado una problemática

con el tránsito y la creación de parqueaderos en los alrededores que funcionan de forma ilegal, tratando de paliar una necesidad latente en el personal que labora en el Complejo Ministerial.

En base a estas consideraciones, y a la posible solución requerida, se plantea el cálculo de una tasa de Oferta/Demanda en base al requerimiento existente, y a lo que se conoce como el Índice de rotación, que no es otra cosa que el número de veces que se usa un espacio durante un periodo de tiempo, para lo que se emplea originalmente la siguiente expresión (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018):

$$I_r = \frac{\text{Número de vehículos que se estacionan}}{\text{Número de espacios para estacionarse}} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Oferta}}$$

Para nuestro caso específico se ha modificado la expresión anterior, ya que durante el día no existe rotación, debido a que los espacios de estacionamiento están designados individualmente y no pueden ser ocupados por otro vehículo, además de que los vehículos permanecen parqueados durante toda la jornada laboral. En base a estas consideraciones, y con la finalidad de realizar una aproximación a futuro, y empleando la cantidad de espacios disponibles actualmente, se utiliza la siguiente expresión estadística básica para un único periodo de crecimiento (Salazar & Del Castillo, 2018):

$$T_c = \frac{P_{disponibles} + P_{requeridos}}{P_{disponibles}} - 1$$

Si observamos detenidamente esta fórmula es la deducción del crecimiento geométrico que analizamos anteriormente:

$$Q_f = Q_o(1 + r)^{X_j}$$

$$\frac{Q_f}{Q_o} = 1 + r$$

Considerando que $X_j = 1$ periodo

$$r = \frac{Q_f}{Q_o} - 1$$

Definición de los tipos de tráfico para las proyecciones

En base a la clasificación y consideraciones realizadas por (Navarro, 2017), es necesario establecer los tipos de tránsito que utilizan la vía de ingreso y salida del Complejo Ministerial, conforme las particularidades que se detallan a continuación:

Tráfico Normal. Es el que circula normalmente por la vía y que crece naturalmente conforme crece la economía nacional. Para el caso específico de nuestro estudio, el tránsito normal se mantiene constante, ya que no se ve afectado por variables externas y la cantidad de vehículos que ingresan o salen del complejo se mantienen constantes a lo largo del tiempo ya que están relacionados directamente con el personal que labora dentro del Complejo, el cual no sufre variaciones de ningún tipo.

Tráfico Atraído. Es el tráfico que se incorporará a la vía debió a las mejoras que se podrían realizar, y dejará de usar otras vías para incorporarse a aquella en donde se realizara la intervención. En nuestro caso se debe hacer algunas precisiones, el eje central del estudio se centra en el uso de parqueaderos del Ministerio de Defensa, por lo que se puede deducir que el tráfico atraído sería aquel que se generaría cuando los usuarios dejen de utilizar los parqueaderos particulares exteriores al Complejo para incorporarse a las mejoras que se puedan realizar en los parqueaderos existentes.

Con estas definiciones, se realizó los procedimientos necesarios de cálculo para cada uno de los tráficos, con el fin de realizar una proyección futura más adecuada en base a la necesidad real existente en el sector y a los requerimientos específicos del proyecto.

Descripción del Simulador Aimsun

El simulador a utilizarse en el presente trabajo de investigación es el software Aimsun Next, que es un simulador de tráfico microscópico diseñado como una herramienta de análisis para el modelamiento de redes de tráfico y geometría de la red vial. (Aguirre, 2007)

Aimsun posee un alto detalle de modelación, distinguiendo entre los diferentes tipos de vehículos y conductores permitiendo una amplia gama de geometría de la red vial, así como también modelar incidentes y maniobras conflictivas. (Yadira, 2007)

Esta herramienta es de fácil uso permite ingresar los datos de tráfico tanto por matrices como por estados, permite evaluar operaciones de tráfico de cualquier escala. A continuación, se muestra las aplicaciones más habituales que posee el software. (Aimsun, s.f.)

- Evaluación y optimización de los planes de Prioridad de Señales de Tráfico (TSP) y de Autobuses de Tránsito Rápido (BRT)
- Estudios de viabilidad sobre Vehículos de Alta Ocupación (VAO) y carriles de alta ocupación en peajes
- Análisis del impacto del diseño de infraestructuras como la mejora o la construcción de una nueva carretera
- Análisis del impacto medioambiental
- Tarifación de peajes y carreteras
- Evaluación de las estrategias de gestión de la demanda de tráfico.
- Optimización de Plan de control de señales (interfaz Aimsun-TRANSYT) y evaluación del control adaptativo
- Análisis de seguridad.
- Evaluación de las políticas de velocidad variable y de otros Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS).
- Análisis del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM).
- Gestión de zonas con obras

(Aimsun, s.f.)

Análisis de puntos de cruces, de convergencia, divergencia

Una intersección es definida como la unión o cruce de diferentes movimientos direccionales o giros vehiculares en un mismo nivel. (AAHTO, 2001)

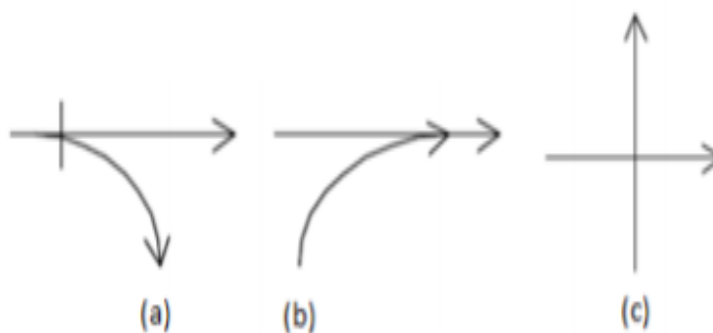
El cruce de movimientos direccionales a nivel se ve afectado por una gran cantidad de puntos de conflicto, los cuales son puntos potenciales de accidentes dada su relación con la intensidad de tránsito en una intersección. Los puntos de conflicto que se pueden presentar en una intersección son tres, los cuales se presentan en la figura 3. El primero es el punto de divergencia (figura 3a), en el cual una trayectoria común se separa para tomar distintas direcciones; mientras que el punto de convergencia (figura 3b), al contrario que el de divergencia,

dos o más trayectorias se unen para formar una en común. Por último, el tercer punto de conflicto que se puede presentar en una intersección es el punto de cruce (figura 3c). Éste punto es donde dos trayectorias diferentes ocupan temporalmente el mismo lugar, en tiempo y espacio.

(Estefanía, 2015)

Figura 17

Puntos de cruces, de convergencia y divergencia



Nota. Se indica (a) Punto de divergencia, (b) punto de convergencia, (c) punto de cruce

Tomado de Estefanía García, 2015.

Análisis del estado actual de la vía

La vía interna del Complejo Ministerial es de 2 carriles de aproximadamente 306 metros de longitud, con un ancho de la vía de 6.05m, con un parterre de 1.05m y un ancho de acera de 0.85 a 6.20 m, esto se debe a que hubo modificación de la vía quedando un carril como acera.

Señalización vial

El conductor del vehículo necesita saber por donde circula razón por la cual surge la necesidad de mantenerlo advertido e informado y esto de lo realiza mediante la señalética vertical como horizontal. En el Complejo Ministerial existe escasa señalética y en las existentes las líneas amarillas definen la separación de tráfico en direcciones opuestas mientras que las blancas definen la separación de flujos de tráfico en la misma dirección.

Señalización horizontal

Con respecto a los cruces de peatones tiene un ancho 4m de demarcado con línea tipo cebra, se evidencia la señalética de los cruces peatonales se encuentran en mal estado. Algunos no cumplen las dimensiones establecidas.

Figura 18

Líneas transversales en el Complejo Ministerial.



Nota. Se evidencia que la señalética de los cruces peatonales se encuentra deteriorados.

Las líneas amarillas definen la separación de tráfico en direcciones opuestas, mientras que las blancas definen la separación de flujos de tráfico en la misma dirección.

Figura 19

Señalización horizontal en el Complejo Ministerial.



Nota. Se evidencia líneas longitudinales y cambios de dirección en un solo lugar sin considerar el uso de las normativas.

La señalética y rampas que existen para personas con discapacidad se encuentran en mal estado, la misma que cumple con la pendiente que debe ser máxima del 10%.

Figura 20

Señalética y rampas para personas con discapacidad.



Nota. Dentro del Complejo Ministerial si se considera las rampas para las personas con discapacidad lo que permite transmitir el mensaje de precaución para el conductor.

Señalización vertical

Con respecto a esta señalética únicamente se dispone de un rótulo al ingreso por la garita de la prevención por la Av. Maldonado, la cual indica que la velocidad en el interior del Complejo Ministerial es a 20 km/h.

Figura 21

Señalización vertical en el interior del Complejo Ministerial



Nota. Se indica en la imagen la velocidad permitida que es de 20Km/h en las vías internas.

Estado de la capa de rodadura

La calzada es de pavimento flexible con una capa de rodadura formada por una mezcla bituminosa de asfalto, posee fisuras como la piel de cocodrilo que es una fractura miento de la losa que forma una malla de polígonos, así también asentamientos longitudinales que son hundimientos a lo largo de las huellas debido a la canalización de tránsito. Estas fisuras se han generado debido a que el pavimento está diseñado para soportar cargas dinámicas, pero sin embargo se están ocupando como estacionamientos lo cual genera que existan cargas estáticas sobre el pavimento flexible.

Figura 22

Fisuras existentes en la capa de rodadura



Nota. Se evidencia fallas longitudinales y transversales que se extienden a través de la superficie del pavimento.

Estacionamientos

Con respecto a los estacionamientos existen laterales y transversales de 60 y 90 grados, los mismos que son utilizados por la baja velocidad de circulación en el Ministerio de Defensa.

El parque automotor del Complejo Ministerial abarca una gran demanda, lo que implica que existe un déficit de parqueaderos ya que el área destinada para los mismos no abastece, y como consecuencia se tiene que los conductores estacionen en parqueaderos aledaños al complejo.

Figura 23

Vehículos estacionados paralelamente a las vías de circulación.



Nota. La falta de parqueadero en el interior del Complejo Ministerial, hace que los conductores estacionen los vehículos paralelos a la vía.

Obtención y recolección de datos en situ

Se procedió a la obtención de datos del parque automotor en cada uno de los Comandos Generales de la Fuerza Terrestre, Aérea y Naval, el Ministerio de Defensa y el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas obteniéndose un total de 583 vehículos.

Los parqueaderos que posee el Complejo Ministerial están distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 1*Parqueaderos del Complejo Ministerial*

DISTRIBUCIÓN DE PARQUEADEROS		
	Vehículos	Motos
MINISTERIO DE DEFENSA	100	
COMANDO CONJUNTO	130	
EJÉRCITO	174	30
ARMADA	93	
FAE	86	18
TOTAL	583	48

Nota. Esta tabla muestra los vehículos que existen en cada Unidad del Complejo Ministerial.

Medidas para mejorar la circulación de tráfico

Acciones sobre la Oferta

La literatura indica que la oferta de transporte es un conjunto de medios que permiten realizar transporte y se clasifican de la siguiente manera:

La infraestructura (red vial urbana), medios de transporte masivo, vehículos livianos o de carga, y la manera en que pueden ser gestionados los dos componentes mencionados anteriormente.

Al establecer mecanismos para mejorar la oferta, se logrará aumentar la capacidad de transportar personas y de esa manera se puede mejorar la circulación de tráfico. No obstante, al solo intervenir sobre cualquiera de los tres componentes, se debe considerar que se está sujeto a la ley de retornos decrecientes. Los tres aspectos, cabe recalcar que se encuentran relacionados por relaciones técnicas y son complementarios entre sí. A continuación, se abordan diversas posibilidades.

La red vial urbana. La infraestructura lo que concierne a la red vial se encuentra conformada por avenidas y calles e intersecciones. En la región, se tiene como mal común que la vialidad se encuentra mal diseñada y mal conservada, se debe considerar que lo antes mencionado se debe mejorar, antes de considerar modificaciones para disminuir la congestión.

Al tener un diseño inadecuado o tener en mal estado la vialidad genera una congestión innecesaria. En las vías se puede evidenciar que existe falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en su cantidad, ubicación de los paraderos de buses junto a las intersecciones y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito y comprometen la seguridad.

El mal estado del pavimento, especialmente los baches, restringe la capacidad efectiva de las vías. Obviamente, puede haber situaciones en las que sea apropiado ensanchar alguna calle o construir nuevas, aunque debe cautelarse que la solución sea eficiente y ambientalmente sostenible. Por otra parte, se puede evidenciar especialmente en la Av. Cumanda, no alcanzan los resultados esperados, pues nuevos vehículos al salir de los parqueaderos del Ministerio de Defensa se incorporarán al flujo, reproduciendo la congestión a mayores niveles de tránsito.

Según ordenanza N.- 3746 del Concejo Metropolitano de Quito indica: **“Art 13.- Sistema vial Urbano. - El sistema Vial Urbano se clasifica funcionalmente de la siguiente manera: Vías Expresas(Autopistas-Viaductos), Vías Arteriales, Vías Colectoras Principales, Vías Colectoras Secundarias, Vías locales, Vías Peatonales, Escalinatas y Ciclo vías”**

La red vial de las vías externas al Complejo Ministerial según ordenanza anteriormente descrita pertenece a Vías Arteriales, ya que articulan grandes áreas urbanas, permiten velocidad de operación de hasta 50Km/h, los cruces en intersecciones se realizan a nivel e incluyen señalización y semaforización adecuadas y no admiten el estacionamiento de vehículos. (Quito, 2008)

Las intersecciones. Son una buena alternativa de mejoramiento de la fluidez de tránsito. la capacidad de las vías generalmente queda definida por las intersecciones, ya que por constituir puntos comunes a dos o más de ellas, deben dar paso alternado a movimientos que se entrecruzan.

Figura 24

Intersecciones Av. Velasco Ibarra- Av. Cumandá-Av. Pedro Pinto



Nota. Las intersecciones en las vías anteriormente detalladas se encuentran semaforizadas.

Se ha palpado que en las intersecciones se suelen producir cuellos de botella, por lo cual hay que diseñarlas cuidadosamente; deben ser claras las trayectorias y los eventuales espacios de espera para los vehículos que continúan, y para los que viran. Asimismo, hay que otorgar las debidas facilidades a los peatones. Las intersecciones con menores volúmenes de tránsito pueden operar libremente, las intersecciones priorizadas deben tener la señal "Ceda el paso" o "Pare", o con semáforos (intersección semaforizada), se deberá considerar lo que establece en la norma RTE INEN 004-1:2011 en la parte 1 Señalización Vertical.

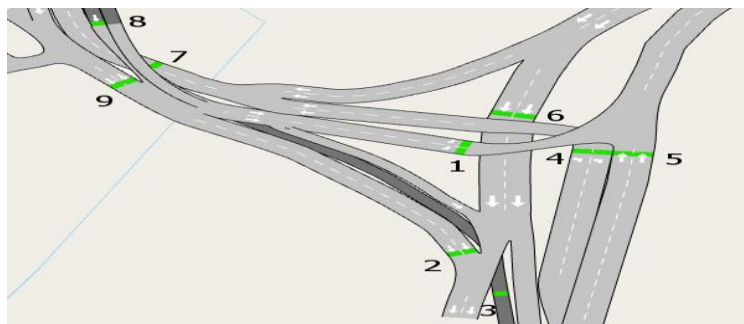
El empleo de uno u otro sistema de control depende de diversos factores, como volúmenes de tránsito, visibilidad, demoras o accidentes. Contra lo que puede suponerse, no siempre la instalación de semáforos acarrea beneficios y mejora la seguridad; ellos deben colocarse sólo si las condiciones adecuadas se cumplen.

Coordinación de semáforos. Los semáforos son apropiados en numerosas intersecciones. No obstante, cuando muchos operan cerca uno del otro, su coordinación es una de las formas más eficientes de mejorar la velocidad de circulación y lograr significativos ahorros de tiempos de viaje, combustibles, contaminación y accidentes. La coordinación consiste en establecer ciclos, repartos de tiempo y desfases en una vía o red de manera tal que los vehículos puedan desplazarse a una cierta velocidad, procurando que las interrupciones generadas por luz roja sean mínimas. Ello puede ser variable a lo largo del día en función de los movimientos principales o de proveer facilidades a

aquellos vehículos que presentan un uso más eficiente del espacio, como son los transportes públicos (ver figura 2 y 3. Distribución de semáforos).

Figura 25

Distribución de semáforos en la Av. Cumanda.



Nota. En el Programa AIMSUN el símbolo de color verde representa los semáforos en la Av. Cumanda.

Tabla 2

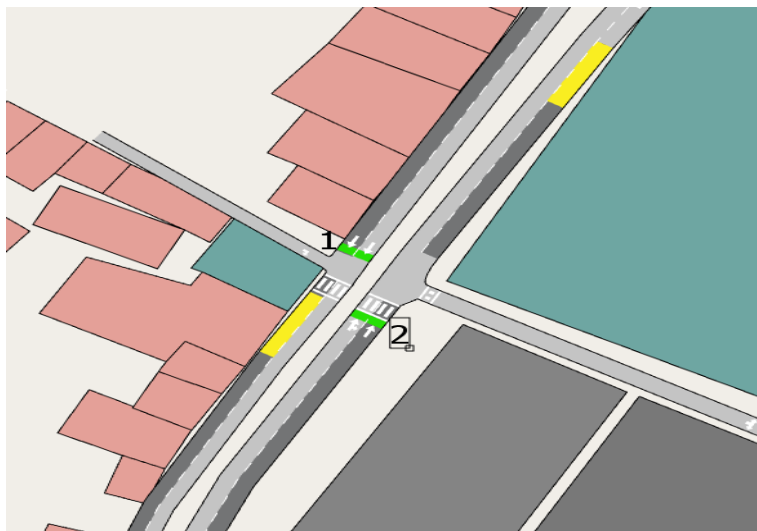
Tiempo de duración de semáforos Av. Cumandá.

Tiempo de duración de semáforos Av. Cumanda		
Semáforos	Luz verde	Luz roja
1	20 seg	2 min 10 seg
2	55 seg	1min 15 seg
3	20 seg	1 min 50 seg
4	35 seg	1 min 35 seg
5	1 min 55 seg	35 seg
6	1 min 20 seg	65 seg
7	1 min 45 seg	25 seg
8	20 seg	1 min 50 seg
9	1 min 50 seg	20 seg

Nota. Esta tabla muestra el tiempo de duración de los semáforos en cada intersección de las vías.

Figura 26

Distribución de semáforos en la Av. Maldonado.



Nota. Se indica la forma de representar los semáforos en el software AIMSUN.

Tabla 3

Tiempo de duración de semáforos Av. Maldonado

Tiempo de duración de semáforos Av. Maldonado		
Semáforos	Luz verde	Luz roja
1	20 seg	1 min 20 seg
2	20 seg	1min 20 seg

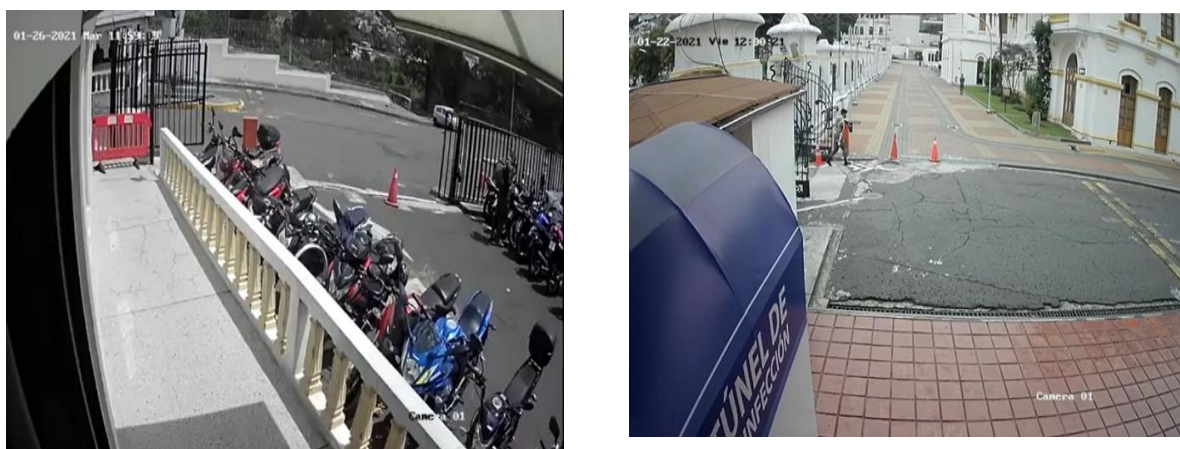
Nota. Esta tabla muestra el tiempo de duración de 2 semáforos en cada intersección de las vías.

Conteo de vehículos con cámaras en las instalaciones del Complejo Ministerial

En la recolección de datos de campo se utilizaron cámaras de video, las cuales grabaron 24 horas, durante 14 días. Las cámaras se las colocó en las entradas del Complejo Ministerial, en donde se pudo tener una vista completa de todo el comportamiento del punto de análisis, pudiendo observar todos los giros posibles, de cada uno de los vehículos.

Figura 27

Cámaras instaladas en cada uno de los ingresos y salidas del Complejo Ministerial



Nota. Se colocó las cámaras en lugares estratégicos para la obtención de datos del flujo vehicular.

Volúmenes atraídos y generados por el proyecto.

Actualmente existen 583 vehículos y 48 motos que tienen parqueaderos en el Complejo Ministerial, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 4*Distribución actual de parqueaderos en el Complejo Ministerial*

DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE PARQUEADEROS COMPLEJO MINISTERIAL		
	Vehículos	Motos
MINISTERIO DE DEFENSA	100	
COMANDO CONJUNTO	130	
EJÉRCITO	174	30
ARMADA	93	
FAE	86	18
TOTAL	583	48

Nota. Esta tabla muestra la distribución de los parqueaderos que al momento se encuentran en el Complejo Ministerial.

La cantidad de vehículos que serían atraídos a nuestro proyecto, los cuales usan parqueaderos aledaños (parqueaderos privados) y también los vehículos que actualmente se estacionan en el interior del complejo Ministerial en la vía sería el siguiente:

Tabla 5*Parqueaderos atraídos por el proyecto.*

CANTIDAD DE PARQUEADEROS ATRAIDOS POR EL PROYECTO	
	Vehículos
Parqueadero Monjas (San Vicente de Paul)	40
Parqueadero Benigno Vela	30
Parqueadero Río Machangara (Av. Maldonado)	150

CANTIDAD DE PARQUEADEROS ATRAIDOS POR EL PROYECTO	
Parqueaderos vía Interna	48
TOTAL	268

Nota. Esta tabla muestra los parqueaderos privados que existen en las inmediaciones al Complejo Ministerial, esto se debe a que no abastecen los parqueaderos internos.

La tasa de crecimiento para el parqueadero posterior sería del 2.54%, lo que nos indicaría que se necesita adicionales parqueaderos para un total de 442 vehículos.

Capítulo IV

Resultado de los conteos volumétricos de tráfico y simulación

Estudios realizados por el Distrito Metropolitano de Quito

Datos entregados por la Secretaría de Movilidad de la zona de estudio

Los datos entregados por la Secretaría de Movilidad, corresponden a diferentes conteos realizados en varias partes de la zona de estudio, entre las cuales están Av. Pedro Vicente Maldonado en direcciones Norte –Sur y viceversa, como también el conteo de Buses articulados que pasan por ese sector (Trolebús), además está el conteo en el semáforo de la Av. Sena y el conteo de vehículos realizado en la Av. Cumandá.

Datos Av. Pedro Vicente Maldonado

La información muestra en un principio la recopilación de información del conteo de la avenida en los dos sentidos.

Tabla 6

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S

Lugar	La Recoleta											
Fecha Inicio:	Miércoles, 12 de septiembre del 2018						Hora Inicio:			11:00		
Fecha Fin:	Sábado, 22 de septiembre del 2018						Hora Fin:			10:00		
Ubicación Satelital	0°13'55.97"S 78°30'50.03"O											
NÚMERO DE VEHÍCULOS POR DÍA AV. MALDONADO-LA RECOLETA												
SENTIDO	Mie-12	Jue -13	Vie-14	Sáb -15	Dom-16	Lun -17	mar-18	Mié-19	Jue-20	Vie-21	Sáb-22	%
Norte-Sur	-	10173	10216	8534	5330	9338	9821	9953	10295	10171	-	48,52%
Sur-Norte	-	10625	11421	8986	6276	10007	10263	9938	10249	11191	-	51,48%
Total	-	20798	21637	17520	11606	19345	20084	19891	20544	21362	-	100,00%
Tiempo Contado		24h	24h	24h	24h	24h	24h	24h	24h	24h	10h	
Vol Máx N-S		247	185	135	116	178	203	177	185	176	124	
Vol Máx S- N		298	265	173	157	279	277	271	308	268	193	

Nota. Los datos indican el número total de vehículos contados por días, en las dos direcciones, como también el tiempo de conteo, y el volumen máximo determinado en cada sentido.

Tabla 7*Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S*

MES		Septiembre										
HORA		Mie 12	Jue 13	Vie 14	Sab 15	Dom 16	Lun 17	Mar 18	Mie 19	Jue 20	Vie 21	Sab 22
0:00	1:00	0	201	182	292	251	74	142	170	268	193	319
1:00	2:00	0	115	89	249	211	54	70	98	172	113	254
2:00	3:00	0	55	87	216	158	33	54	44	95	78	226
3:00	4:00	0	42	82	217	137	22	42	28	47	96	205
4:00	5:00	0	48	80	138	123	53	77	64	60	65	148
5:00	6:00	0	132	146	150	96	138	136	151	142	159	151
6:00	7:00	0	491	541	252	166	475	591	533	544	545	272
7:00	8:00	0	580	553	380	253	614	604	633	581	627	378
8:00	9:00	0	590	465	419	135	536	566	586	578	603	422
9:00	10:00	0	489	541	432	96	470	474	470	431	513	453
10:00	11:00	0	456	485	430	217	484	480	497	501	491	0
11:00	12:00	444	416	459	397	153	459	489	475	504	505	0
12:00	13:00	490	494	501	418	123	530	475	513	536	534	0
13:00	14:00	589	622	585	447	104	636	603	563	576	628	0
14:00	15:00	468	498	525	455	288	460	486	505	511	488	0
15:00	16:00	455	475	518	425	383	434	494	497	464	440	0
16:00	17:00	531	601	675	400	380	583	531	538	573	549	0
17:00	18:00	560	550	546	447	407	561	563	577	569	507	0
18:00	19:00	600	615	645	470	403	584	626	561	650	608	0
19:00	20:00	727	702	579	451	379	662	707	641	669	577	0
20:00	21:00	582	916	580	398	311	594	578	580	644	558	0
21:00	22:00	482	481	540	423	242	449	467	475	534	482	0
22:00	23:00	368	366	442	336	182	313	352	364	379	496	0
23:00	0:00	278	238	370	292	132	170	214	390	267	316	0

MES	Septiembre										
HORA	Mie 12	Jue 13	Vie 14	Sab 15	Dom 16	Lun 17	Mar 18	Mie 19	Jue 20	Vie 21	Sab 22
SUMAN	6574	10173	10216	8534	5330	9388	9821	9953	10295	10171	2828
TIEMPO_CONTADO	11.75 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	23:25 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h
Hora Pico N-S	19:00- 20:00	20:00- 21:00	16:00- 17:00	13:15- 14:15	17:30- 18:30	19:15- 20:15	19:00- 20:00	19:00- 20:00	18:30- 19:30	06:30- 07:30	08:45- 09:45
Veh Hora Pico	727	916	675	470	407	662	707	641	669	628	453

Nota. En la presente tabla se muestran los vehículos contabilizados por hora en cada día de conteo, con ello se determina la Hora Pico y la cantidad de vehículos en esa hora pico, también se muestra la cantidad de horas contadas en ese día

Tabla 8

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido S-N

MES :	SEPTIEMBRE											
HORA	MIE 12	JUEV 13	VIER 14	SAB 15	DOM 16	LUN 17	MART18	MIE 19	JUEV 20	VIER 21	SAB 22	
0:00 1:00	0	83	91	148	162	41	45	65	67	89	160	
1:00 2:00	0	49	49	130	93	29	35	38	32	54	122	
2:00 3:00	0	56	50	109	99	27	27	29	37	55	117	
3:00 4:00	0	72	65	102	80	34	47	35	49	79	109	
4:00 5:00	0	84	105	103	71	93	98	74	92	103	100	
5:00 6:00	0	352	362	205	158	359	372	352	367	396	246	
6:00 7:00	0	1048	855	484	320	979	942	985	1026	945	515	
7:00 8:00	0	1018	986	609	537	918	947	907	864	981	665	
8:00 9:00	0	702	853	638	354	753	814	659	735	702	651	
9:00 10:00	0	600	806	570	319	558	619	567	611	614	609	
10:00 11:00	0	605	681	526	426	614	612	583	561	659	0	
11:00 12:00	567	536	597	569	427	590	548	563	573	638	0	
12:00 13:00	609	568	551	554	386	550	629	598	549	634	0	

MES :		SEPTIEMBRE										
HORA	MIE 12	JUEV 13	VIER 14	SAB 15	DOM 16	LUN 17	MART18	MIE 19	JUEV 20	VIER 21	SAB 22	
13:00	14:00	629	616	619	500	363	611	591	559	556	674	0
14:00	15:00	522	510	585	495	348	516	544	553	478	542	0
15:00	16:00	512	555	585	466	298	543	567	533	527	564	0
16:00	17:00	595	566	679	475	297	573	625	597	594	560	0
17:00	18:00	531	593	558	452	335	570	551	545	585	596	0
18:00	19:00	526	617	579	420	316	471	460	464	518	549	0
19:00	20:00	431	459	518	423	295	425	422	378	461	515	0
20:00	21:00	337	373	431	318	229	300	312	290	350	419	0
21:00	22:00	219	265	350	270	174	205	212	244	288	344	0
22:00	23:00	175	162	271	241	118	146	156	183	202	267	0
23:00	0:00	121	136	195	179	71	102	88	137	127	212	0
SUMAN		5774	10625	11421	8986	6276	10007	10263	9938	10249	11191	3294
Tiempo Conteo		11.75 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	23:25 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h
Hora Pico S-N		12:30- 13:30	06:00- 07:00	07:00- 08:00	07:30- 08:30	07:15- 08:15	06:00- 07:00	07:15- 08:15	06:00- 07:00	06:00- 07:00	07:15- 08:15	07:15- 08:15
Veh Hora Pico		629	1048	986	638	537	979	947	985	1026	981	665

Nota. En la presente tabla se muestran los vehículos contabilizados en la dirección S-N por hora en cada día de conteo, con ello se determina la Hora Pico y la cantidad de vehículos en esa hora pico, también se muestra la cantidad de horas contadas en ese día

Tabla 9

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S (Trole Bús))

MES		SEPTIEMBRE										
HORA		MIE 12	JUEV13	VIER 14	SAB 15	DOM16	LUN17	MART18	MIE 19	JUEV20	VIER 21	SAB 22
0:00	1:00	0	0	4	14	10	5	12	8	18	15	18
1:00	2:00	0	0	3	9	6	4	5	4	8	6	9
2:00	3:00	0	0	1	9	7	1	2	4	5	4	9
3:00	4:00	0	0	3	8	9	2	2	5	2	0	9
4:00	5:00	0	0	4	5	5	1	2	2	1	2	5
5:00	6:00	0	0	5	5	3	8	4	4	3	6	2
6:00	7:00	0	0	7	6	5	15	17	19	16	17	6
7:00	8:00	0	0	12	12	11	19	25	28	43	34	16
8:00	9:00	0	0	9	19	19	26	41	38	43	40	16
9:00	10:00	0	0	31	15	17	34	40	43	36	41	20
10:00	11:00	0	0	21	17	17	40	36	37	30	40	0
11:00	12:00	35	0	22	16	18	32	31	30	29	33	0
12:00	13:00	21	0	19	14	18	32	26	30	34	21	0
13:00	14:00	37	0	31	16	20	24	31	30	33	26	0
14:00	15:00	32	0	30	20	18	35	24	32	32	27	0
15:00	16:00	26	0	20	23	25	31	23	27	34	31	0
16:00	17:00	37	0	20	21	24	31	27	35	27	32	0
17:00	18:00	44	0	36	20	21	41	32	48	30	44	0
18:00	19:00	41	0	42	18	23	49	41	45	25	45	0
19:00	20:00	53	0	43	21	21	51	39	48	64	42	0
20:00	21:00	36	0	34	20	17	37	26	35	50	43	0

MES		SEPTIEMBRE										
HORA	MIE 12	JUEV13	VIER 14	SAB 15	DOM16	LUN17	MART18	MIE 19	JUEV20	VIER 21	SAB 22	
21:00	22:00	17	0	21	17	20	27	23	21	30	23	0
22:00	23:00	12	0	21	20	16	22	19	18	34	20	0
23:00	0:00	16	0	20	7	9	15	14	17	17	18	0
SUMAN	407	0	459	352	359	582	542	608	644	610	110	
Tiempo Conteo	13.0 h	-	22.5	23.00 h	23.5 h	21.75 h	21.75 h	22.75 h	22.0h	22.25 h	10.00 h	
Hora Pico	19:00-20:00		19:00-20:00	15:00-16:00	15:00-16:00	19:00-20:00	18:00-19:00	19:00-20:00	18:30-19:30	18:00-19:00	09:00-10:00	
N-S												
Veh Hora Pico	53	0	43	23	25	51	41	48	64	45	20	

Nota. Vehículos contabilizados en la dirección N-S por hora en cada día de conteo, Hora Pico y cantidad de vehículos en hora pico, también se muestra la cantidad de horas contadas en ese día

Tabla 10

Conteo vehicular de la Av. El Sena, Ente Maldonado y Velasco Ibarra, sentido N-S

Lugar		LA RECOLETA										
Fecha Inicio:	Jueves, 27 de marzo de 2013						Hora Inicio:	0:01				
Fecha Fin:	Domingo, 07 de abril de 2013						Hora Fin:	8:45				
Ubicación Satelital	0°14'01,89" SUR 78°30'47,36" OESTE											
MES	Marzo						Abril					
HORA	Jue27	Vie28	Sab 29	Dom 30	Lun1	Mar 2	Mie 3	Jue4	Vie5	Sab 6	Dom 7	
0:00	1:00	0	45	92	94	8	33	17	35	60	97	104
1:00	2:00	0	18	83	65	13	17	13	19	33	86	65

Lugar		LA RECOLETA										
Fecha Inicio:	Jueves, 27 de marzo de 2013						Hora Inicio:	0:01				
Fecha Fin:	Domingo, 07 de abril de 2013						Hora Fin:	8:45				
Ubicación Satelital	0°14'01,89" SUR 78°30'47,36" OESTE											
2:00	3:00	0	14	61	54	4	17	12	16	26	65	37
3:00	4:00	0	14	45	39	12	8	16	18	12	39	33
4:00	5:00	0	36	55	38	27	31	27	37	29	41	44
5:00	6:00	0	139	81	51	142	134	136	150	154	77	44
6:00	7:00	0	751	272	127	738	776	785	758	729	275	152
7:00	8:00	0	890	550	304	884	897	855	794	844	591	353
8:00	9:00	0	684	535	262	687	699	685	706	784	534	346
9:00	10:00	0	495	574	326	460	470	517	499	507	527	352
10:00	11:00	0	524	513	405	501	489	507	481	566	550	373
11:00	12:00	0	511	529	407	472	490	498	487	522	529	498
12:00	13:00	377	539	565	358	491	489	489	515	517	532	419
13:00	14:00	558	592	537	379	560	521	507	483	581	556	354
14:00	15:00	503	524	448	319	463	498	464	495	522	439	323
15:00	16:00	524	473	413	323	507	478	478	517	504	381	323
16:00	17:00	480	521	425	290	483	477	493	504	517	415	302
17:00	18:00	488	508	390	301	461	495	514	474	520	436	317
18:00	19:00	404	384	390	304	416	389	435	360	339	415	310
19:00	20:00	390	414	424	315	343	365	360	329	350	453	354
20:00	21:00	302	381	362	256	271	331	278	316	365	401	255
21:00	22:00	215	258	305	155	215	223	214	231	292	310	171
22:00	23:00	157	220	232	94	140	165	183	158	232	256	108
23:00	0:00	74	154	144	48	52	57	83	79	141	144	46

Lugar	LA RECOLETA										
Fecha Inicio:	Jueves, 27 de marzo de 2013					Hora Inicio:			0:01		
Fecha Fin:	Domingo, 07 de abril de 2013					Hora Fin:			8:45		
Ubicación Satelital	0°14'01,89" SUR 78°30'47,36" OESTE										
SUMAN	4472	9089	8025	5314	8350	8549	8566	8461	9146	8149	5683
Tiempo Conteo	11.75 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	23:25 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h
Hora Pico N-S	13:00-14:00	07:00-08:00	09:00-10:00	11:00-12:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	07:00-08:00	11:00-12:00
Veh Hora Pico	558	890	574	407	884	897	855	794	844	591	498

Nota. Vehículos contabilizados en la dirección N-S por hora en cada día de conteo, Hora Pico y cantidad de vehículos en hora pico, también se muestra la cantidad de horas contadas en ese día

Tabla 11

Conteo vehicular de la Av. El Sena, Ente Maldonado y Velasco Ibarra, sentido S-N

Lugar	LA RECOLETA											
Fecha Inicio:	Jueves, 27 de marzo de 2013					Hora Inicio:			0:01			
Fecha Fin:	Domingo, 07 de abril de 2013					Hora Fin:			8:45			
Ubicación Satelital	0°14'01,89" SUR 78°30'47,36" OESTE											
CONTEO VEHICULAR AUTOMATICO. AV. MALDONADO LA RECOLETA SENTIDOS-N												
MES	Marzo					Abril						
HORA	Jun 27	Vie 28	Sab 29	Dom 30	Lun 1	mar. 2	Mie 3	Jun 4	Vie 5	Sab 6	Dom 7	
0:00	1:00	0	206	443	335	116	140	159	191	263	383	331
1:00	2:00	0	114	409	215	59	61	83	94	147	322	229
2:00	3:00	0	72	482	199	29	37	51	57	86	335	224
3:00	4:00	0	63	215	184	20	46	43	55	72	209	178
4:00	5:00	0	85	147	109	48	70	58	74	86	168	109
5:00	6:00	0	230	238	122	194	234	194	191	215	242	137

Lugar LA RECOLETA												
Fecha Inicio:	Jueves, 27 de marzo de 2013						Hora Inicio:	0:01				
Fecha Fin:	Domingo, 07 de abril de 2013						Hora Fin:	8:45				
Ubicación Satelital	0°14'01,89" SUR 78°30'47,36" OESTE											
6:00	7:00	0	644	433	261	675	648	639	652	673	387	488
7:00	8:00	0	678	639	538	708	686	711	656	687	709	676
8:00	9:00	0	789	885	608	742	744	791	781	751	920	724
9:00	10:00	0	1014	1041	669	913	933	916	920	1077	1060	710
10:00	11:00	0	1084	1062	796	1011	1057	1003	1021	1083	1061	784
11:00	12:00	0	1109	1091	909	1124	1026	1045	1011	1168	1167	801
12:00	13:00	892	1166	1111	901	1185	1164	1071	1097	1222	1196	911
13:00	14:00	1049	1107	1135	936	1061	1080	1063	1078	1159	1201	910
14:00	15:00	1049	1021	1168	1069	1092	1039	1066	1086	1078	1167	954
15:00	16:00	1155	968	1151	881	1111	943	1118	1100	1074	1133	871
16:00	17:00	1049	1096	1086	910	1166	1084	1087	1125	1196	1228	848
17:00	18:00	1144	1078	1044	775	1189	1167	1131	1111	1179	1172	818
18:00	19:00	1170	1148	1019	749	1116	1140	1034	1076	977	1062	856
19:00	20:00	1099	1068	954	765	889	1087	1070	1011	903	1022	754
20:00	21:00	1052	1153	815	614	1009	1064	1114	1079	1141	929	605
21:00	22:00	872	992	702	353	797	791	826	896	1117	734	393
22:00	23:00	562	773	569	255	482	544	537	577	758	537	236
23:00	0:00	346	593	423	203	240	312	301	326	599	538	133
SUMAN		11439	18251	18262	13356	16976	17097	17111	17265	18711	18882	13680
Tiempo Conteo	11.75 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	23:25 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h	24.00 h
Hora Pico S-N	18:00-19:00	12:00-13:00	14:00-15:00	14:00-15:00	17:00-18:00	17:00-18:00	17:00-18:00	16:00-17:00	12:00-13:00	16:00-17:00	14:00-15:00	
Veh Hora Pico	1170	1166	1168	1069	1189	1167	1131	1125	1222	1228	954	

Nota. Vehículos contabilizados en la dirección N-S por hora en cada día de conteo, Hora Pico y cantidad de vehículos en hora pico, también se muestra la cantidad de horas contadas en ese día

Tabla 12

Conteo vehicular de la Av. Cumandá

Intersección:	Oriental-Cumandá				
Fecha Inicio:	Viernes-1-Nov-19				
Fecha Final:	Sábado-30-Nov-19				
CUADRO COMPARATIVO DE FLUJOS DIARIOS PROMEDIADOS DE TODOS LOS SENTIDOS REGISTRADOS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA					
	Nombre de Giros				
<i>Fecha</i>	<i>OE</i>	<i>ON</i>	<i>OS</i>	<i>SN BUS</i>	<i>SO</i>
Viernes-1-Nov-19	9088	7036	13819	7151	662
Sábado-2 -Nov-19	7577	7075	12561	7195	6706
Domingo-3-Nov-19	6492	6999	10659	711	5304
Lunes-4-Nov-19	6665	5853	10839	4968	6132
Martes-5-Nov-19	9537	-	17035	-	7902
Miércoles-6-Nov-19	9541	-	16215	-	7849
Jueves-7-Nov-19	9984	-	16828	-	8118
Viernes-8-Nov-19	10261	-	196	-	8681
Sábado-9 -Nov-19	10487	-	1534	-	
Domingo-10-Nov-19	7907	-	12915	-	6607
Lunes-11-Nov-19	9453	-	15834	-	7718
Martes-12-Nov-19	9402	-	15872	-	8059
Miércoles-13-Nov-19	9761	-	15191	-	7955
Jueves-14-Nov-19	-	-	-	-	-
Viernes-15-Nov-19	-	-	-	-	-
Sábado-16 -Nov-19	10579	-	1459	-	8168

Intersección:	Oriental-Cumandá				
Fecha Inicio:	Viernes-1-Nov-19				
Fecha Final:	Sábado-30-Nov-19				
Domingo-17-Nov-19	7608	-	12529	-	6397
Lunes-18-Nov-19	9418	-	16471	-	7868
Martes-19-Nov-19	9289	-	15463	-	7741
Miércoles-20-Nov-19	9559	-	1574	-	8142
Jueves-21-Nov-19	9632	-	16743	-	8266
Viernes-22-Nov-19	10431	-	1852	-	8997
Sábado-23 -Nov-19	10659	-	16181	-	808
Domingo-24-Nov-19	7845	-	12259	-	6411
Lunes-25-Nov-19	9365	-	16589	-	7716
Martes-26-Nov-19	9981	-	17606	-	8186
Miércoles-27-Nov-19	9504	-	16288	-	8158
Jueves-28-Nov-19	9844	-	16479	-	8342
Viernes-29-Nov-19	10397	-	18115	-	9387
Sábado-30-Nov-19	11223	-	16581	-	8547

Nota. Vehículos contabilizados en las diferentes horas, en los días de conteo

Verificación en campo de los datos entregados

Los estudios realizados por el Distrito Metropolitano de Quito realizados por la Secretaria de Movilidad en el sector donde se encuentra el Ministerio de Defensa son datos reales que nos permiten obtener toda la información requerida para este proyecto que estamos realizando, pero siempre hay que tomar en cuenta que toda información debe ser verificada a la fecha actual con la finalidad de que los resultados sean los mejores para ser aplicados en los diferentes proyectos.

A continuación, se presentará los datos verificados los mismos que servirán para realizar las proyecciones al año 2021, los cuales se utilizarán en el análisis y determinación de volúmenes como en la simulación de asignación de tráfico vehicular para cumplir con los objetivos planteados.

Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S

En esta avenida se verificó los datos del día jueves 13 de septiembre del 2018, en tres horas de la mañana a partir de las 11h00 horas, la verificación de los datos se lo hizo el jueves 25 de febrero del 2021, hay que tomar en cuenta las condiciones actuales de la ciudad, el aumentado del tráfico anualmente y que estamos pasando una pandemia mundial por la cual se han impuesto diferentes normas y condiciones para la circulación vehicular en este sector.

Tabla 13

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:		2018		AÑO VERIFICADO		2021	
HORAS		JUEVES 13-SEP-2018		JUEVES 25-MAR-2021		% VARIACIÓN	
11:00	11:15	98		102		4,08	
11:15	11:30	104		105		0,96	
11:30	11:45	106		110		3,77	
11:45	12:00	108		110		1,85	
12:00	12:15	119		118		-0,84	
12:15	12:30	114		112		-1,75	
12:30	12:45	130		132		1,54	
12:45	13:00	131		135		3,05	
13:00	13:15	166		172		3,61	
13:15	13:30	157		160		1,91	
13:30	13:45	158		161		1,90	
						2,13	
13:45	14:00	141		144			
TOTAL		1532		1561		1,89	

Nota. Los datos que se observa en la tabla muestran que no existe una variación significativa ya que el conteo con mayor porcentaje es del 4%, adicional en las 3 horas ha existido un aumento de 29 vehículos que es aproximadamente el 2% del total.

Figura 28

Fotografía de la verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido N-S



Nota. Se observa el conteo vehicular en la avenida Maldonado sector La Recoleta en el sentido N-S, verificando la información entregada por la Secretaria de Movilidad de la ciudad de Quito por parte de los estudiantes militares de la ESPE.

Av. Maldonado sector La Recoleta sentido S-N

Ahora para la avenida Maldonado sector La Recoleta sentido Sur- Norte se verificó los datos del día viernes 14 de septiembre del 2018, a partir de las 11h00 horas por un tiempo estimado de 03 horas, se realizó la verificación de los datos el viernes 26 de febrero del 2021, tomando en cuenta todas las condiciones ya expuestas en la actualidad para este sector, sean estos la pandemia, el aumento de la circulación de vehículos y las normas aplicadas en la ciudad.

Tabla 14

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado en el sentido S-N

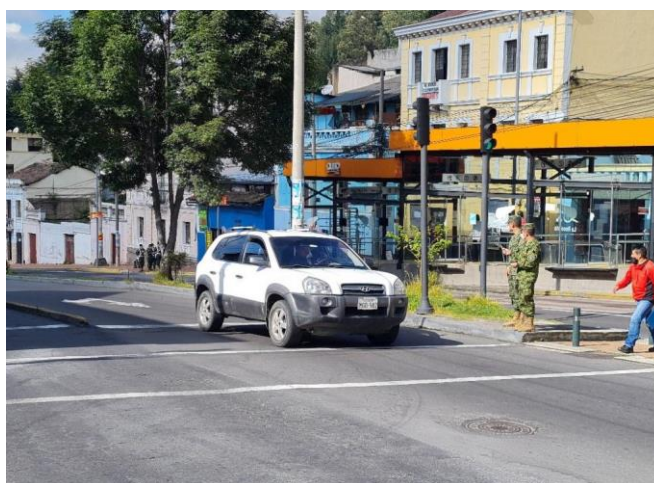
AÑO DE ESTUDIO: 2018		AÑO VERIFICADO		2021
HORAS		VIERNES 14-SEP-2018	VIERNES 26-MAR-2021	% VARIACIÓN
11:00	11:15	141	144	2,13
11:15	11:30	148	150	1,35
11:30	11:45	153	155	1,31

11:45	12:00	155	160	3,23
12:00	12:15	143	149	4,20
12:15	12:30	133	130	-2,26
12:30	12:45	138	145	5,07
12:45	13:00	137	140	2,19
13:00	13:15	181	180	-0,55
13:15	13:30	158	160	1,27
13:30	13:45	141	148	4,96
13:45	14:00	139	144	3,60
TOTAL		1767	1805	2,15

Nota. Podemos observar que los datos verificados son similares a los obtenidos por la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, registrando una variación máxima del 5% en el rango de 12H30 a 12H45. En el total del tiempo de la verificación obtuvimos un 2% más teniendo un aumento de 38 vehículos.

Figura 29

Fotografía de la verificación de datos de la Av. Maldonado sector La Recoleta sentido S-N



Nota. Se realizó la verificación del conteo vehicular en el sentido S-N en la avenida Cumandá por parte de los estudiantes encargados de realizar este proyecto en beneficio del Ministerio de Defensa.

Av. Maldonado Articulados en el sentido N-S

En la avenida Maldonado sector La Recoleta también se realizó la verificación de los articulados (trole) sentido Norte- Sur del día lunes 17 de septiembre del 2018 por 3 horas consecutivas, el lunes 1 de marzo del 2021 realizamos la verificación de estos datos teniendo como resultado la información que se mostraran en la siguiente tabla.

Tabla 15

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Maldonado Articulados en el sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:		2018		AÑO VERIFICADO		2021	
HORAS		LUNES 17-SEP-2018		LUNES 01-MAR-2021		% VARIACIÓN	
7:00	7:15	7		8		14,29	
7:15	7:30	4		5		25,00	
7:30	7:45	2		3		50,00	
7:45	8:00	6		7		16,67	
8:00	8:15	4		5		25,00	
8:15	8:30	6		7		16,67	
8:30	8:45	8		9		12,50	
8:45	9:00	8		9		12,50	
9:00	9:15	10		11		10,00	
9:15	9:30	9		10		11,11	
9:30	9:45	7		8		14,29	
9:45	10:00	8		10		25,00	
TOTAL		79		92		16,46	

Nota. Si observamos los resultados existe una diferencia de 13 vehículos en la verificación de los datos del conteo vehicular, pero siguen siendo similares en el rango del tiempo determinado, es decir cada 15 minutos aumenta 1 o 2 vehículos. Teniendo una variación total del 16% aproximadamente.

Av. El Sena en el sentido N-S

Para la avenida El Sena sentido N-S se realizó la verificación el 02 de marzo del 2021 empezando a las 07H00 de la mañana con una duración aproximada de tres horas, tomamos la información del martes 02 de abril del 2013 para realizar la verificación de los mismos teniendo los siguientes resultados.

Tabla 16

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:	2013	AÑO VERIFICADO		2021
HORAS		MARTES 02-ABR-2013	MARTES 02-MAR-2021	% VARIACIÓN
7:00	7:15	185	190	2,70
7:15	7:30	249	255	2,41
7:30	7:45	245	250	2,04
7:45	8:00	218	220	0,92
8:00	8:15	179	180	0,56
8:15	8:30	193	201	4,15
8:30	8:45	184	190	3,26
8:45	9:00	143	145	1,40
9:00	9:15	127	132	3,94
9:15	9:30	119	122	2,52
9:30	9:45	99	101	2,02
9:45	10:00	125	130	4,00
TOTAL		2066	2116	2,42

Nota. En la avenida El Sena sentido N-S después de realizar la verificación encontramos datos superiores pero que el máximo valor llega al 4% de aumento de circulación de vehículos, y que en el total la diferencia no alcanza el 3% teniendo un valor de 50 vehículos adicionales en el conteo de las 3 horas de verificación.

Figura 30

Fotografía de la verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido N-S



Nota. Verificación del conteo vehicular en la avenida EL Sena en horas de la mañana tomando el sentido N-S.

Av. El Sena en el sentido S-N

Ahora hay que considerar que el sentido S-N también fue verificado en la Avenida El Sena, pero en diferente horario, específicamente en horas de la tarde desde las 15H00 hasta las 18H00 en el mismo día obteniendo los siguientes datos.

Tabla 17

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. El Sena en el sentido S-N

AÑO DE ESTUDIO:		AÑO VERIFICADO		
2013		2021		
HORAS		MARTES 02-ABR-2013	MARTES 02-MAR-2021	% VARIACIÓN
15:00	15:15	209	215	2,87
15:15	15:30	204	210	2,94
15:30	15:45	254	260	2,36
15:45	16:00	276	280	1,45
16:00	16:15	280	285	1,79
16:15	16:30	280	285	1,79
16:30	16:45	265	270	1,89
16:45	17:00	259	266	2,70
17:00	17:15	285	302	5,96
17:15	17:30	291	292	0,34
17:30	17:45	305	320	4,92
17:45	18:00	286	301	5,24
TOTAL		3194	3286	2,88

Nota. Al igual que en el anterior sentido, encontramos un aumento de la información en los diferentes rangos de tiempo que se ha verificado, pero en el total de las 3 horas existe un aumento de apenas el 3% aproximadamente. Hay que tomar en cuenta que los datos son mayores, pero siguen siendo los porcentajes similares con una diferencia de 96 vehículos en la circulación en esta avenida.

Cumandá en el sentido O-E

La Avenida Cumandá tiene un gran flujo vehicular a todas horas del día y existen varias rutas de circulación como el sentido Oeste- Este, el cual se verificó el conteo vehicular de los días sábados del mes de noviembre del 2019 por 3 horas de la mañana de 07H00 a 10H00 el sábado 6 de marzo del 2021 obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 18

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido O-E

AÑO DE ESTUDIO:		2019	AÑO VERIFICADO		2021
HORAS		SÁBADO 02-NOV-2019	SÁBADO 06-MAR-2021	% VARIACIÓN	
7:00	8:00	428	430	0,47	
8:00	9:00	498	502	0,80	
9:00	10:00	534	540	1,12	
TOTAL		1460	1472	0,82	

Nota. La verificación de los datos de esta avenida refleja una similitud muy alta en la información sin alcanzar ni el 1% de variación y teniendo un aumento de 12 carros en el tiempo verificado, cabe mencionar que el conteo entregado por la Secretaria de Seguridad del municipio fue obtenido por las cámaras de video de semaforización de este sector que estamos estudiando.

Av. Cumandá en el sentido O-S

En este sentido O-S vamos a realizar la verificación el día domingo 7 de marzo del 2021 teniendo como base el promedio de todos los domingos del mes de noviembre del 2019, hemos considerado tomar la información tres horas seguidas a partir de las 10H00 de la mañana, cabe recalcar que esta verificación de datos no se la hizo con grabaciones sino con un conteo en el sitio obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 19

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido O-S

AÑO DE ESTUDIO:		2019		AÑO VERIFICADO		2021	
HORAS		SÁBADO 02-NOV-2019		SÁBADO 06-MAR-2021		% VARIACIÓN	
10:00	11:00	892		902		1,12	
11:00	12:00	877		891		1,60	
12:00	13:00	931		952		2,26	
TOTAL		2700		2745		1,67	

Nota. Podemos observar un 2% aproximadamente de aumento en el conteo vehicular teniendo el incremento de 45 vehículos, además de darnos cuenta que la información es similar y puede ser empleada en las proyecciones para el estudio que estamos desarrollando.

Av. Cumandá en el sentido S-O

El sábado 13 de marzo del 2021 ejecutamos la verificación del conteo vehicular en el sentido S-O a partir de las 10H00 en la avenida Cumandá, se utilizó el promedio de los días sábados del mes de noviembre del 2019, registrando la siguiente información.

Tabla 20

Conteo vehicular y verificación de datos de la Av. Cumandá en el sentido S-O

AÑO DE ESTUDIO:		2019		AÑO VERIFICADO		2021	
HORAS		SÁBADO 02-NOV-2019		SÁBADO 13-MAR-2021		% VARIACIÓN	
10:00	11:00	504		512		1,59	
11:00	12:00	519		523		0,77	
12:00	13:00	504		517		2,58	
TOTAL		1527		1552		1,64	

Nota. Los datos obtenidos son similares a los registrados por la Secretaría de Movilidad del Municipio de Quito, registrando un aumento de 25 vehículos que representa el 2% aproximadamente del total del conteo verificado en el tiempo determinado para esta actividad.

Figura 31

Fotografía de la verificación de datos de la Av. Cumandá



Nota. En la avenida Cumandá se realizó la verificación de la información en varios sentidos ya que existen varios flujos vehiculares en este sector.

Proyección de tráfico al año 2021

Conforme a los datos entregados de las Avenidas Maldonado, Cumandá y El Sena, los años en los que esta información fue generada por la Secretaría de Movilidad, y a pesar de las modificaciones que pueden existir en las proyecciones debido a los efectos de pandemia en la movilidad de la ciudad, se optó por aproximar estos datos al año en curso para mantener coherencia y similitud con los datos generados en el complejo del Ministerio de Defensa Nacional. Para esto, como se dijo anteriormente, se empleó la tasa de crecimiento vehicular prevista por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (Concejo Metropolitano, 2015), que corresponde al 7% de crecimiento anual.

Considerando el requerimiento establecido por los objetivos, los datos disponibles y el periodo a proyectar, para determinar los volúmenes de tránsito futuro con tendencia exponencial se emplea la siguiente expresión:

$$Qf = Q_o(1 + r)^{Xj}$$

Avenida Maldonado.**Sentido Norte – Sur****Tabla 21**

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Maldonado en el sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:	2018	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	3
DIA	(Qo) VOLUMEN 2018	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
SÁBADO 15	8534		10456
DOMINGO 16	5330		6526
LUNES 17	9388		11500
MARTES 18	9821	1.2250	12031
MIÉRCOLES 19	9953		12191
JUEVES 20	10295		12611
VIERNES 21	10171		12466
TPDS			11112 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 11112 vehículos mixtos al día.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(10456 - 11112)^2 + (6526 - 11112)^2 + \dots + (12611 - 11112)^2 + (12466 - 11112)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 877 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida Pedro Vicente Maldonado en el sentido Norte - Sur, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{877}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$\sigma = 329 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 11112 \pm 1.64 * (329)$$

$$TPDA = 11112 \pm 539$$

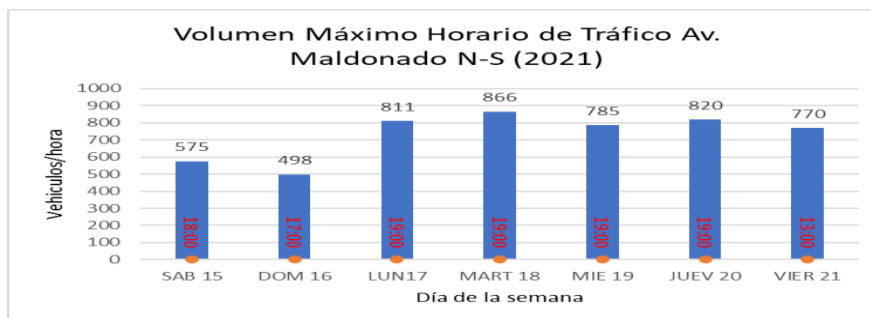
En la Avenida Pedro Vicente Maldonado, sentido Norte – Sur el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$10572 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 11651 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Figura 32

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte-Sur de la Av. Maldonado proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021 donde podemos observar que el día martes se da el pico con 866 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 22

Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) proyectado al año 2021

DIA	$Q_{m\acute{a}x-horario}$	Q_{15}	FHP
SÁBADO 15	575	165	0.87
DOMINGO 16	498	141	0.88
LUNES 17	811	211	0.96
MARTES 18	866	244	0.89
MIÉRCOLES 19	785	206	0.95
JUEVES 20	820	224	0.92
VIERNES 21	770	216	0.89
$FHP_{prom} =$			0.91

Nota. La tabla muestra el cálculo del del Factor de Hora Pico para el año 2021, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.91 es un valor típico de vías urbanas, además de indicarnos que durante la hora de máxima demanda el transito se mantiene de forma constante en todos los períodos de 15 minutos que conforman la Hora de Máxima Demanda o conocido también como Hora Pico.

Sentido Sur – Norte

Tabla 23

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Maldonado en el sentido S-N

AÑO DE ESTUDIO:	2018	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	3
DIA	(Qo) VOLUMEN 2018	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
SÁBADO 15	8986		11009
DOMINGO 16	6276		7688
LUNES 17	10007	1.2250	12261
MARTES 18	10263		12575
MIÉRCOLES 19	9938		12175

AÑO DE ESTUDIO:	2018	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	3
JUEVES 20	10249		12556
VIERNES 21	11191		13710
TPDS			11711 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 11711 vehículos mixtos al día.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(11009 - 11711)^2 + (7688 - 11711)^2 + \dots + (12556 - 11711)^2 + (13710 - 11711)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 793 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida Pedro Vicente Maldonado en el sentido Sur - Norte, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{793}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 297 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 11711 \pm 1.64 * (297)$$

$$TPDA = 11711 \pm 488$$

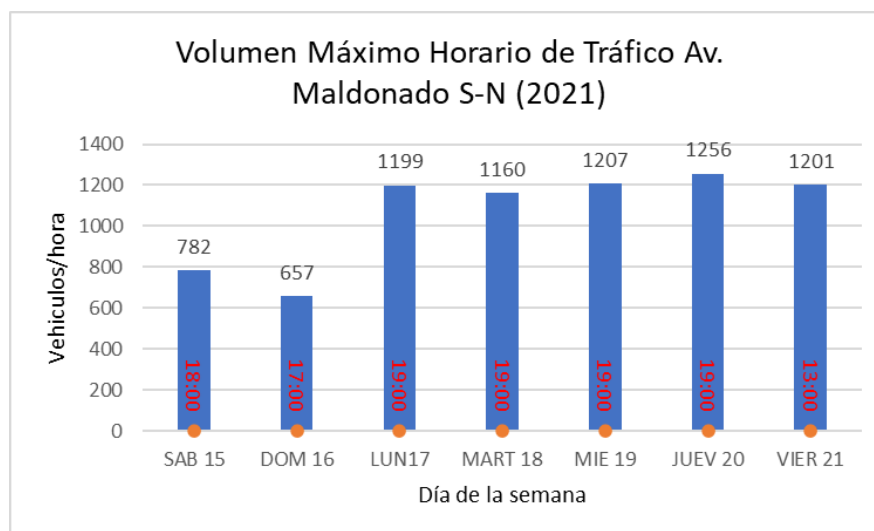
En la Avenida Pedro Vicente Maldonado, sentido Sur-Norte el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$11223 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 12198 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Figura 33

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur – Norte de la Av. Maldonado proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021 donde podemos observar que el día jueves se da el pico con 1256 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 24

Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (S-N) proyectado al año 2021

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
SÁBADO 15	782	207	0.94
DOMINGO 16	657	192	0.86
LUNES 17	1199	342	0.88
MARTES 18	1160	321	0.90
MIÉRCOLES 19	1207	332	0.91
JUEVES 20	1256	377	0.83
VIERNES 21	1201	328	0.92
			$FHP_{\text{prom}} = 0.89$

Nota. La tabla muestra el cálculo del Factor de Hora Pico para el año 2021, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.89 es un valor más cercano a vías rurales, además, indica que durante la hora de máxima demanda el tránsito presenta picos en los períodos de 15 minutos que conforman la Hora de Máxima Demanda o conocida también como Hora Pico, lo cual requeriría un estudio pormenorizado para establecer los motivos de este tipo de variaciones.

Articulados sentido Norte – Sur

Tabla 25

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de los articulados que circulan en la Av. Maldonado en el sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:	2018	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	3
DIA	(Qo) VOLUMEN 2018	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
SABADO 15	352		424
DOMINGO 16	359	1.2250	434
LUNES 17	582		708
MARTES 18	542		661

AÑO DE ESTUDIO:	2018	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	3
MIERCOLES 19	608		741
JUEVES 20	644		790
VIERNES 21	610		741
TPDS			643 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 643 vehículos articulados al día.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(424 - 643)^2 + (434 - 643)^2 + \dots + (790 - 643)^2 + (741 - 643)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 62 \text{ articulados/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para los vehículos articulados en la Avenida Pedro Vicente Maldonado en el sentido Norte – Sur , considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{62}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 23 \text{ articulados/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 643 \pm 1.64 * (23)$$

$$TPDA = 643 \pm 38$$

En la Avenida Pedro Vicente Maldonado, para los vehículos articulados, sentido Norte – Sur el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

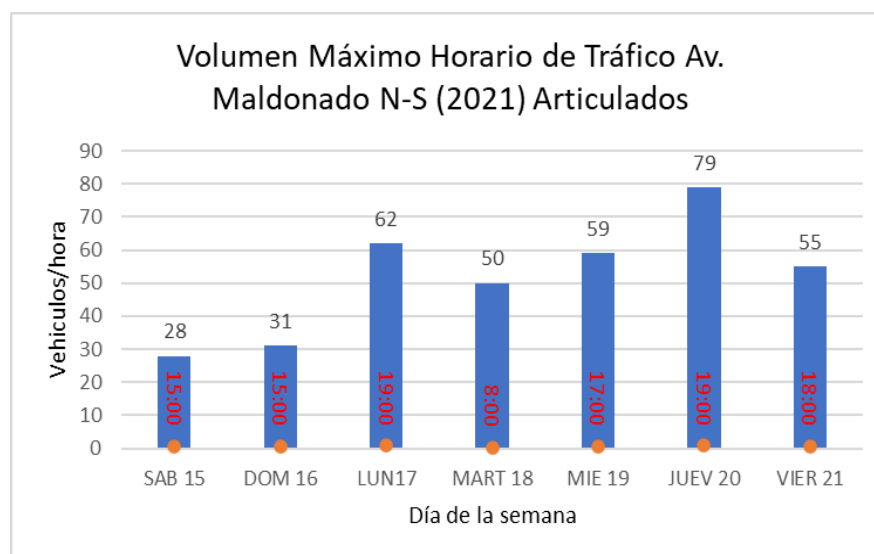
$$605 \frac{\text{articulados}}{\text{día}} < TPDA < 681 \frac{\text{articulados}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Figura 34

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte – Sur para vehículos articulados de la Av.

Maldonado proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021 donde podemos observar que el día jueves se da el pico con 79 articulados/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día sábado.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 26

Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) para articulados proyectado al año 2021

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
SÁBADO 15	28	10	0.70
DOMINGO 16	31	10	0.78
LUNES 17	62	18	0.86
MARTES 18	50	16	0.78
MIÉRCOLES 19	59	18	0.82
JUEVES 20	79	32	0.62
VIERNES 21	55	16	0.86
			$FHP_{prom} = 0.77$

Nota. La tabla muestra el cálculo del del Factor de Hora Pico para el año 2021 para vehículos articulados, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.77 es un valor típico de vías rurales, además, indica que durante la hora de máxima demanda el tránsito presenta picos muy importantes en los períodos de 15 minutos que conforman la Hora de Máxima Demanda o conocida también como Hora Pico, lo cual requeriría un estudio pormenorizado para establecer los motivos de este tipo de variaciones, ya que, al ser un sistema de transporte urbano, el FHP debería ser más consistente a lo largo del tiempo.

Avenida El Sena

Sentido Norte – Sur

Tabla 27

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. El Sena en el sentido N-S

AÑO DE ESTUDIO:	2013	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	8
DIA	(Qo) VOLUMEN 2013	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
SÁBADO	8025		13788
DOMINGO	5314	1.7182	9126
LUNES	8350		14347

AÑO DE ESTUDIO:	2013	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	8
MARTES	8549		14675
MIÉRCOLES	8566		14717
JUEVES	8461		14536
VIERNES	9146		15714
		TPDS	13843 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 13843 vehículos mixtos al día.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(13788 - 13843)^2 + (9126 - 13843)^2 + \dots + (14536 - 13843)^2 + (15714 - 13843)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 881 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida El Sena en el sentido Norte - Sur, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{881}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 330 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 13843 \pm 1.64 * (330)$$

$$TPDA = 13843 \pm 542$$

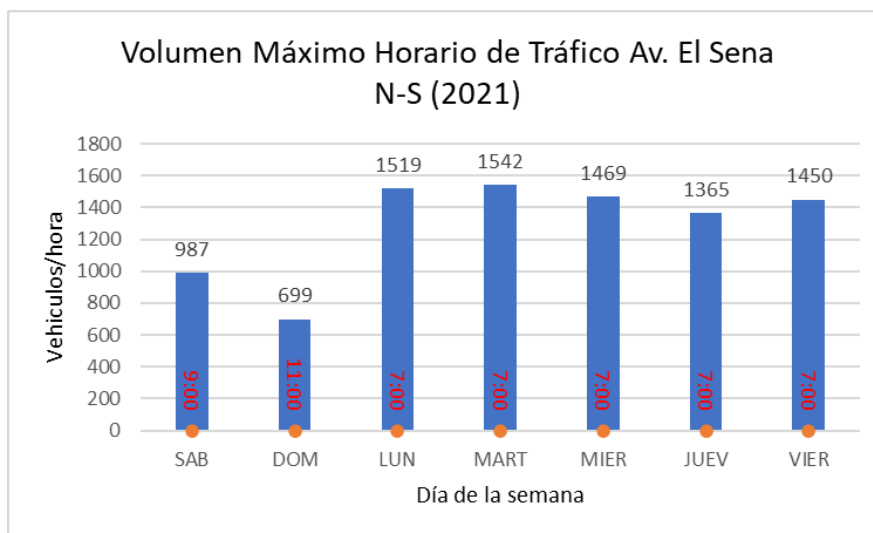
En la Avenida El Sena, sentido Norte – Sur el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$13302 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 14385 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Figura 35

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Norte-Sur de la Av. El Sena proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021 donde podemos observar que el día martes se da el pico con 1542 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 28

Factor de Hora Pico en la Avenida Maldonado (N-S) proyectado al año 2021

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
SÁBADO	987	265	0.93
DOMINGO	699	189	0.92
LUNES	1519	474	0.80
MARTES	1542	428	0.90
MIÉRCOLES	1469	390	0.94
JUEVES	1365	421	0.81
VIERNES	1450	402	0.90
			$FHP_{\text{prom}} = 0.89$

Nota. La tabla muestra el cálculo del del Factor de Hora Pico para el año 2021, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.89 es un valor más aproximado a vías rurales, además de indicarnos que durante la hora de máxima demanda el tránsito no se mantiene de forma constante en todos los períodos de 15 minutos que conforman la Hora de Máxima Demanda o conocido también como Hora Pico, mostrando picos. Este valor se ve afectado por el día jueves que muestra este comportamiento de forma más notable.

Sentido Sur – Norte

Tabla 29

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. El Sena en el sentido S – N

AÑO DE ESTUDIO:	2013	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	8
DIA	(Qo) VOLUMEN 2013	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
SÁBADO	18262		31377
DOMINGO	13356		22943
LUNES	16976		29168
MARTES	17097	1.7182	29377
MIÉRCOLES	17111		29400
JUEVES	17265		29665
VIERNES	18711		32157

AÑO DE ESTUDIO:	2013	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	8
		TPDS	29155 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 29155 vehículos mixtos al día.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(31377 - 29155)^2 + (22943 - 29155)^2 + \dots + (32157 - 29155)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 1212 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida El Sena en el sentido Sur - Norte, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{1212}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 454 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 29155 \pm 1.64 * (454)$$

$$TPDA = 29155 \pm 745$$

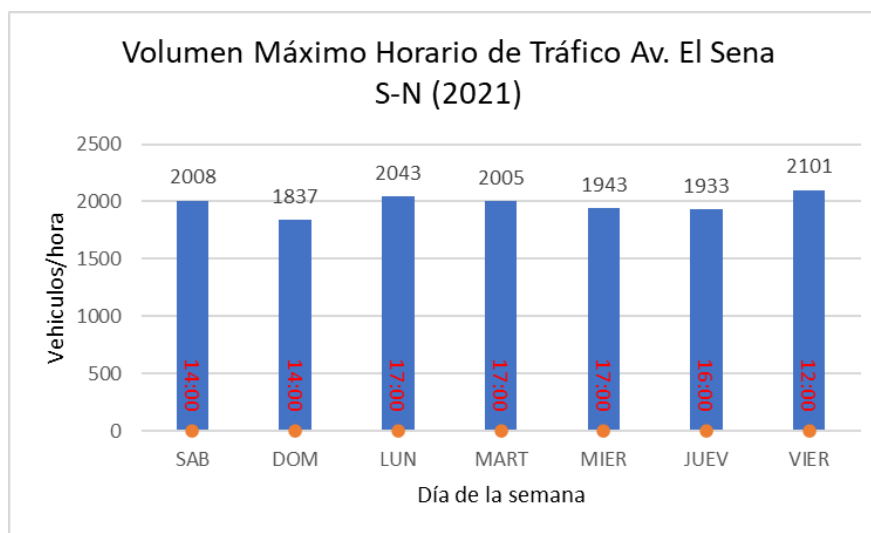
En la Avenida El Sena, sentido Sur-Norte el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$28410 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 29901 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Figura 36

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur – Norte de la Av. El Sena proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021 donde podemos observar que el día viernes se da el pico con 2101 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 30

Factor de Hora Pico en la Avenida El Sena (S-N) proyectado al año 2021

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
SÁBADO	2008	514	0.98
DOMINGO	1837	483	0.95
LUNES	2043	521	0.98
MARTES	2005	524	0.96
MIÉRCOLES	1943	505	0.96
JUEVES	1933	498	0.97
VIERNES	2101	540	0.97
			$FHP_{prom} = 0.97$

Nota. La tabla muestra el cálculo del del Factor de Hora Pico para el año 2021, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.97 es un valor típico en vías urbanas, indica que durante la hora de máxima demanda el transito no presenta picos en los períodos de 15 minutos que conforman la Hora de Máxima Demanda, manteniéndose el tránsito constante a lo largo de toda la hora.

Avenida Cumandá

Es necesario considerar que los datos proporcionados para el caso de la Avenida Cumandá, fueron procesados de forma distinta para la Av. Cumandá, ya que para el registro de esta vía se utilizó la intersección semaforizada PM573 controlada durante el periodo de un mes. Por lo que el análisis correspondiente se realizó en base a los diversos sentidos presentados en el informe original y a la disponibilidad variable de los datos existentes.

Sentido Oeste – Este**Tabla 31**

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido O-E

AÑO DE ESTUDIO:	2019	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	2
DIA	(Qo) VOLUMEN 2019	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
LUNES	8725		9991
MARTES	9552		10938
MIÉRCOLES	9591		10982
JUEVES	9820	1.1449	11244
VIERNES	10044		11501
SÁBADO	10105		11570
DOMINGO	7463		8546
		TPDS	10682 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 10682 vehículos mixtos al día. Se considera el promedio de los días del mes disponibles en el conteo original.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(9991 - 10682)^2 + (10938 - 10682)^2 + \dots + (8546 - 10682)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 440 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida Cumandá en el sentido Oeste - Este, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{440}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$\sigma = 165 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 10682 \pm 1.64 * (165)$$

$$TPDA = 10682 \pm 271$$

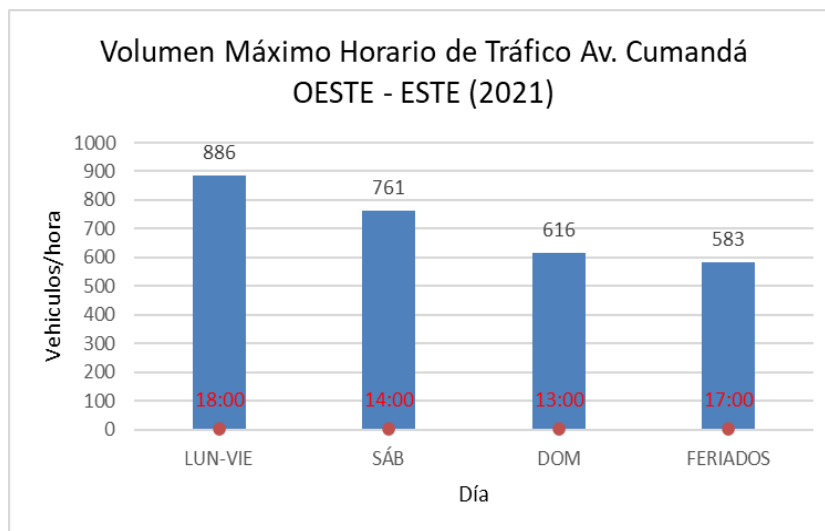
En la Avenida Cumandá, sentido Oeste – Este, el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$10411 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 10952 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Tabla 32

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Oeste-Este de Av. Cumandá proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021, donde podemos observar que como se esperaba el volumen máximo horario se da en los días laborables con un promedio de 886 vehículos mixtos/hora que se ubica en la franja horaria de las 18:00. Así mismo se observa que los días con el menor volumen son los feriados, seguidos por el día domingo.

Sentido Oeste – Sur

Tabla 33

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido O-S

AÑO DE ESTUDIO:	2019	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	2
DIA	(Qo) VOLUMEN 2019	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
LUNES	14933		17098
MARTES	16494		18885
MIÉRCOLES	12317	1.1449	14103
JUEVES	16683		19102
VIERNES	8496		9728

AÑO DE ESTUDIO:	2019	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	2
SÁBADO	9663		11064
DOMINGO	12091		13844
TPDS			14832 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 14832 vehículos mixtos al día. Se considera el promedio de los días del mes disponibles en el conteo original.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(17098 - 14832)^2 + (18885 - 14832)^2 + \dots + (13844 - 14832)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 1505 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida Cumandá en el sentido Oeste - Sur, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{1505}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 564 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 14832 \pm 1.64 * (564)$$

$$TPDA = 14832 \pm 925$$

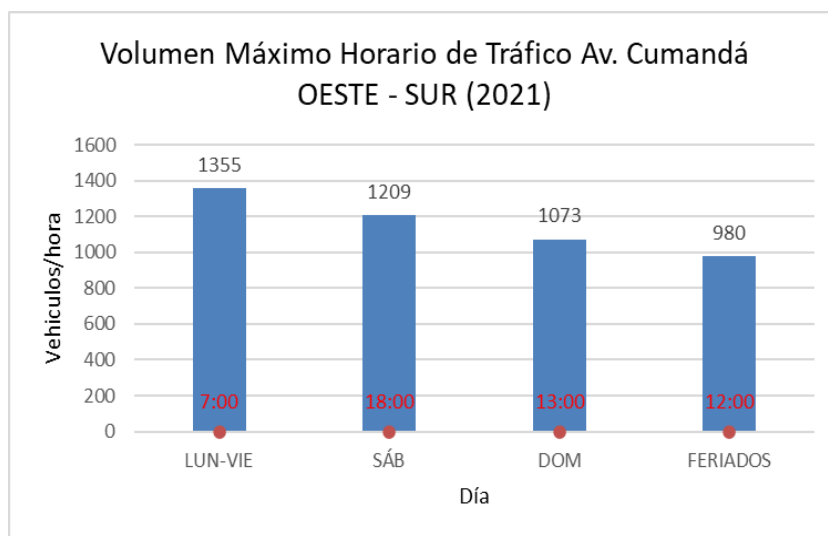
En la Avenida Cumandá, sentido Oeste – Sur, el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$13907 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 15757 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Tabla 34

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Oeste - Sur de la Av. Cumandá proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021, donde podemos observar que como se esperaba el volumen máximo horario se da en los días laborables con un promedio de 1355 vehículos mixtos/hora que se ubica en la franja horaria de las 07:00. Así mismo, se observa que los días con el menor volumen son los feriados, seguidos por el día domingo.

Sentido Sur - Oeste**Tabla 35**

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal de la Av. Cumandá en el sentido S – O

AÑO DE ESTUDIO:	2019	AÑO PROYECTADO	2021
$r =$	0.07	$X_j =$	2
DIA	(Qo) VOLUMEN 2019	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN 2021
LUNES	7359		8426
MARTES	7972		9128
MIÉRCOLES	8026		9190
JUEVES	8242	1.1449	9437
VIERNES	6932		7937
SÁBADO	6057		6936
DOMINGO	6180		7076
		TPDS	8304 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal considerado para el año 2021 aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 8304 vehículos mixtos al día. Se considera el promedio de los días del mes disponibles en el conteo original.

Considerando los datos actualizados al año 2021, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(8426 - 8304)^2 + (9128 - 8304)^2 + \dots + (6936 - 8304)^2 + (7076 - 8304)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 418 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la Avenida Cumandá en el sentido Sur – Oeste, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{418}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$\sigma = 157 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 8304 \pm 1.64 * (157)$$

$$TPDA = 8304 \pm 257$$

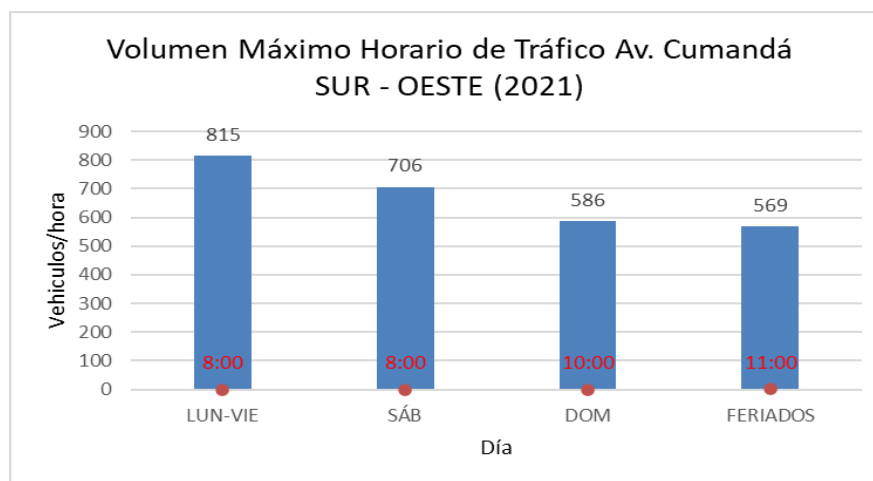
En la Avenida Cumandá, sentido Sur - Oeste, el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$8048 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 8561 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio.

Tabla 36

Volumen Máximo Horario de Tráfico en el sentido Sur - Oeste de la Av. Cumandá proyectado al 2021



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección al año 2021, donde podemos observar que como se esperaba el volumen máximo horario se da en los días laborables con un promedio de 815 vehículos mixtos/hora que se ubica en la franja horaria de las 08:00. Así mismo, se observa que los días con el menor volumen son los feriados, seguidos por el día domingo.

Estudio realizado en el Ministerio de Defensa

Períodos de aforo de Tránsito

El conteo vehicular se realizó instalando cámaras de video en las entradas del Complejo Ministerial, las mismas que captaban y recopilaban los vehículos que ingresaban y salían del Complejo Ministerial, como también los vehículos que salen del parqueadero ubicado en la entrada Norte del Complejo Ministerial.

El periodo de aforo fue realizado bajo el siguiente detalle.






Tabla 37*Período de Aforo de Tránsito*

FECHA	INGRESO NORTE	INGRESO PARQUEADERO	INGRESO SUR	SALIDA PARQUEADERO
Viernes, 15 de enero de 2021	X	X	X	
Sábado, 16 de enero de 2021	X	X	X	
Domingo, 17 de enero de 2021	X	X	X	
Lunes, 18 de enero de 2021	X	X	X	
Martes, 19 de enero de 2021	X	X	X	
Miércoles, 20 de enero de 2021	X	X	X	
Jueves, 21 de enero de 2021	X	X	X	
Viernes, 22 de enero de 2021	X	X	X	
Sábado, 23 de enero de 2021	X	X	X	
Domingo, 24 de enero de 2021	X	X	X	
Lunes, 25 de enero de 2021	X	X	X	
Martes, 26 de enero de 2021	X	X	X	
Miércoles, 27 de enero de 2021	X	X	X	
Jueves, 28 de enero de 2021	X	X	X	
Viernes, 29 de enero de 2021				X
Sábado, 30 de enero de 2021				X
Domingo, 31 de enero de 2021				X
Lunes, 1 de febrero de 2021				X
Martes, 2 de febrero de 2021				X
Miércoles, 4 de febrero de 2021				X
Jueves 5 de febrero de 2021				X

Nota. El período de aforo se realizó durante 14 días en los ingresos y durante 7 días en la salida del Parqueadero Norte. Todos los días el conteo fue de 24 horas. Se hizo conteos de vehículos adicionales para constatar y contrastar la información entregada por la Secretaria de Movilidad del distrito Metropolitano de Quito en la Av. Pedro Vicente Maldonado, Av. Cumandá y Av. El Sena.

Figura 37

Formato del conteo volumétrico vehicular empleado en campo

CONTEO VEHICULAR								
PROYECTO:				ESTACION:				
TRAMO:				DIA DE LA SEMANA:				
SENTIDO:				FECHA:				
FECHA:				UBICACION:				
# HORA	INTERVALO	TIPO DE VEHICULO					VOLUMEN DE 15 min.	VOLUMEN HORARIO (VH)
		LIVIANOS	BUSES	CAMION		MOTOS		
								
1	00H00 a 00h15							
	00h15 a 00h30							
	00h30 a 00h45							
	00h45 a 01h00							
2	01h00 a 01h15							
	01h15 a 01h30							
	01h30 a 01h45							
	01h45 a 02h00							
3	02h00 a 02h15							
	02h15 a 02h30							
	02h30 a 02h45							
	02h45 a 03h00							
4	03h00 a 03h15							
	03h15 a 03h30							
	03h30 a 03h45							
	03h45 a 04h00							
5	04h00 a 04h15							
	04h15 a 04h30							
	04h30 a 04h45							
	04h45 a 05h00							
6	05h00 a 05h15							
	05h15 a 05h30							
	05h30 a 05h45							
	05h45 a 06h00							
7	06h00 a 06h15							
	06h15 a 06h30							
	06h30 a 06h45							
	06h45 a 07h00							
8	07h00 a 07h15							
	07h15 a 07h30							
	07h30 a 07h45							
	07h45 a 08h00							
9	08h00 a 08h15							
	08h15 a 08h30							
	08h30 a 08h45							
	08h45 a 09h00							
10	09h00 a 09h15							
	09h15 a 09h30							
	09h30 a 09h45							
	09h45 a 10h00							

Nota. El conteo vehicular se realizó utilizando este formato de matriz para facilitar la obtención de la información, los tiempos se encuentran en rangos de 15 minutos durante las 24 horas del día teniendo una clasificación de vehículos livianos, buses, camiones y motos, obteniendo un volumen horario del sitio o avenida en estudio.

Resultados de los aforos de tránsito

A pesar de contar con el apoyo de las cámaras de video, finalmente, el conteo volumétrico se realizó de forma manual, por lo que los responsables del estudio llevaron registros del tráfico por hora y sentido, además de su clasificación por tipos de vehículos. A continuación, se presentan los datos obtenidos en las dos estaciones localizadas en el ingreso Norte y Sur del MIDENA y en los periodos considerados para el efecto.

Entrada Sur (Av. Maldonado) – Ministerio de Defensa.**Tabla 38***Volumen de Tránsito en la entrada Sur del Complejo Ministerial (Av. Maldonado)*

FECHA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 Ejes)	MOTOS	TOTAL (Veh. mix/día)
Viernes, 15 de enero de 2021	416	6	2	43	467
Sábado, 16 de enero de 2021	30	0	1	6	37
Domingo, 17 de enero de 2021	23	0	0	3	26
Lunes, 18 de enero de 2021	431	1	4	40	476
Martes, 19 de enero de 2021	407	7	2	31	447
Miércoles, 20 de enero de 2021	423	5	3	45	476
Jueves, 21 de enero de 2021	445	0	0	45	490
Viernes, 22 de enero de 2021	347	3	3	67	420
Sábado, 23 de enero de 2021	51	0	0	4	55
Domingo, 24 de enero de 2021	34	0	0	1	35
Lunes, 25 de enero de 2021	381	4	5	49	439
Martes, 26 de enero de 2021	417	5	4	34	460
Miércoles, 27 de enero de 2021	430	5	3	46	484
Jueves, 28 de enero de 2021	409	7	1	39	456
TOTAL	4244	43	28	453	4768
% DE VEHÍCULOS	89.01%	0.90%	0.59%	9.50%	100.00%
TPD	303	3	2	32	341

Nota. Esta tabla muestra el total de vehículos que ingresaron al Complejo Ministerial a través de la Av. Maldonado, siendo valores constantes a lo largo de los días laborables de la semana, y notándose una variación significativa los fines de semana. Podemos observar que el total de vehículos mixtos contabilizados durante los 14 días de conteo fue de 4768. El porcentaje de buses y camiones contabilizados es insignificante en comparación con los vehículos livianos y motocicletas. Finalmente podemos obtener el tráfico promedio diario con un total de 341 vehículos mixtos que utilizan este ingreso.

Entrada Norte (Av. Cumandá) – Comandancia General del Ejército**Tabla 39***Volumen de Tránsito en la entrada Norte del Complejo Ministerial (Av. Cumandá)*

FECHA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 Ejes)	MOTOS	TOTAL (Veh. mix/día)
Viernes, 15 de enero de 2021	470	0	1	25	496
Sábado, 16 de enero de 2021	139	0	0	8	147
Domingo, 17 de enero de 2021	129	0	0	9	138
Lunes, 18 de enero de 2021	516	5	1	17	539
Martes, 19 de enero de 2021	511	0	3	23	537
Miércoles, 20 de enero de 2021	472	3	2	27	504
Jueves, 21 de enero de 2021	369	1	0	17	387
Viernes, 22 de enero de 2021	450	0	1	20	471
Sábado, 23 de enero de 2021	116	0	0	5	121
Domingo, 24 de enero de 2021	111	0	0	6	117
Lunes, 25 de enero de 2021	472	5	1	15	493
Martes, 26 de enero de 2021	473	0	3	21	497
Miércoles, 27 de enero de 2021	436	3	2	25	466
Jueves, 28 de enero de 2021	413	3	0	17	433
TOTAL	5077	20	14	235	5346
% DE VEHÍCULOS	94.97%	0.37%	0.26%	4.40%	100.00%
TPD	363	1	1	17	382

Nota. Esta tabla muestra el total de vehículos que ingresaron al Complejo Ministerial a través de la Av. Cumandá, siendo valores constantes a lo largo de los días laborables de la semana, y notándose una variación significativa los fines de semana. Podemos observar que el total de vehículos mixtos contabilizados durante los 14 días de conteo fue de 5346, es decir una cantidad mayor ingresa al complejo por esta avenida. El porcentaje de buses y camiones contabilizados es insignificante en comparación con los vehículos livianos y motocicletas. Finalmente podemos obtener el tráfico promedio diario con un total de 382 vehículos mixtos que utilizan este ingreso.

Entrada Norte (Av. Cumandá) – Parqueadero Comandancia General del Ejército**Tabla 40**

Volumen de Tránsito en la entrada Norte al Parqueadero de la Comandancia General del Ejército

(Av. Cumandá)

FECHA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 Ejes)	MOTOS	TOTAL (Veh. mix/día)
Viernes, 15 de enero de 2021	312	2	1	35	350
Sábado, 16 de enero de 2021	59	0	2	6	67
Domingo, 17 de enero de 2021	74	0	0	6	80
Lunes, 18 de enero de 2021	287	10	1	42	340
Martes, 19 de enero de 2021	278	4	2	42	326
Miércoles, 20 de enero de 2021	348	4	2	40	394
Jueves, 21 de enero de 2021	301	4	2	42	349
Viernes, 22 de enero de 2021	323	3	2	38	366
Sábado, 23 de enero de 2021	53	0	1	5	59
Domingo, 24 de enero de 2021	65	0	0	4	69
Lunes, 25 de enero de 2021	298	9	2	41	350
Martes, 26 de enero de 2021	289	3	1	40	333
Miércoles, 27 de enero de 2021	353	5	1	38	397
Jueves, 28 de enero de 2021	312	5	3	45	365
TOTAL	3352	49	20	424	3845
% DE VEHÍCULOS	87.18%	1.27%	0.52%	11.03%	100.00%
TPD	239	4	1	30	275

Nota. Esta tabla muestra el total de vehículos que ingresaron al parqueadero de la Comandancia General del Ejército a través de la Av. Cumandá, siendo valores constantes a lo largo de los días laborables de la semana, y notándose una variación significativa los fines de semana. Podemos observar que el total de vehículos mixtos contabilizados durante los 14 días de conteo fue de 3845, es decir, una menor cantidad de vehículos ingresan a este parqueadero en comparación a los que ingresan al Complejo en sí. El porcentaje de buses y camiones contabilizados es insignificante en comparación con los vehículos livianos y motocicletas. Finalmente podemos obtener el tráfico promedio diario con un total de 275 vehículos mixtos que utilizan este ingreso.

Además, como este parqueadero funciona también como parqueadero de visitas, y la capacidad total es de 174, se puede notar una cierta rotación en los espacios disponibles.

Salida Norte (Av. Cumandá) – Parqueadero C.G.E. y Complejo Ministerial

Tabla 41

Volumen de Tránsito en la salida Norte hacia la Av. Cumandá

FECHA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES (2 Ejes)	MOTOS	TOTAL (Veh. mix/día)
Viernes, 29 de enero de 2021	491	7	2	37	537
Sábado, 30 de enero de 2021	36	0	1	0	37
Domingo, 31 de enero de 2021	31	1	0	3	35
Lunes, 01 de febrero de 2021	511	7	2	37	557
Martes, 02 de febrero de 2021	298	2	0	12	312
Miércoles, 03 de febrero de 2021	307	2	0	15	324
Jueves, 04 de febrero de 2021	311	2	0	17	330
TOTAL	1985	21	5	121	2132
% DE VEHÍCULOS	93.11%	0.98%	0.23%	5.68%	100.00%
TPD	284	3	1	17	305

Nota. Esta tabla muestra el total de vehículos que salieron del parqueadero de la Comandancia General del Ejército y del Complejo Ministerial hacia la Av. Cumandá, siendo valores constantes a lo largo de los días laborables de la semana, a pesar de que los días lunes y viernes tienen un incremento importante, y notándose una variación significativa los fines de semana. Podemos observar que el total de vehículos mixtos contabilizados durante los 7 días de conteo fue de 2132.

El porcentaje de buses y camiones contabilizados es insignificante en comparación con los vehículos livianos y motocicletas. Finalmente podemos obtener el tráfico promedio diario con un total de 305 vehículos mixtos que salen por este sector.

Para el caso de esta salida es necesario hacer algunas consideraciones especiales en base al conteo realizado. Del total de vehículos que se incorporan a la Av. Cumandá el 90% salen del parqueadero de la Comandancia General del Ejército y el 10% restante desde las instalaciones del Complejo Ministerial.

Cálculo del tráfico promedio anual TPDA

El tránsito promedio diario anual es un elemento de diseño para la construcción de carreteras y un fundamento del análisis del tránsito, entonces lo ideal es poder contar con aforos de tránsito de todos los días del año a fin de estimar el comportamiento adecuado para el diseño de estructuras de pavimentos y dispositivos del control. (Navarro, 2017). A continuación, presentaremos el cálculo del tráfico promedio anual de las diferentes entradas y parqueadero del complejo ministerial.

Tabla 42

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal entrada Sur del Complejo Ministerial La Recoleta

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)					
AÑO DE ESTUDIO:		2021			
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Tránsito contado
LUNES	406	3	5	45	459
MARTES	412	6	3	33	454
MIERCOLES	427	5	3	46	481
JUEVES	427	4	1	42	474
VIERNES	382	5	3	55	445
SABADO	41	0	1	5	47
DOMINGO	29	0	0	2	31
PROMEDIO					342

Nota. En la siguiente tabla se muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal contado en el ingreso Sur del complejo ministerial el cual muestra un volumen promedio de 342 vehículos, dato que nos servirá para realizar los cálculos del TPDA que se presenta a continuación.

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

$$S = \sqrt{\frac{(459 - 342)^2 + (454 - 342)^2 + \dots + (47 - 342)^2 + (31 - 342)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 209 \text{ veh. mixtos/día}$$

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

$$\sigma = \frac{209}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$\sigma = 78 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA actual.

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

$$TPDA = 342 \pm 1.64 * (78)$$

$$TPDA = 342 \pm 128$$

En la entrada Sur del complejo ministerial el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$214 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 470 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Tabla 43

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal entrada Norte Av. Cumandá

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)					
AÑO DE ESTUDIO:	2021				
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Tránsito contado
LUNES	494	5	1	16	516
MARTES	492	0	3	22	517
MIERCOLES	454	3	2	26	485
JUEVES	391	2	0	17	410
VIERNES	460	0	1	23	484
SABADO	128	0	0	7	134
DOMINGO	120	0	0	8	128
PROMEDIO					382

Nota. En la siguiente tabla se muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal contado en el ingreso Norte del complejo ministerial el cual muestra un volumen promedio de 382 vehículos, dato que nos servirá para realizar los cálculos del TPDA que se presenta a continuación.

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

$$S = \sqrt{\frac{(516 - 382)^2 + (517 - 382)^2 + \dots + (134 - 382)^2 + (128 - 382)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 175 \text{ veh. mixtos/día}$$

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

$$\sigma = \frac{175}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 66 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA actual.

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

$$TPDA = 382 \pm 1.64 * (66)$$

$$TPDA = 382 \pm 108$$

En la entrada Sur del complejo ministerial el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$274 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 490 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Tabla 44

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Salida Parqueadero Norte Av. Cumandá

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)					
AÑO DE ESTUDIO:	2021				
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Tránsito contado
LUNES	511	7	2	37	557
MARTES	298	2	0	12	312
MIERCOLES	307	2	0	15	324
JUEVES	311	2	0	17	330
VIERNES	491	7	2	37	537
SABADO	36	0	1	0	37
DOMINGO	31	1	0	3	35
PROMEDIO					305

Nota. En la siguiente tabla se muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal contado en la salida norte del parqueadero el cual muestra un volumen promedio de 305 vehículos, dato que nos servirá para realizar los cálculos del TPDA que se presenta a continuación.

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

$$S = \sqrt{\frac{(557 - 305)^2 + (312 - 305)^2 + \dots + (37 - 305)^2 + (35 - 305)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 209 \text{ veh. mixtos/día}$$

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

$$\sigma = \frac{209}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 78 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA actual.

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

$$TPDA = 305 \pm 1.64 * (78)$$

$$TPDA = 305 \pm 128$$

En la entrada Sur del complejo ministerial el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$177 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 433 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Tabla 45

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Parqueadero Norte Av. Cumandá

ENTRADA PARQUEADERO NORTE COMANDO GENERAL DEL EJÉRCITO					
TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (ACTUAL)					
AÑO DE ESTUDIO:	2021				
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Tránsito contado
LUNES	293	10	2	42	345
MARTES	284	4	2	41	330
MIÉRCOLES	351	5	2	39	396
JUEVES	307	5	3	44	357
VIERNES	318	3	2	37	358
SABADO	56	0	2	6	63
DOMINGO	70	0	0	5	75
PROMEDIO					275

Nota. En la siguiente tabla se muestra el cálculo del Tráfico Promedio Diario Semanal contado en la entrada norte del parqueadero el cual muestra un volumen promedio de 275 vehículos, dato que nos servirá para realizar los cálculos del TPDA que se presenta a continuación.

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

$$S = \sqrt{\frac{(345 - 275)^2 + (330 - 275)^2 + \dots + (63 - 275)^2 + (75 - 275)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 142 \text{ veh. mixtos/día}$$

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

$$\sigma = \frac{142}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 53 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA actual.

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

$$TPDA = 275 \pm 1.64 * (53)$$

$$TPDA = 275 \pm 87$$

En la entrada Sur del complejo ministerial el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$188 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 362 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Correlación de variables

Como se analizó en capítulos anteriores, existen diversas variables que pueden afectar la tasa de crecimiento vehicular de la zona de estudio, pero debido a la magnitud y tiempo disponible para el desarrollo del mismo, se optó por emplear las tasas determinadas por (Concejo Metropolitano, 2015), que establece una tasa de crecimiento promedio del 7% anual, lo que quiere decir según las proyecciones, que al año 2025, el 54% de la red vial de la ciudad presentará condiciones de saturación.

Otro aspecto a considerar es el efecto de la pandemia en el crecimiento del tráfico de la ciudad, ya que como se pudo comprobar en campo, pareciera que el tráfico no ha crecido significativamente, y que se debe al efecto de las diferentes restricciones de movilidad impuestas

a nivel nacional y local para poder mantener el control de la población y regular los movimientos excesivos. Estas restricciones de seguro variaran conforme pase el tiempo, por lo que es necesario una actualización de la información disponible cuando las condiciones vuelvan a considerarse normales.

Figura 38

Panorámica del parqueadero de la Comandancia General del Ejército



Nota. El parqueadero de la Fuerza Terrestre es el parqueadero más grande del Complejo Ministerial, y es el único que proporciona las condiciones necesarias para modificación estructural.

En base a las consideraciones realizadas en los capítulos anteriores, no es posible establecer una tasa de crecimiento usando los métodos típicos debido a las particularidades del caso de estudio, por lo que se recurrió a la siguiente expresión en base a la oferta y la demanda (Salazar & Del Castillo, 2018):

$$T_c = \frac{P_{disponibles} + P_{requeridos}}{P_{disponibles}} - 1$$

Tabla 46

Estacionamientos considerados para la tasa de crecimiento en Complejo Ministerial y alrededores

UBICACIÓN ACTUAL (INTERNAS)	CANTIDAD	REUBICADOS (INTERNOS Y EXTERNOS)	CANTIDAD
Estac. Ministerio de Defensa	100	Estac. Monjas (San Vicente de Paúl)	40
Estac. Comando Conjunto	130	Estac. Benigno Vela	30
Estac. Fuerza Terrestre	174	Estac. Río Machángara	150
Estac. Armada	93	Estac. Armada	11
Estac. Fuerza Aérea	86	Estac. Fuerza Aérea	15
		Estac. Vía Interna	50
TOTAL	583	TOTAL	296

Nota. Esta tabla muestra el total de parqueadero existentes en las instalaciones del Ministerio de Defensa, también, muestra todos aquellos parqueaderos que se encuentran en el exterior, que son ocupados por el personal que labora en el Complejo, además de los parqueaderos internos que por diversas razones necesitan ser reubicados, y que en conjunto representan la necesidad actual que tiene el Ministerio de Defensa.

Figura 39

Parqueadero ubicado sobre el Río Machángara



Nota. Parqueadero particular ubicado sobre el Río Machángara utilizado por el personal que labora en el Complejo Ministerial o llega de vista al mismo, posee un total de 150 espacios disponibles.

En base al limitado espacio disponible, es necesario redistribuir la ocupación del parqueadero de la Fuerza Terrestre, en el que, de ser necesario y por ser el lugar más óptimo, se puede realizar las modificaciones estructurales necesarias para cubrir la necesidad actual.

$$T_c = \frac{174 \text{ parqueaderos} + 296 \text{ parqueaderos}}{174 \text{ parqueaderos}} - 1$$

$$T_c = 2.70 - 1.00 = 170 \%$$

Es decir, es necesario un parqueadero con un tamaño mayor al actual, por lo que esta tasa de crecimiento se debería considerar para la aplicación de la posible solución a ser planteada, y para obtener una idea general se aplicará a los ingresos y salidas a través de la Av. Cumandá. Además, esta tasa se aplicaría a los días laborables, manteniéndose los volúmenes actuales durante los fines de semana

Proyecciones de tráfico atraído

Cabe recalcar que para la realización de este estudio es necesario un estudio de origen y destino que no se realizó en este estudio, pero en base al tráfico del área circundante, a la necesidad presente en el Complejo Ministerial y a los volúmenes de tráfico presentados en el sector se puede determinar el tráfico atraído hacia el parqueadero de la Comandancia General del Ejército, considerando como base a la solución planteada por estudios realizados previamente como el de (Ponce & Pazmiño, 2021), en el que se plantea la construcción de dos bloques de edificios que funcionen como parqueaderos y a la vez como helipuerto, solucionando la problemática presentada en la zona de estudio.

Tabla 47

Tráfico atraído en el ingreso hacia el parqueadero de la Comandancia General del Ejército luego de la construcción del edificio de parqueaderos

AÑO DE ESTUDIO: 2021					Hasta construcción de parqueadero			
1.7								
DIA	VOLUMEN NORMAL				VOLUMEN ATRAÍDO			
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Livianos	Buses	Camiones	Motos
LUNES	293	10	2	42	497	16	4	71
MARTES	284	4	2	41	482	6	4	70
MIÉRCOLES	351	5	2	39	596	8	4	66
JUEVES	307	5	3	44	521	8	7	74
VIERNES	318	3	2	37	540	4	4	62
SÁBADO	56	0	2	6	0	0	0	0
DOMINGO	70	0	0	5	0	0	0	0
TPDS	239	4	1	30	377	6	3	49

Nota. Esta tabla muestra el volumen de tráfico atraído en el ingreso hacia el parqueadero de la Comandancia General del Ejército en base la tasa de tráfico proyectada. No se considera volumen atraído durante los fines de semana, debido a el requerimiento se da únicamente en los días laborables, y el personal que labora en el Complejo los fines de semana es reducido.

Tabla 48

Tráfico atraído desde la salida desde el Ministerio de Defensa hacia la Av. Cumandá luego de la construcción del edificio de parqueaderos (90%)

AÑO DE ESTUDIO: 2021					Hasta construcción de parqueadero			
2.7								
DIA	VOLUMEN NORMAL				VOLUMEN ATRAÍDO			
	Livianos	Buses	Camiones	Motos	Livianos	Buses	Camiones	Motos
LUNES	511	7	2	37	731	10	3	53
MARTES	298	2	0	12	426	3	0	17
MIÉRCOLES	307	2	0	15	439	3	0	21
JUEVES	311	2	0	17	445	3	0	24

AÑO DE ESTUDIO: 2021					Hasta construcción de parqueadero			
2.7								
VIERNES	491	7	2	37	702	10	3	53
SÁBADO	36	0	1	0	0	0	0	0
DOMINGO	31	1	0	3	0	0	0	0
TPDS	284	3	1	17	392	4	1	24

Nota. Esta tabla muestra el volumen de tráfico atraído en la salida hacia la Av. Cumandá en base a la tasa de tráfico proyectada considerando únicamente el 90%, que es el porcentaje de vehículos que actualmente salen desde el parqueadero. No se considera volumen atraído durante los fines de semana, debido al requerimiento se da únicamente en los días laborables, y el personal que labora en el Complejo los fines de semana es reducido. Este dato es de suma importancia para comprender la carga a la que se someterá la Av. Cumandá con la salida desde el Complejo y por lo tanto prever una solución que evite que se generen problemas mayores durante la hora pico.

Proyección del TPDA futuro

Considerando los datos disponibles y la tasa de crecimiento prevista se puede determinar el Tráfico Promedio Anual para la entrada y salida de vehículos mixtos del parqueadero a implementar, de ser considerada esta como una solución posible.

Figura 40

Modelo de los bloques de parqueaderos diseñados para reemplazar el actual parqueadero del C.G.E.



Nota. Se especifica la estructura y ubicación del helipuerto previsto en los bloques estructurales planteados como solución. Recuperado de (Ponce & Pazmiño, 2021)

Tabla 49

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Proyectado en el ingreso al parqueadero de la C.G.E. (Norte)

AÑO DE ESTUDIO:	2021	AÑO PROYECTADO	Construcción
$r =$	1.7	$X_j =$	1
DIA	(Qo) VOLUMEN 2021	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN PROYECTADO
LUNES	345		932
MARTES	330		890
MIÉRCOLES	396		1068
JUEVES	357	2.7000	964
VIERNES	358		967
SÁBADO	63		63
DOMINGO	75		75
TPDS			708 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Tráfico Promedio Diario Semanal considerado para el año en el que se realice la construcción de los bloques de parqueaderos aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 708 vehículos mixtos al día. Además, se puede observar que la tasa de crecimiento no se aplica los fines de semana ya que durante estos días el volumen se mantiene constante y sin variaciones.

Considerando los datos proyectados, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(932 - 708)^2 + (890 - 708)^2 + \dots + (63 - 708)^2 + (75 - 708)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 180 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para el Ingreso en el parqueadero de la C.G.E. desde la Av. Cumandá, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{180}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right)$$

$$\sigma = 67 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 708 \pm 1.64 * (67)$$

$$TPDA = 708 \pm 110$$

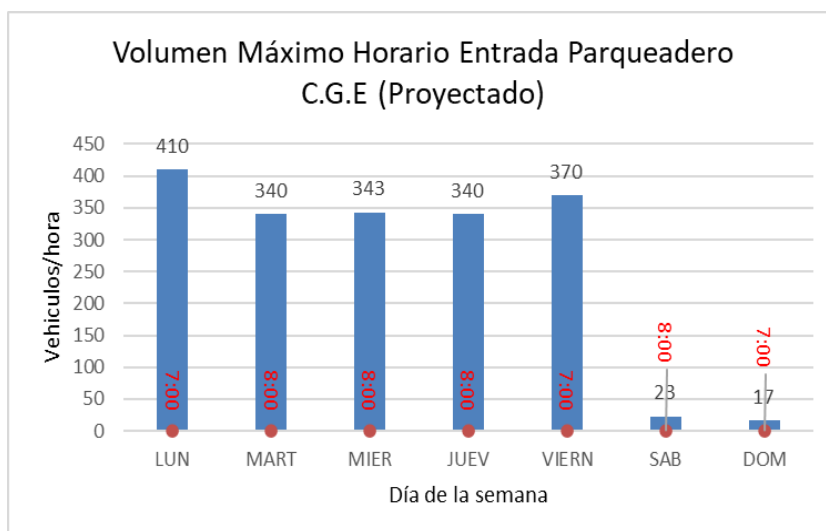
En el Ingreso al parqueadero el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$598 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 819 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio, además, se debe recalcar que el intervalo proyectado para el TPDA presenta un rango tan amplio debido al cambio brusco en volumen que se da el fin de semana.

Figura 41

Volumen Máximo Horario de Tráfico proyectado en la entrada al Parqueadero de la C.G.E.



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección, donde podemos observar que el día lunes se da el pico con 410 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo y que presenta una diferencia importante con respecto a los días laborables.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 50

Factor de Hora Pico proyectado el ingreso al parqueadero de la C.G.E

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
LUNES	410	146	0.70
MARTES	340	100	0.85
MIÉRCOLES	343	105	0.81
JUEVES	340	127	0.67
VIERNES	370	122	0.76
SÁBADO	23	15	0.38

DIA	$Q_{m\acute{a}x-horario}$	Q_{15}	FHP
DOMINGO	17	9	0.47
			$FHP_{prom} = 0.67$

Nota. La tabla muestra el cálculo del Factor de Hora Pico proyectado, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.67 es un valor típico de vías rurales, aunque se debe tener la consideración que se está aplicando para un parqueadero, y en base a esto nos indica que durante la hora de máxima demanda el tránsito no se mantiene de forma constante en todos los períodos de 15 minutos si no que presenta variaciones importantes a lo largo de la Hora de Máxima Demanda.

Salida del Parqueadero de la Comandancia General del Ejército

Como consideración especial en el cálculo del TPDA futuro, se debe conocer que para la proyección se utilizó el 90% del volumen total de vehículos que se incorporan a la Av. Cumandá, que son aquellos vehículos que salen únicamente del parqueadero de la C.G.E y no del Complejo Ministerial en sí.

Tabla 51

Volumen de Tránsito Promedio Diario Semanal Proyectado en la salida del parqueadero de la C.G.E. (Norte)

AÑO DE ESTUDIO:	2021	AÑO PROYECTADO	Construcción
$r =$	1.7	$X_j =$	1
DIA	(Qo) VOLUMEN 2021	$(1 + r)^{X_j}$	(Qf) VOLUMEN PROYECTADO
LUNES	557		1354
MARTES	312		758
MIÉRCOLES	324	2.7000	787
JUEVES	330		802
VIERNES	537		1305
SÁBADO	37		37

AÑO DE ESTUDIO:	2021	AÑO PROYECTADO	Construcción
$r =$	1.7	$X_j =$	1
DOMINGO	35		35
		TPDS	725 veh/día

Nota. Esta tabla muestra el cálculo del Trafico Promedio Diario Semanal de salida considerado para el año en el que se realice la construcción de los bloques de parqueaderos aplicando el método exponencial o geométrico teniendo un volumen promedio de 725 vehículos mixtos al día, que guarda una estrecha relación con el volumen de vehículos mixtos que ingresarían al parqueadero según la proyección. Además, el volumen de vehículos se mantiene constante y no varía conforme al resto de días de la proyección.

Considerando los datos proyectados, y en base al TPDS se calculó la desviación poblacional

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

$$S = \sqrt{\frac{(1354 - 725)^2 + (758 - 725)^2 + \dots + (37 - 725)^2 + (35 - 725)^2}{7 - 1}}$$

$$S = 217 \text{ veh. mixtos/día}$$

Posteriormente, determinamos la desviación muestral de los datos registrados para la salida del parqueadero de la C.G.E. hacia la Av. Cumandá, considerando que se busca obtener el tráfico promedio anual.

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

$$\sigma = \frac{217}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right)$$

$$\sigma = 81 \text{ veh. mixtos/día}$$

Consideramos un nivel de confiabilidad del 90% por lo que el valor de la constante K es de 1.64. En base a esto determinamos finalmente el TPDA

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

$$TPDA = 725 \pm 1.64 * (81)$$

$$TPDA = 725 \pm 133$$

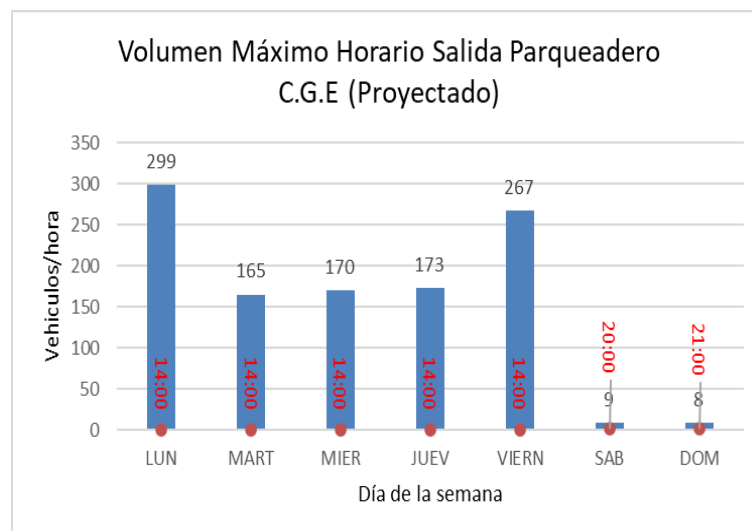
En la salida del parqueadero el intervalo que puede asumir el TPDA, en base a una confiabilidad del 90% se encuentra entre:

$$592 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}} < TPDA < 859 \frac{\text{veh. mixtos}}{\text{día}}$$

Al realizar la actualización de datos, podemos obtener valores que pueden ser empleados para entender la dinámica del tránsito existente en la zona de estudio, además, se debe recalcar que el intervalo proyectado para el TPDA presenta un rango tan amplio debió al cambio brusco en volumen que se da el fin de semana.

Figura 42

Volumen Máximo Horario de Tráfico proyectado en la salida del Parqueadero de la C.G.E.



Nota. Se especifica los días utilizados para la proyección, donde podemos observar que el día lunes se da el pico con 299 vehículos mixtos/hora. Así mismo se observa que el día con el menor volumen es el día domingo y que presenta una diferencia importante con respecto a los días laborables.

De la misma forma, estos datos proyectados nos permiten obtener el Factor de Hora Pico, con el que podemos estimar las condiciones de la vía en el sentido de análisis.

Tabla 52

Factor de Hora Pico proyectado en la salida del parqueadero de la C.G.E

DIA	$Q_{\text{máx-horario}}$	Q_{15}	FHP
LUNES	299	122	0.62
MARTES	165	68	0.61
MIÉRCOLES	170	78	0.55
JUEVES	173	78	0.55
VIERNES	267	104	0.64
SÁBADO	9	4	0.56
DOMINGO	8	3	0.67
			$FHP_{prom} = \mathbf{0.60}$

Nota. La tabla muestra el cálculo del del Factor de Hora Pico proyectado, determinado inicialmente por días y posteriormente como promedio. El valor de 0.60 es un valor típico de vías rurales, aunque se debe tener la consideración que se está aplicando para un parqueadero, y en base a esto nos indica que durante la hora de máxima demanda el tránsito no se mantiene de forma constante en todos los períodos de 15 minutos si no que presenta variaciones importantes a lo largo de la Hora de Máxima Demanda.

Red vial

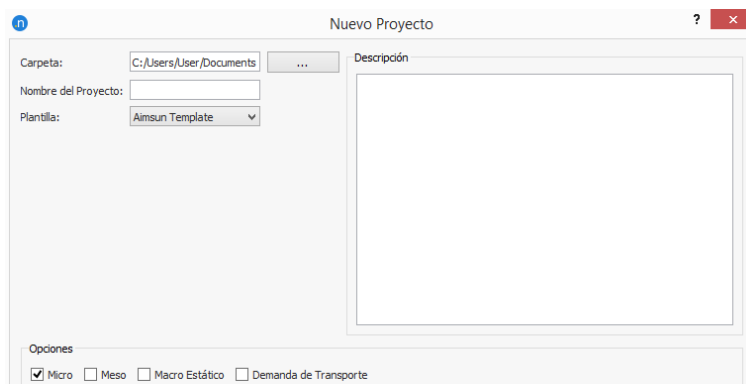
Para comenzar a generar la red vial en Aimsun Next 20.0.2 Software con licencia académica, se comienza creando un nuevo proyecto de la siguiente manera:

Se selecciona en:

Se coloca la carpeta en donde se va a guardar el proyecto y su respectivo nombre; en las opciones se coloca el análisis que se va a realizar que corresponde a una micro simulación.

Figura 43

Ventana de creación de un proyecto en el programa de AIMSUN

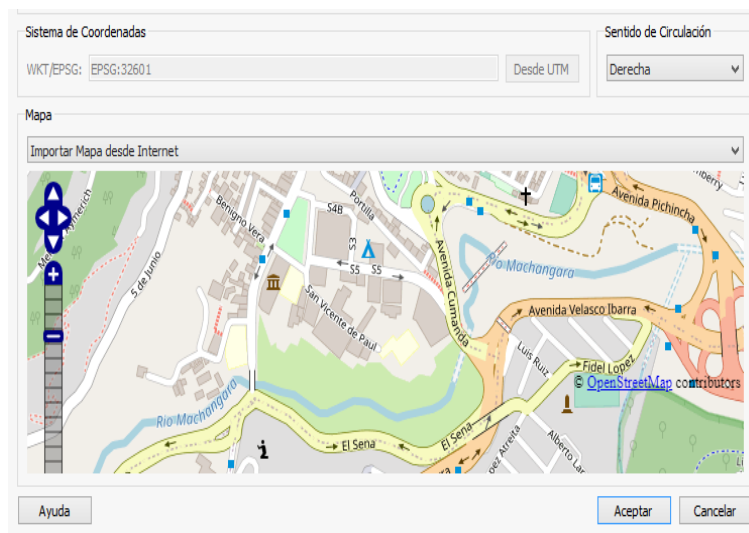


Nota. Se debe seleccionar el nombre y la ubicación donde se va a guardar el archivo.

Para generar la red vial base se coloca para importar el mapa desde el internet del sector de análisis, que son las vías internas del Complejo Ministerial y externas que son aledañas al proyecto.

Figura 44

Creación del Proyecto en el software AIMSUN

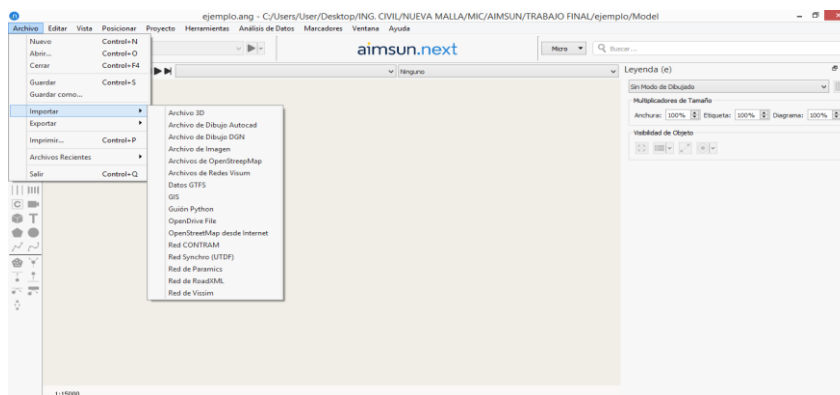


Nota. Al seleccionar en Importar mapa el programa me arroja las vías internas y externas del Complejo Ministerial.

Con la finalidad de afinar la red vial base, el programa nos permite importar archivos con diferentes formatos y en diversas capas, en este proyecto se consideraron dos tipos de archivos Orto foto (archivo de imagen) y levantamiento plan métrico (archivo de dibujo AutoCAD).

Figura 45

Ventana para importar archivos



Nota. En la siguiente imagen se escoge el tipo de archivo a importar en el programa.

Se procede a importar la Orto foto la cual fue proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M, 2019). Se selecciona la unidad para el tamaño de pixel que corresponde al ancho y altura de 0.30 metros en este caso.

Figura 46

Ventana para determinar dimensiones de la imagen



Nota. Se procede a seleccionar en tamaño de Pixel con altura y ancho de 0.30m para importar al programa.

Figura 47

Imagen del Complejo Ministerial importada desde Orto Foto

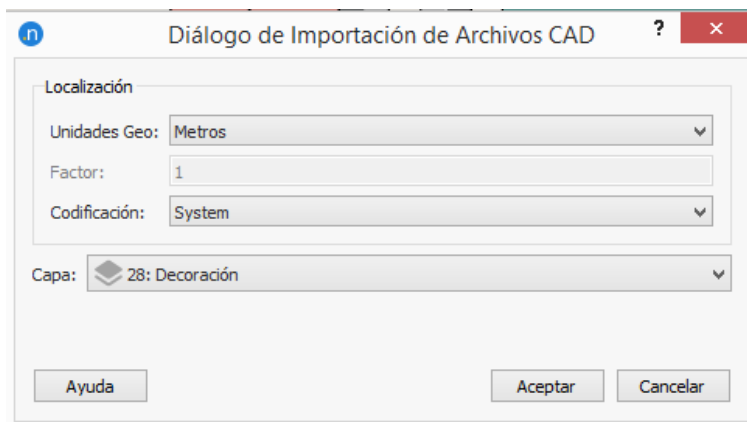


Nota. En la presente ilustración se importó imagen de Orto Foto otorgada por el Instituto Geográfico Militar.

Se procede a importar el levantamiento plan métrico en archivo CAD, el cual fue proporcionado por el Ministerio de Defensa POR el Departamento de Catastros (MIDENA, 2021). Se seleccionan las unidades Geo en metros.

Figura 48

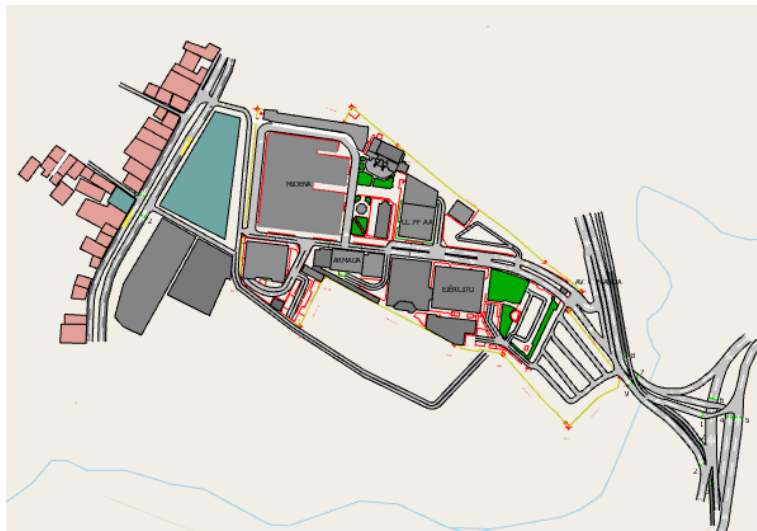
Ventana de diálogo de Importación de Archivos CAD



Nota. Se detalla las unidades y codificación del archivo importado desde Auto Cad.

Figura 49

Imagen del Complejo Ministerial importada desde AutoCAD al programa AIMSUN



Nota. Se visualiza el levantamiento planimétrico del Complejo Ministerial en archivo Auto Cad importado al programa AIMSUN.

Se identifica las vías internas y externas que son de análisis en el proyecto y se va realizando las modificaciones respectivas en lo que corresponde a: ancho de vías, sentidos de las vías, giros, se dibujan secciones que no hayan sido consideradas en la red vial base.

Micro simulación de 07:00-08:00 (estado actual)

Se realiza la asignación del estado de tráfico, en el horario de 07:00 a 08:00 de la mañana, en la pestaña del flujo de entrada, se coloca el flujo (veh/h) en cada una de las secciones de las vías.

Figura 50*Ventana de Estado de tráfico*

Sección	Flujo (veh/h)
1303	0
1357	0
1363: 24 de Mayo (24735104)	1945
1427: Av. Pedro Vicente Maldonado S-N (31052491)	1247
1436	0
1444	0
1454	0
1458	0
1482	0
1490: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052452)	775
1493: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052452)	78

Nota. En esta ventana del programa se asigna el flujo vehicular en cada una de las secciones de la Av. Pedro Vicente Maldonado

Al realizar la asignación del flujo en la sección de la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido de S-N, tenemos un flujo de vehículos livianos de 1247 veh/h, la proyección para el año 2021 del trole bus y buses es de 51 veh/h. En esta vía existe asignado un carril exclusivo para los buses y trolebús, con sus respectivas paradas.

Figura 51*Flujo vehicular en la Av. Pedro Vicente Maldonado en sentido S-N*

Nota. Dentro del programa se refleja de color rojo el sentido Sur-Norte de la Av. Pedro Vicente Maldonado en la que se asignó el flujo vehicular.

Al establecer la asignación del flujo en la sección de la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido de N-S, tenemos un flujo de vehículos livianos de 775 veh/h, la proyección para el año 2021 del trolebus y buses es de 51 veh/h. En esta vía existe asignado un carril exclusivo para los buses y trolebús, con sus respectivas paradas.

Figura 52

Flujo vehicular en la Av. Pedro Vicente Maldonado en sentido S-N



Nota. La figura muestra la dirección de la Av. Pedro Vicente Maldonado a la que asignó el flujo vehicular en el programa.

Figura 53

Flujo vehicular en la Av. Velasco Ibarra en sentido N-O



Nota. La figura muestra la asignación del flujo vehicular en Av. Velasco Ibarra en sentido Norte oeste en el programa AIMSUN.

Figura 54

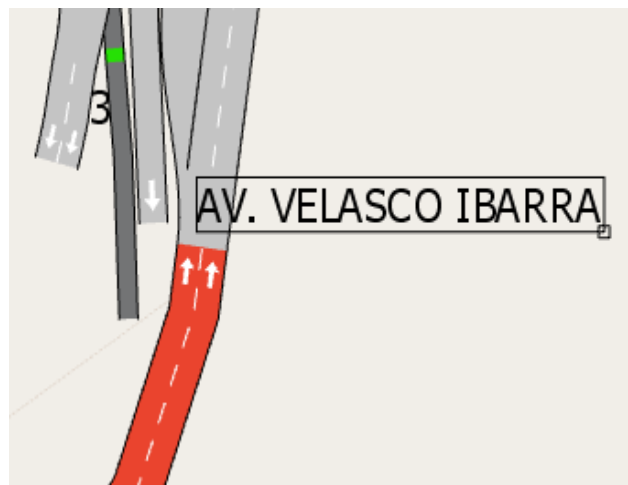
Flujo vehicular en la Av. Cumandá en sentido N-S



Nota. La figura muestra la asignación del flujo vehicular en Av. Cumandá en el programa AIMSUN.

Figura 55

Flujo vehicular en la Av. Velasco Ibarra en sentido S-N



Nota. La figura muestra la asignación del flujo vehicular en Av. Velasco Ibarra en sentido Sur-norte en el programa AIMSUN.

En el estado de tráfico se debe ir colocando la información referente a los porcentajes de giros en las secciones, cuando se trata de la misma intersección, se debe considerar que la suma de los porcentajes de giro sea igual al 100%.

Figura 56

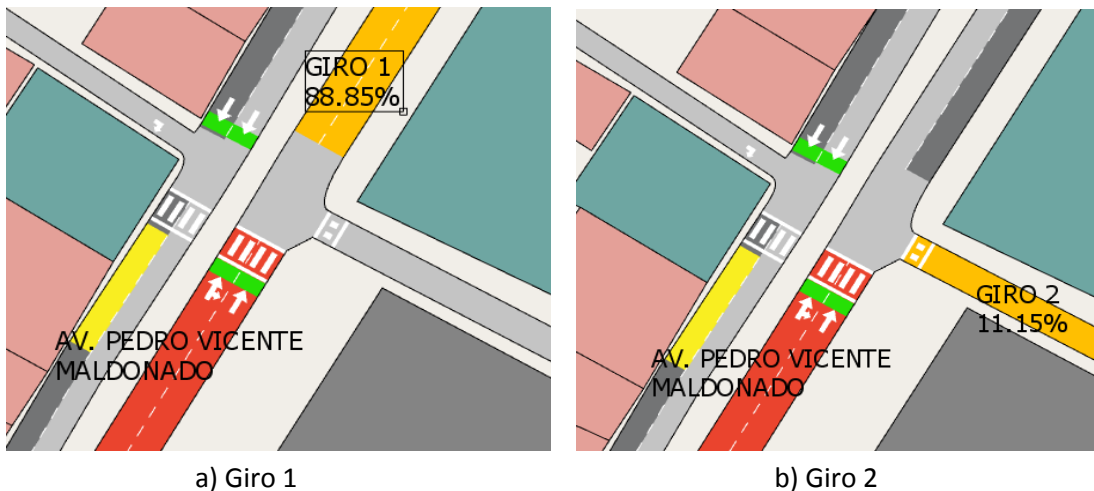
Ventana de Información de giros.

Secciones del Giro	Porcentaje de Giro	Flujo en el Giro (veh/h)
1667: Avenida Velasco Ibarra (428334462) hasta 1664: Avenida Velasco Ibarra (428334462)	60	0
1671: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052491) hasta 1488: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052491)	100	0
1676: Av. Pedro Vicente Maldonado N-S (31052452) hasta 1429: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052452)	100	0
1680: La Recoleta (392687735) hasta 1676: Av. Pedro Vicente Maldonado N-S (31052452)	100	0
1709: San Vicente de Paul (24734669) hasta 2097	100	0
1710: San Vicente de Paul (24734669) hasta 1505: La exposicion (288406821)	100	0
1721: Benigno Vera (420917623) hasta 1709: San Vicente de Paul (24734669)	30.3	0
1721: Benigno Vera (420917623) hasta 1505: La exposicion (288406821)	69.7	0
1740: Benigno Vera (288406852) hasta 1429: Avenida Pedro Vicente Maldonado (31052452)	100	0
1748 (426376194) hasta 1652 (786256147)	100	0

Nota. En esta ventana del programa se establecen los porcentajes de giros mostrando todas las secciones de la vía.

Figura 57

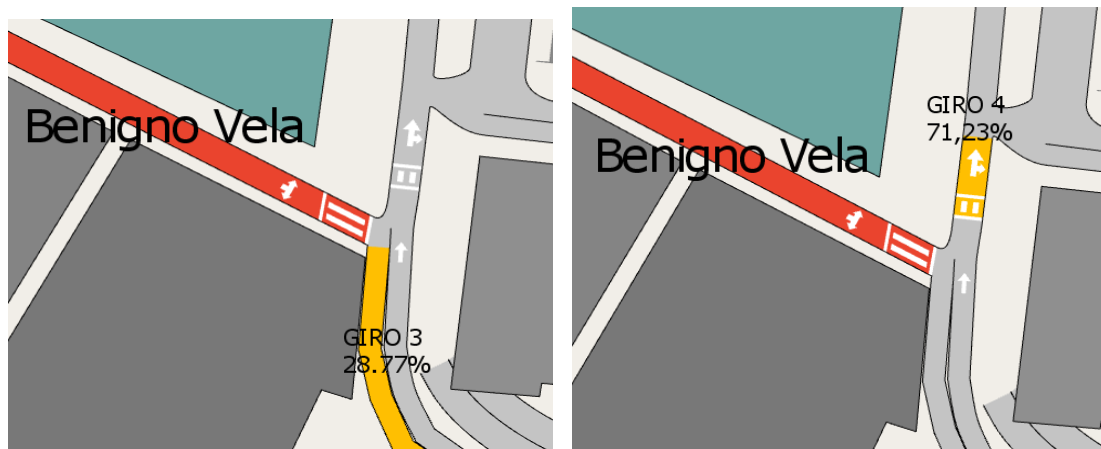
Porcentajes y giros de flujo en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 1 con un porcentaje de 88.85% y flujo vehicular de 1108 veh/h mientras que en la figura b) se visualiza el giro 2 con porcentaje de 11.15% y flujo vehicular de 139 veh/h.

Figura 58

Porcentajes y giros de flujo en la calle Benigno Vela.



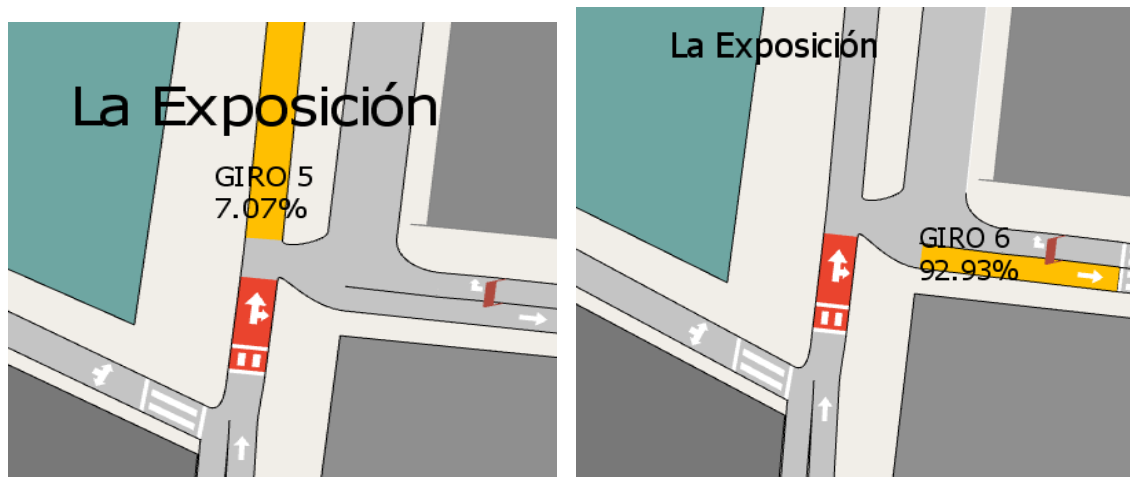
a) Giro 3

b) Giro 4

Nota. En la figura a) se tiene el giro 3 con porcentaje de 28.77% y flujo vehicular de 40 veh/h, mientras que en la figura b) se visualiza el giro 4 con un porcentaje de 71.23% y flujo vehicular de 99 veh/h.

Figura 59

Porcentajes y giros de flujo en la calle La Exposición



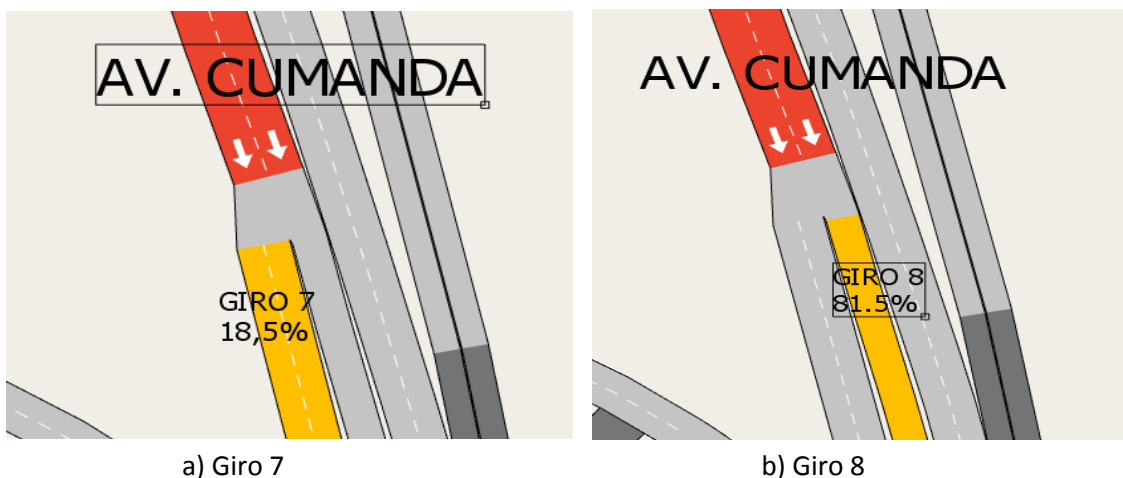
a) Giro 5

b) Giro 6

Nota. En la figura a) se tiene el giro 5 con porcentaje de 7.07% y flujo vehicular de 7 veh/h, mientras que en la figura b) se visualiza el giro 6 con porcentaje de 92.93% y flujo vehicular de 92 veh/h.

Figura 60

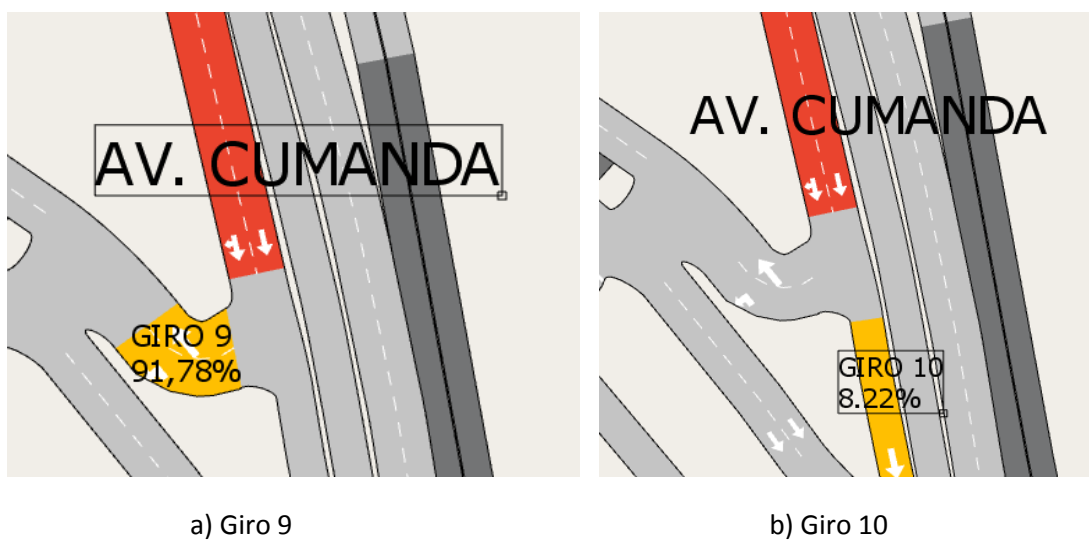
Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumandá acceso al Complejo Ministerial.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 7 con porcentaje de 18.5% y flujo vehicular de 360 veh/h mientras que en la figura b) se visualiza el giro 8 con porcentaje de 81.5% y flujo vehicular de 1585 veh/h.

Figura 61

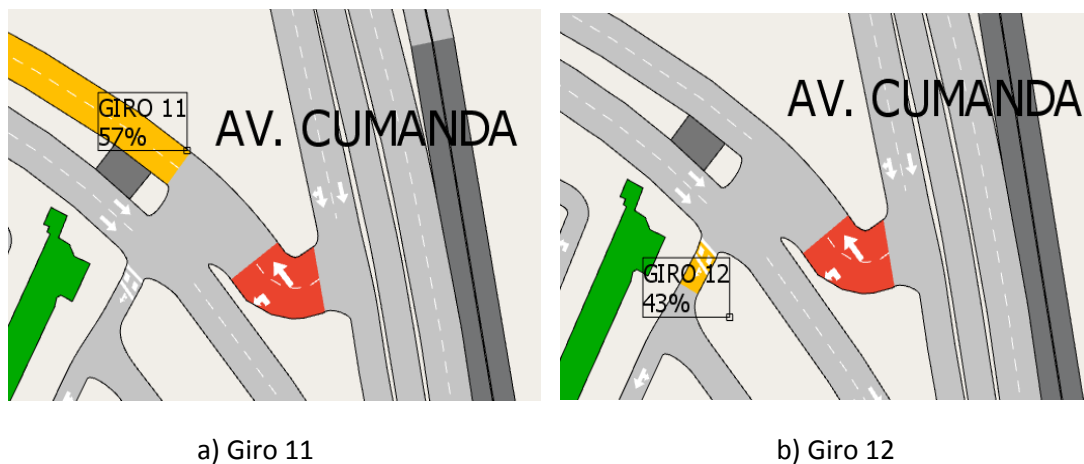
Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumandá acceso al Complejo Ministerial.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 9 con porcentaje de 91.78% y flujo vehicular de 335 veh/h mientras que en la figura b) se visualiza el giro 10 el porcentaje es de 8.22% que corresponde a 25 veh/h.

Figura 62

Porcentajes y giros de flujo en Av. Cumanda acceso al Complejo Ministerial.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 11 con porcentaje de 57% y flujo vehicular de 191 veh/h, mientras que en la figura b) se visualiza el giro 12 con porcentaje de 43% y flujo vehicular de 144 veh/h.

Figura 63

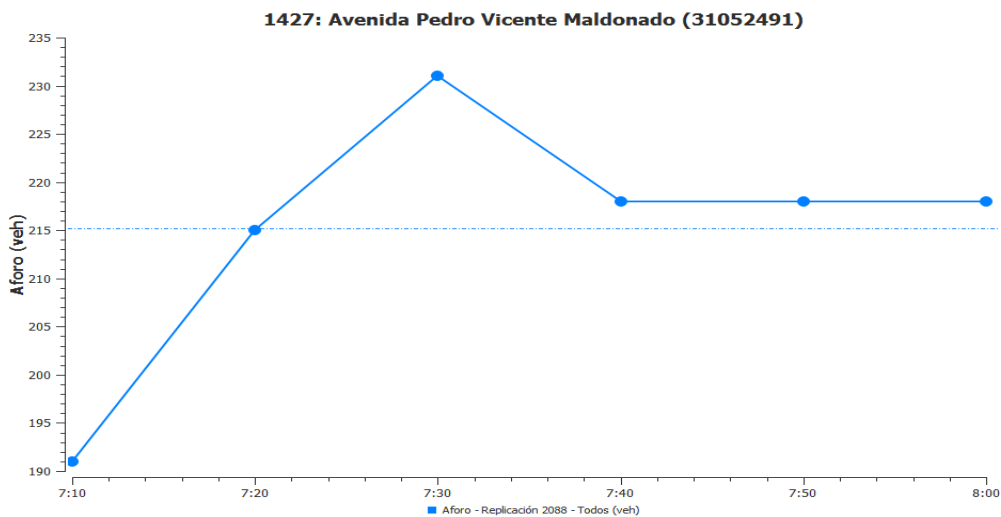
Modelo en AIMSUN Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En las figuras se visualiza la Av. Pedro Vicente Maldonado en 2D y 3D mediante el uso del programa AIMSUN.

Figura 64

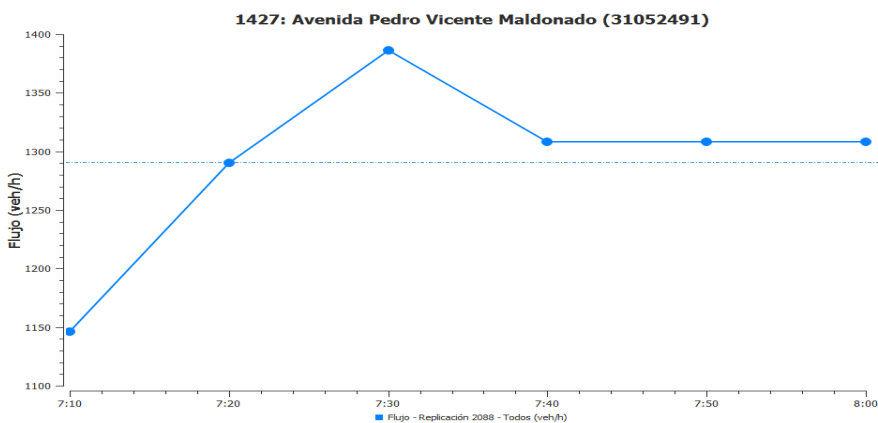
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 es cuando el aforo llega a la cantidad máxima de vehículos que es de 231.

Figura 65

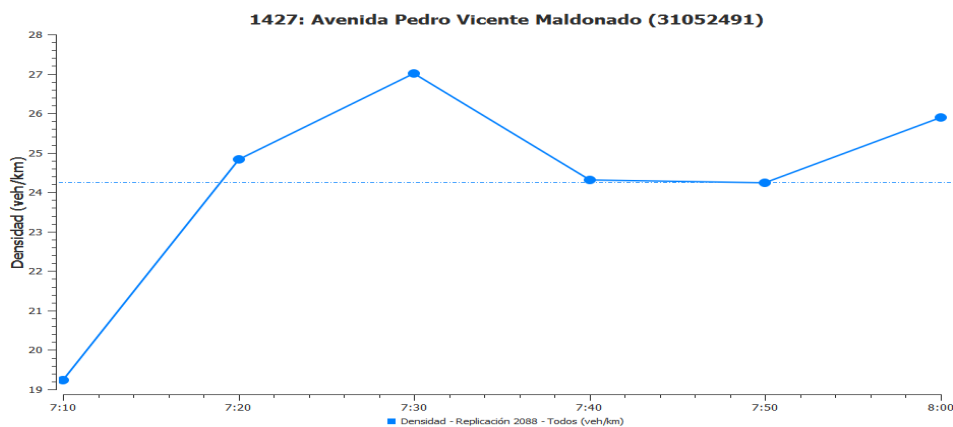
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido la hora pico, determinando que a las 7:30 llega el mayor flujo vehicular que es de 812 vehículos.

Figura 66

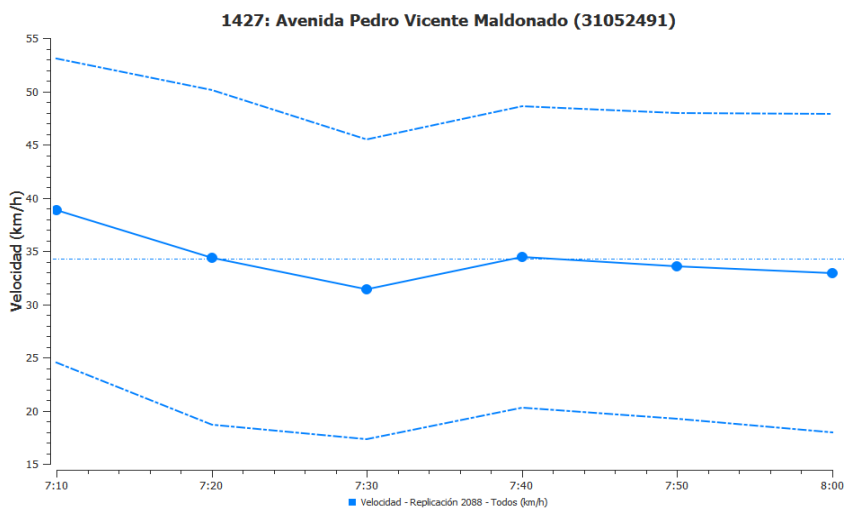
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura se muestra la densidad media (veh/km) que corresponde a 24.26 vehículos en un kilómetro de vía.

Figura 67

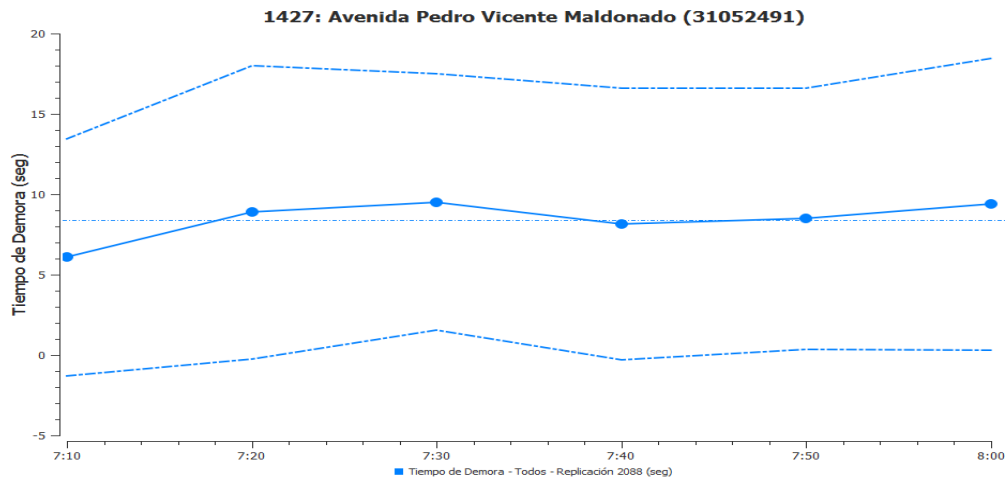
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura se muestra las velocidades máxima, media y mínima de los vehículos considerando que la velocidad media de circulación es de 34 km/h.

Figura 68

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Pedro Vicente Maldonado sentido S-N.



Nota. En la figura se muestra el tiempo de demora medio de 8.41 segundos de los vehículos en la Av. Pedro Vicente Maldonado.

Figura 69

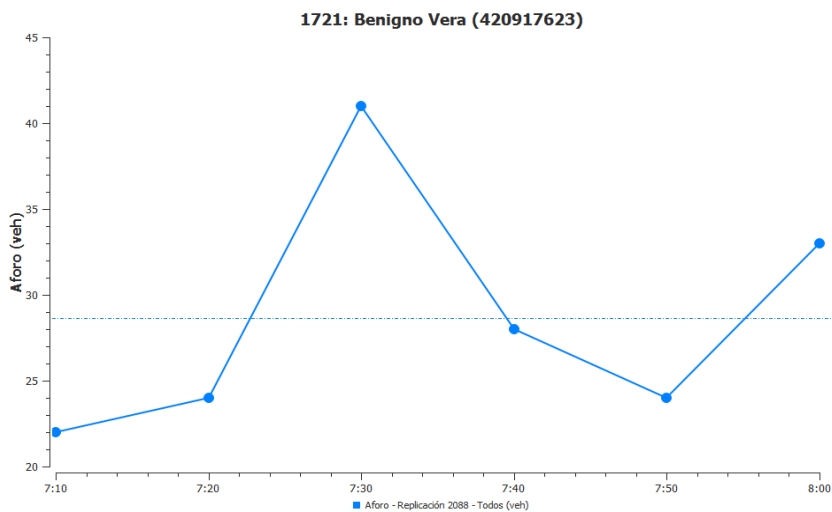
Modelo en AIMSUN Av. Benigno Vela



Nota. En las figuras se visualiza la Av. Benigno Vela en 2D y 3D mediante el uso del programa AIMSUN.

Figura 70

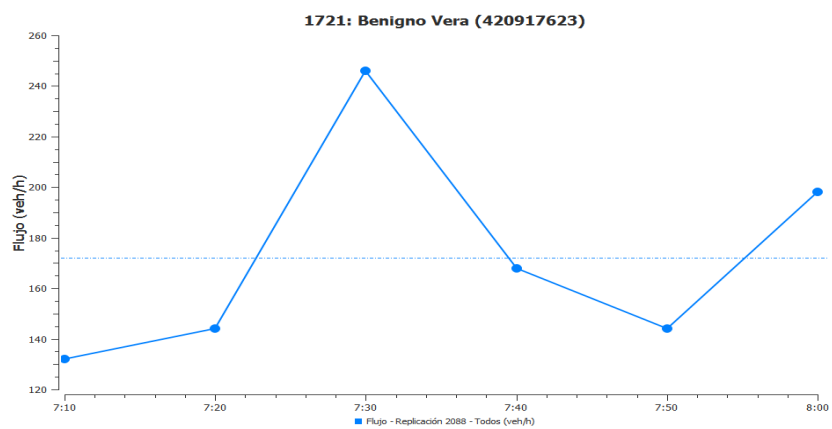
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 es cuando se tiene el mayor aforo de vehículos que es de 41.

Figura 71

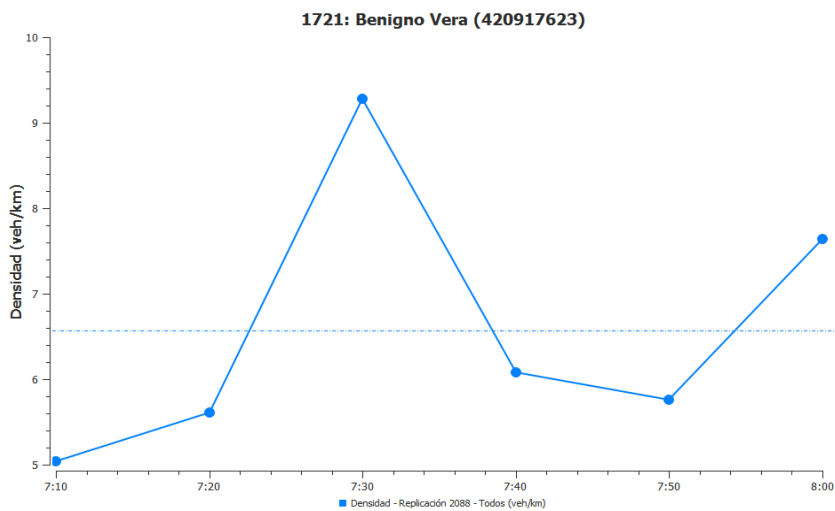
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, determinando que a las 7:30 llega el mayor flujo vehicular que es de 111 vehículos.

Figura 72

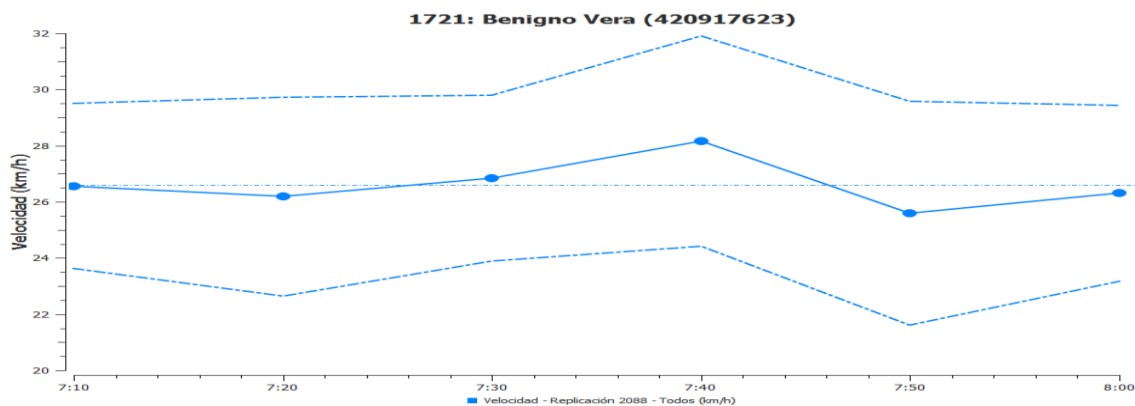
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela.



Nota. En la figura se muestra la densidad media (veh/km) que corresponde a 6.57 vehículos en un kilómetro de vía.

Figura 73

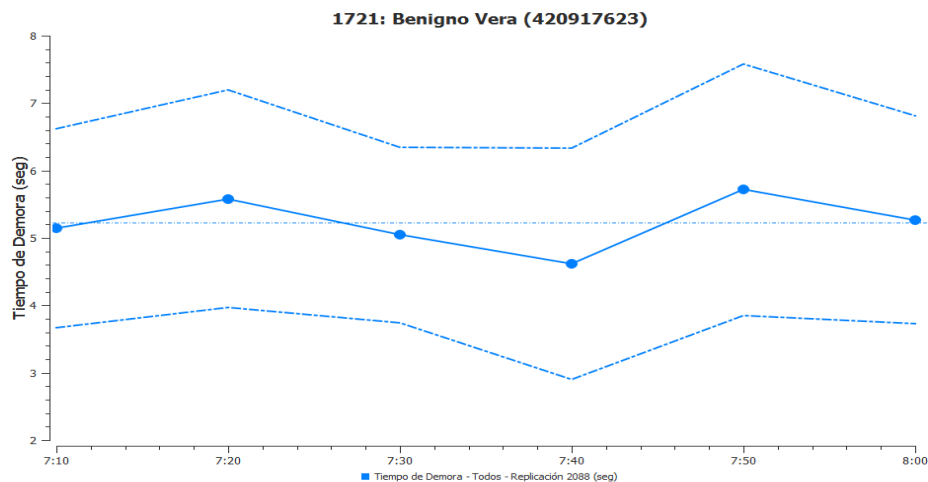
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela



Nota. En la figura se muestra las velocidades máxima, media y mínima de los vehículos considerando que la velocidad media de circulación es de 26.61 km/h.

Figura 74

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Benigno Vela



Nota. En la figura se muestra el tiempo de demora medio es de 5.23 segundos para los vehículos en la Av. Benigno Vela.

Figura 75

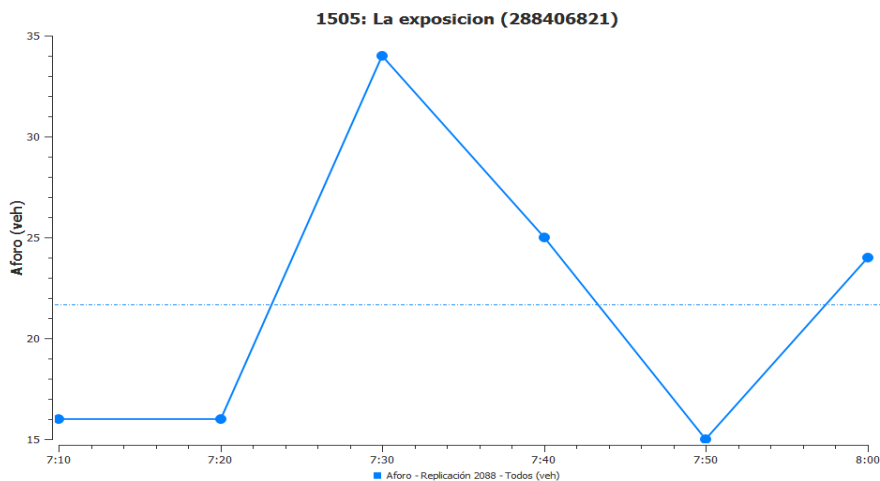
Modelo en AIMSUN Av. La Exposición



Nota. En las figuras se visualiza la Av. La Exposición en 2D y 3D mediante el uso del programa AIMSUN.

Figura 76

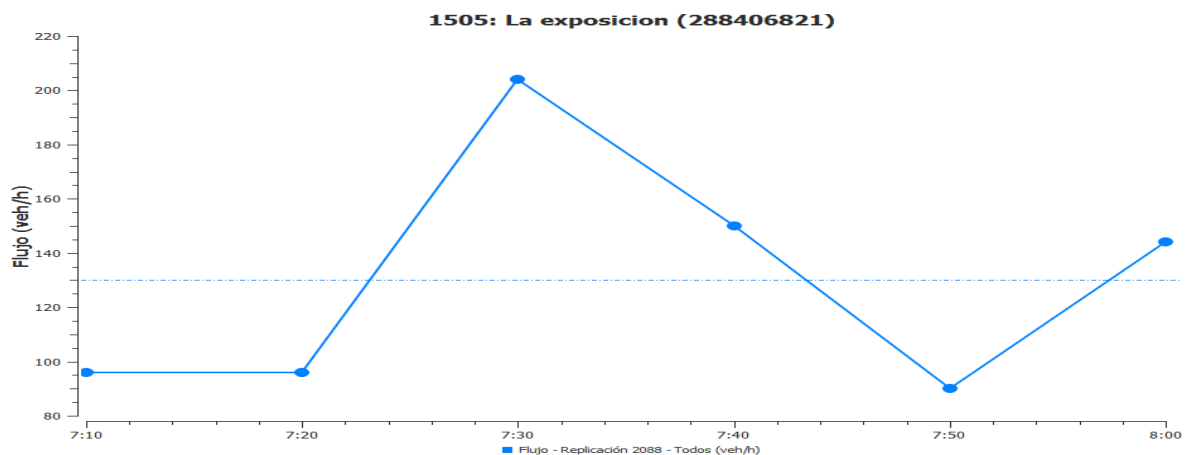
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La Exposición



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 34.

Figura 77

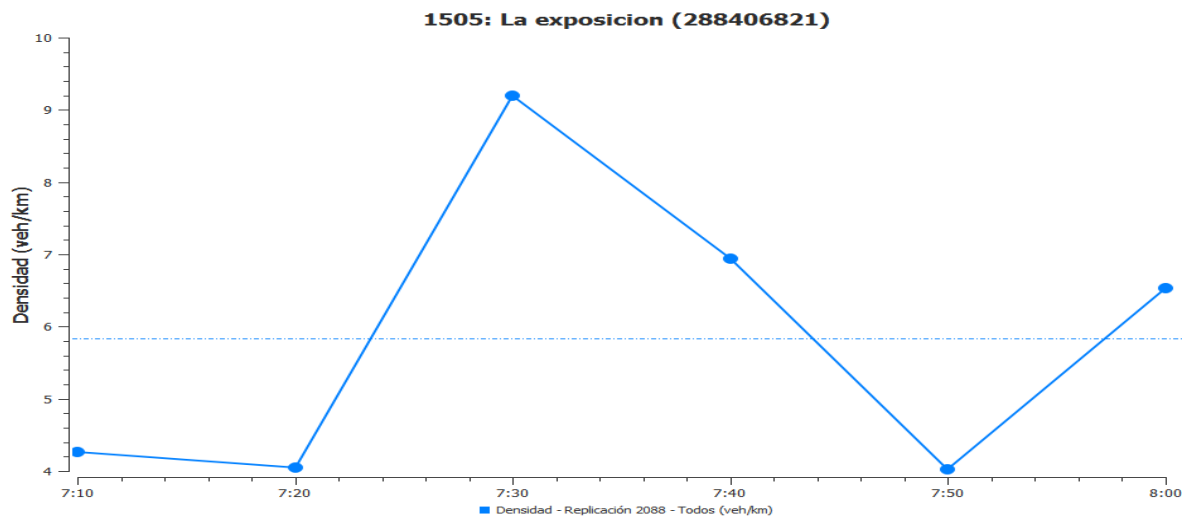
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, determinando que a las 7:30 es cuando se obtiene el mayor flujo vehicular que es de 109 vehículos.

Figura 78

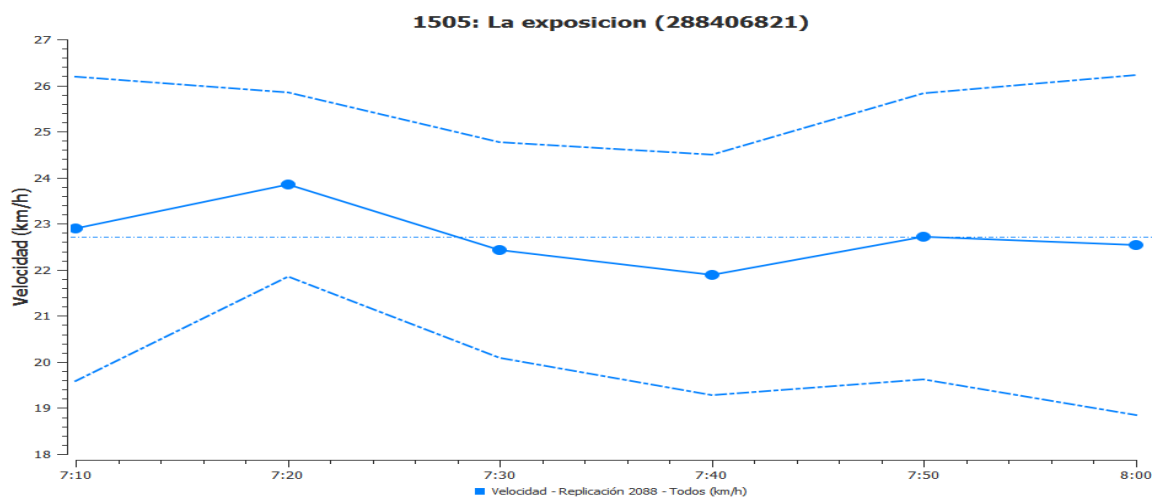
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición



Nota. En la figura se muestra la densidad media (veh/km) que corresponde a 5.83 vehículos en un kilómetro de vía.

Figura 79

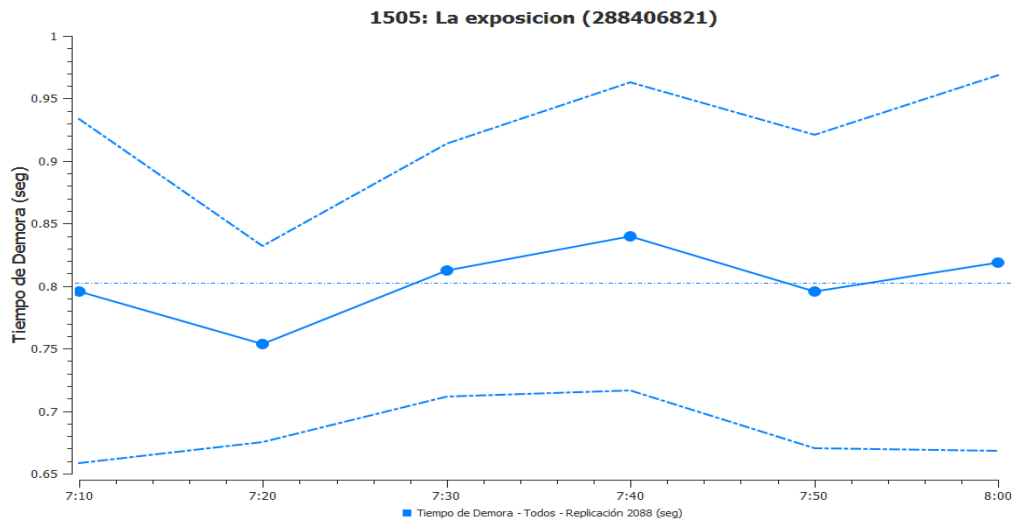
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición



Nota. En la figura se muestra las velocidades máxima, media y mínima de los vehículos considerando que la velocidad media de circulación es de 22.72 km/h.

Figura 80

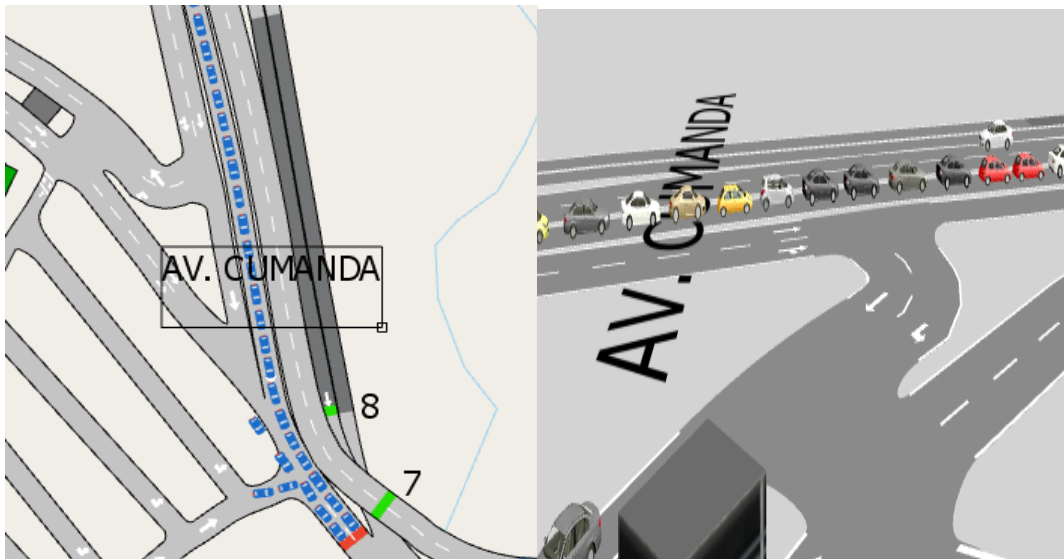
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. La exposición



Nota. En la figura se muestra el tiempo de demora máximo de 0.84 seg, lo que implica que flujo vehicular sea libre en la Av. La Exposición.

Figura 81

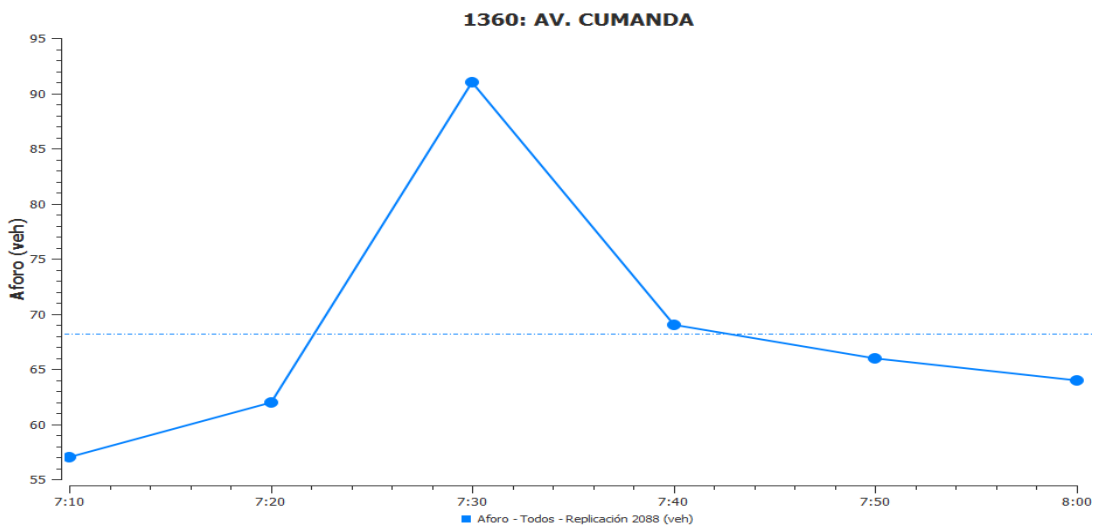
Modelo en AIMSUN Av. Cumandá



Nota. En las figuras se visualiza la Av. Cumandá en 2D y 3D mediante el uso del programa AIMSUN.

Figura 82

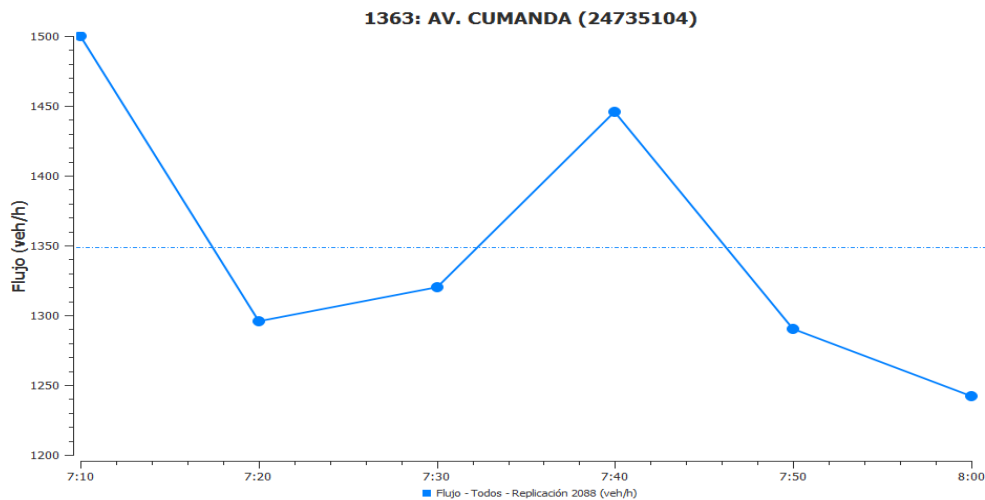
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 92

Figura 83

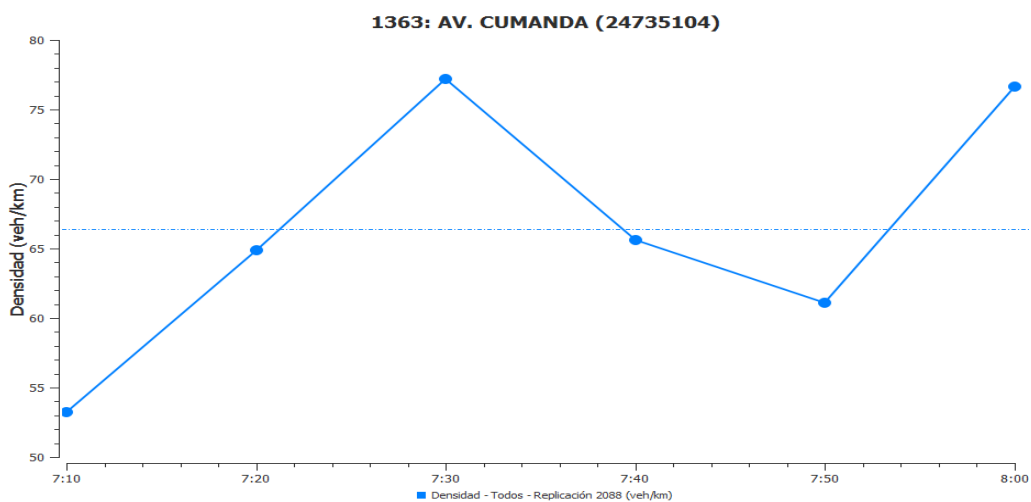
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, determinando que a las 7:10 es cuando se llega al mayor flujo vehicular que es de 300 vehículos.

Figura 84

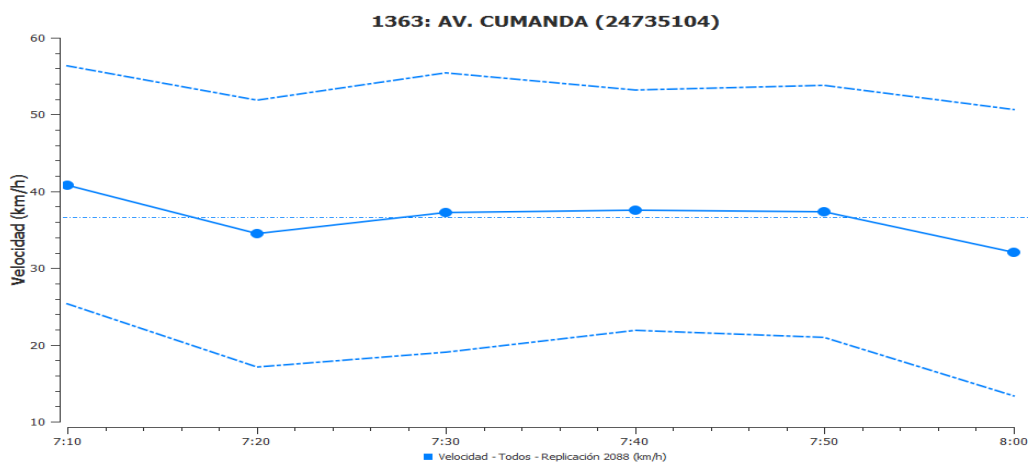
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá



Nota. En la figura se muestra la densidad media (veh/km) que corresponde a 66.43 vehículos en un kilómetro de vía.

Figura 85

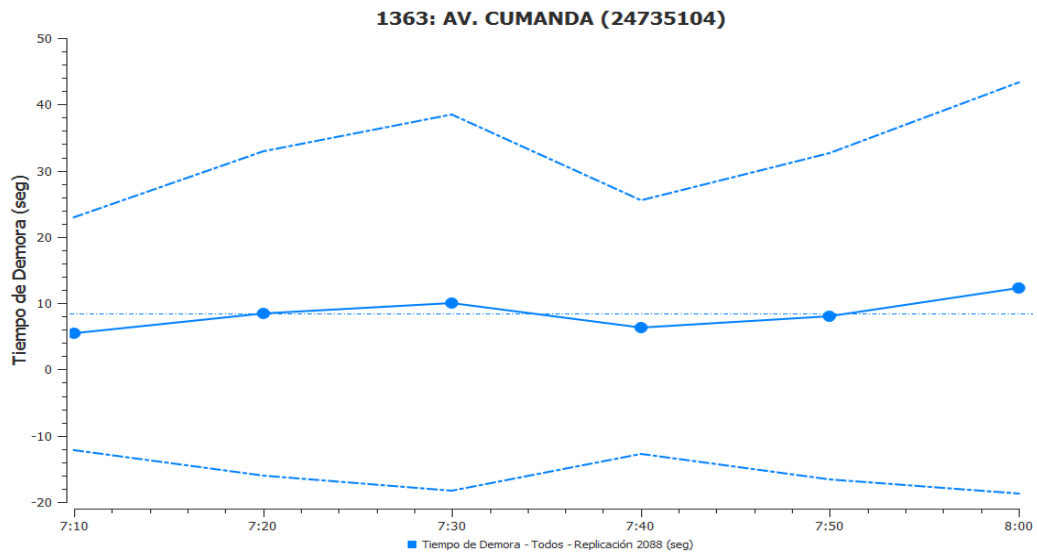
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá



Nota. En la figura se muestra las velocidades máxima, media y mínima de los vehículos considerando que la velocidad media de circulación es de 36.58 km/h.

Figura 86

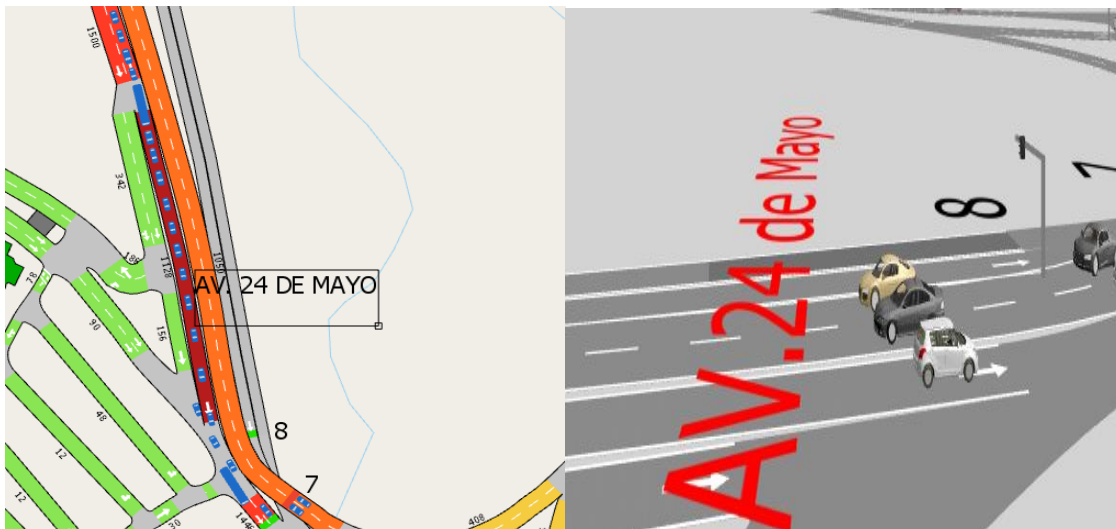
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá



Nota. En la figura se muestra el tiempo de demora máximo de 8.46 seg de los vehículos en la Av. Cumandá

Figura 87

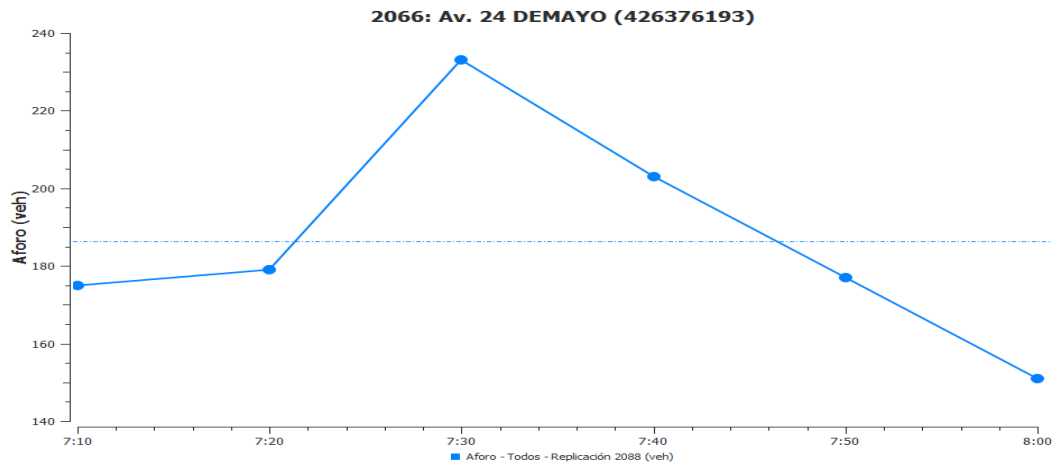
Modelo en AIMSUN Av. 24 de Mayo



Nota. En las figuras se visualiza la Av. 24 de mayo en 2D y 3D mediante el uso del programa AIMSUN.

Figura 88

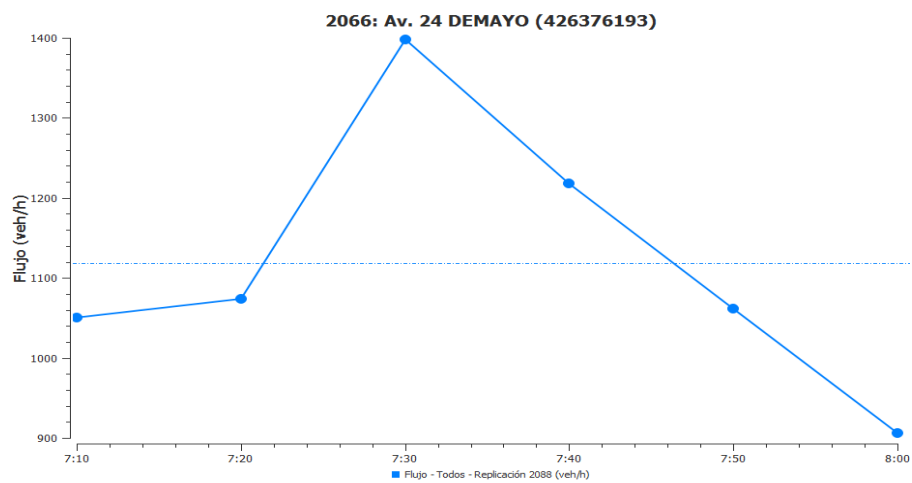
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de mayo



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene la mayor el mayor aforo de vehículos que es de 233

Figura 89

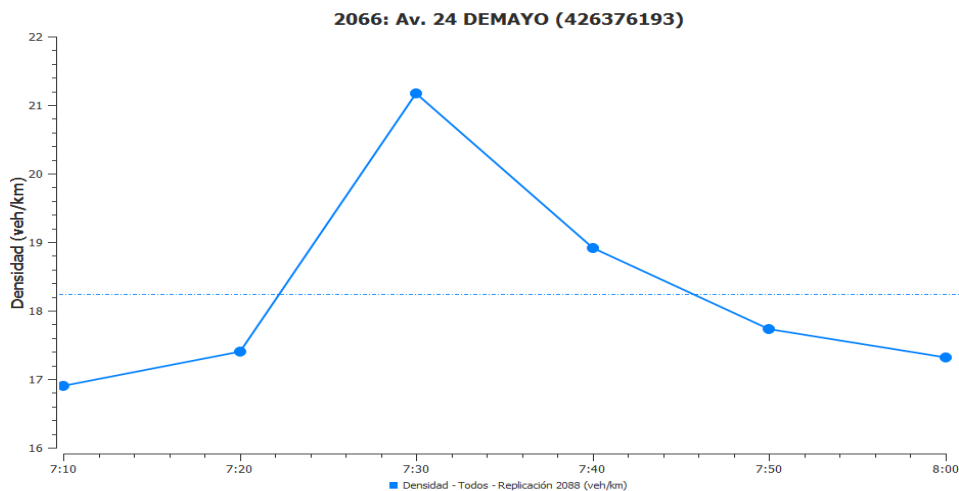
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, determinando que a las 7:30 se obtiene el mayor flujo vehicular que es de 1398 vehículos.

Figura 90

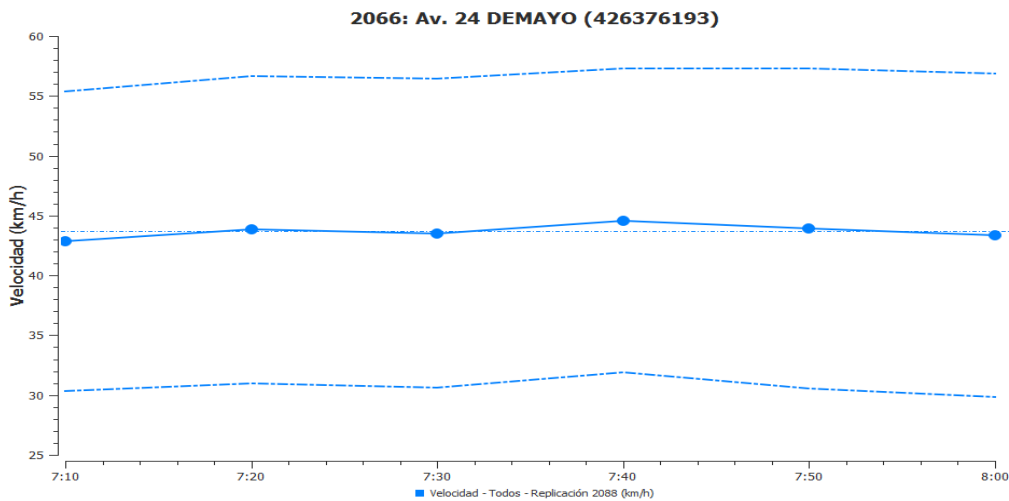
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra la densidad media (veh/km) que corresponde a 18.24 vehículos en un kilómetro de vía.

Figura 91

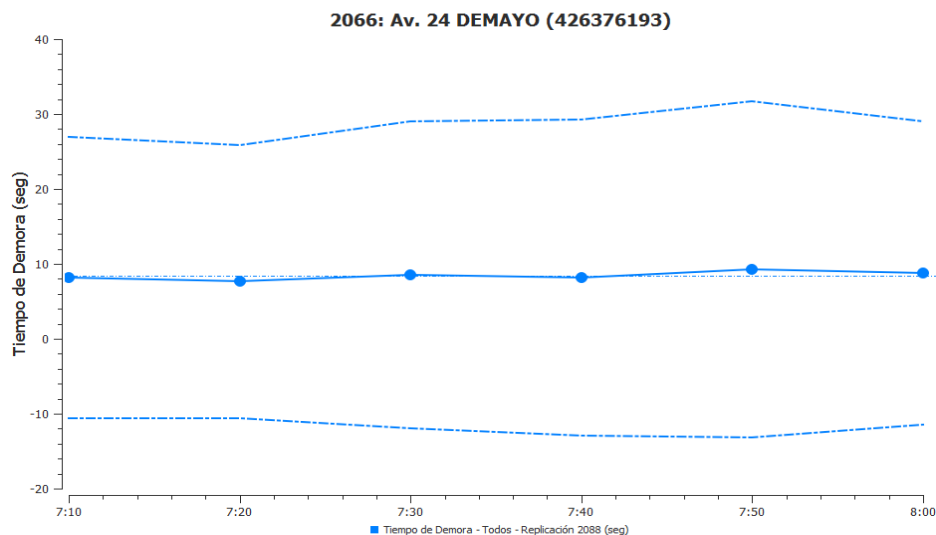
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra las velocidades máxima, media y mínima de los vehículos considerando que la velocidad media de circulación es de 43.68 km/h.

Figura 92

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



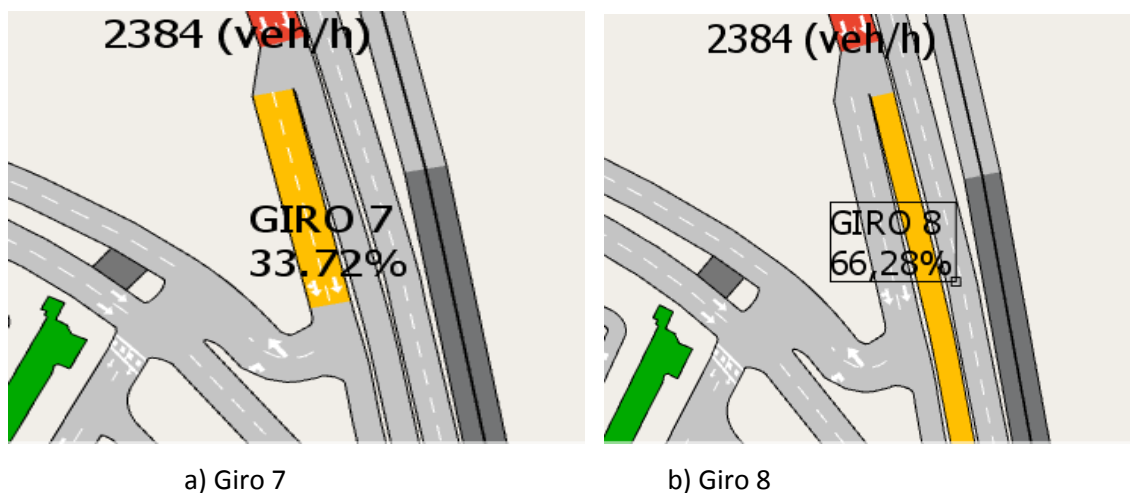
Nota. En la figura se muestra el tiempo de demora medio de 8 seg para los vehículos en la Av 24 de mayo.

Micro simulación Parqueaderos Subterráneos

En la situación actual en los parqueaderos aledaños al Complejo Ministerial y con los vehículos que deben ser reubicados existe un total de 296 vehículos atraídos por el proyecto, además se debe considera que se tiene en el parqueadero en donde se realizaría el proyecto de 174 vehículos que pertenecen a la Fuerza Terrestre, dando como total 583 vehículos que se debe considerar al flujo de entrada de la Av. Cumandá para realizar la micro simulación.

Figura 93

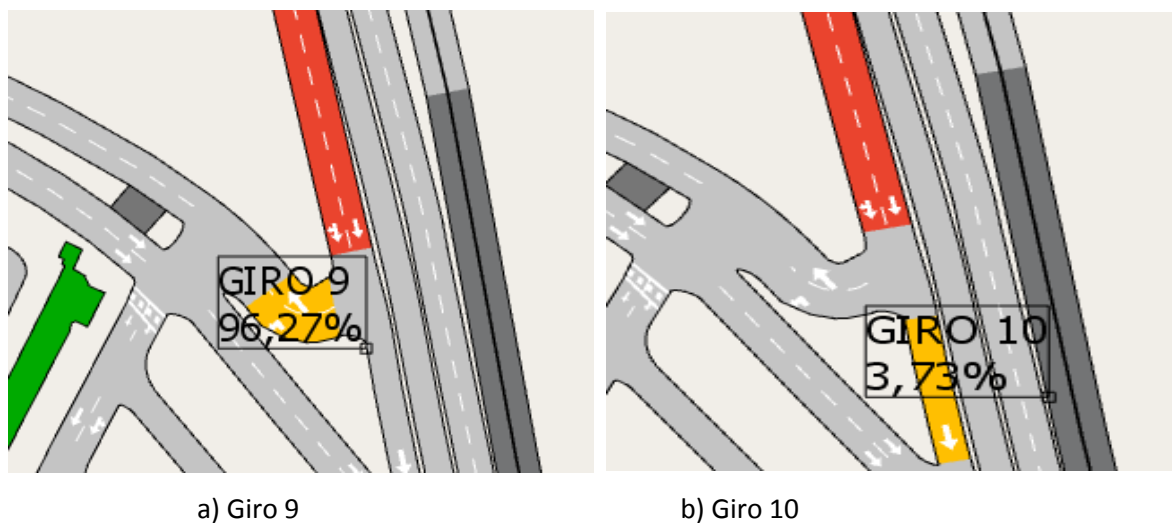
Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 7 con porcentaje de 33.72% y en la figura b) se visualiza el giro 8 con un porcentaje de 66.28% en el ingreso al Complejo Ministerial.

Figura 94

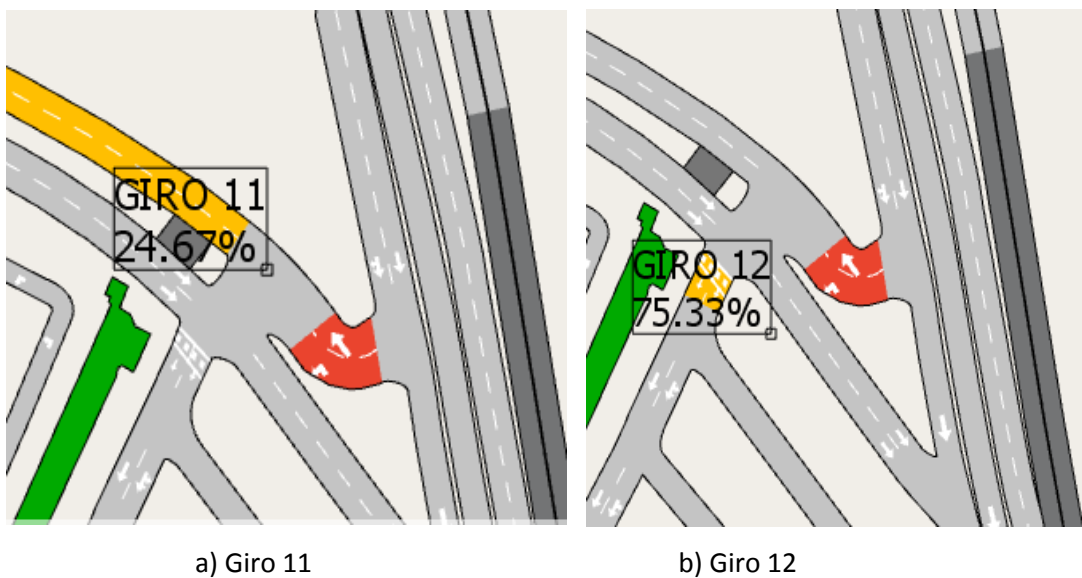
Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 9 con porcentaje del 96.27% y en la figura b) se visualiza el giro 10 con un porcentaje de 3.73% en el ingreso al Complejo Ministerial.

Figura 95

Porcentajes y giros de flujo en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura a) se tiene el giro 11 con un porcentaje de 24.67% y en la figura b) se visualiza el giro 8 con un porcentaje de 75.33% en el ingreso al Complejo Ministerial.

Tabla 53

Comparación de porcentajes y giros de flujo

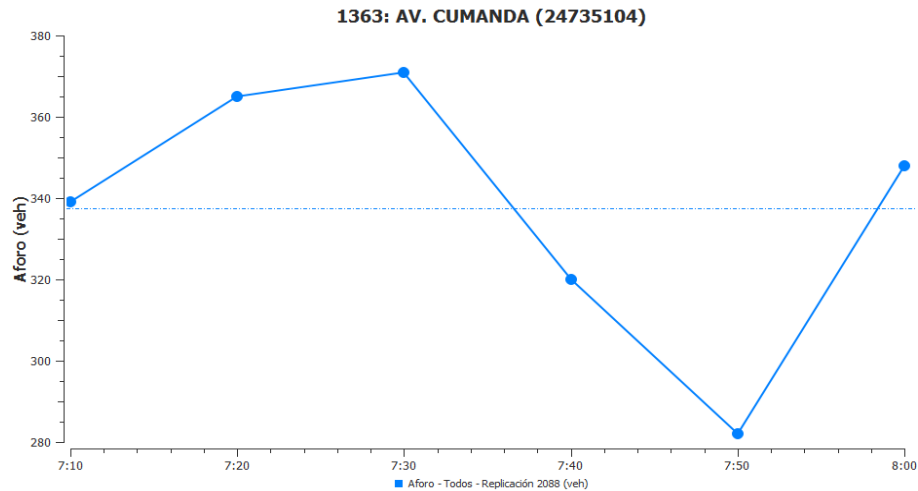
Av. Comanda acceso al Complejo Ministerial				
Porcentajes y giros de flujo 07:00-08:00				
	Actual		Parqueadero Subterráneo	
	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)
GIRO 7	19%	360	33.72%	804
GIRO 8	82%	1585	66.28%	1580
GIRO 9	91.78%	335	96.27%	774
GIRO 10	8.22%	30	3.73%	30
GIRO 11	57%	191	24.67%	191
GIRO 12	43%	144	75.33%	583

Nota. Esta tabla muestra la comparación entre el porcentaje de giro y flujo vehicular entre el escenario actual y escenario con Parqueadero Subterráneo.

Av. Cumandá ingreso a parqueadero subterráneo

Figura 96

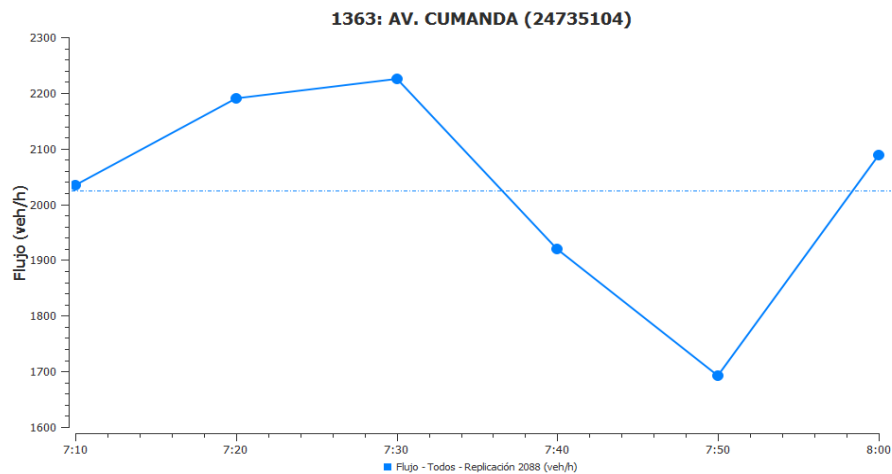
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumanda.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene 371 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 337.50 vehículos.

Figura 97

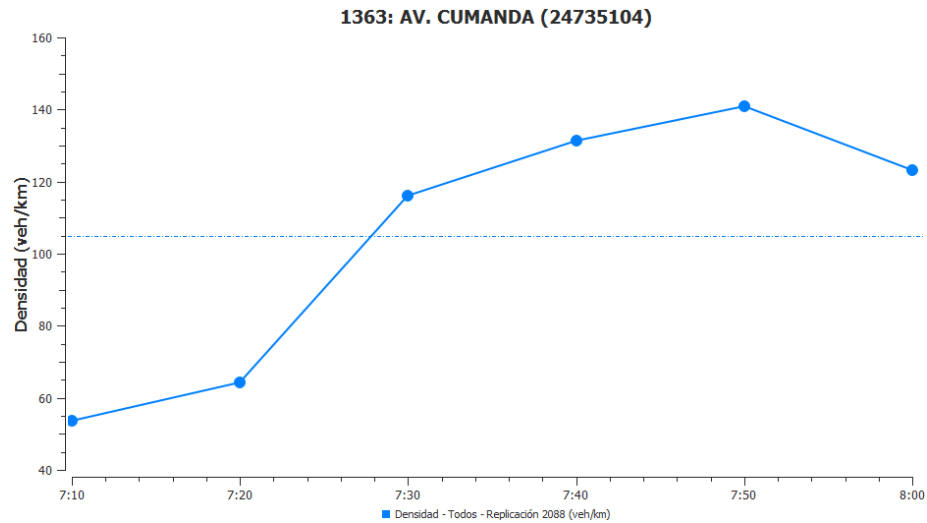
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:30 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 2226 (veh/h) y con una media de 2025 (veh/h).

Figura 98

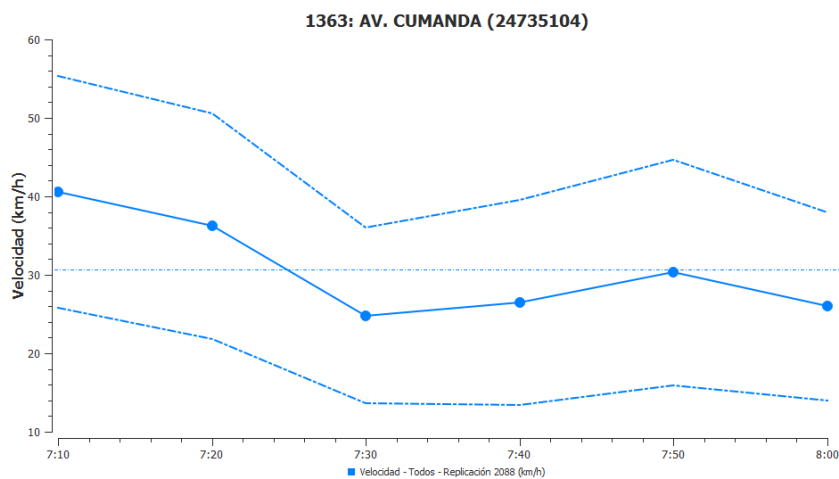
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra la densidad que corresponde a 140.95 (veh/km) y se tiene una media de 104.95 (veh/km).

Figura 99

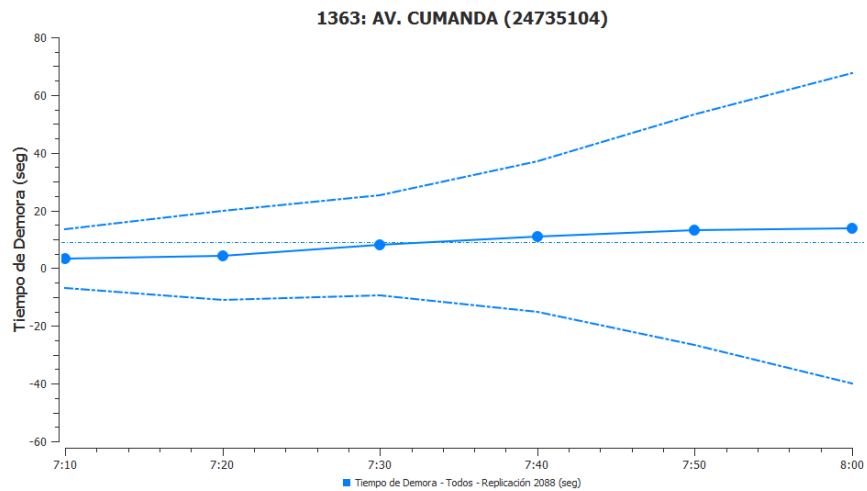
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 40.55 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 30.72 (km/h).

Figura 100

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.

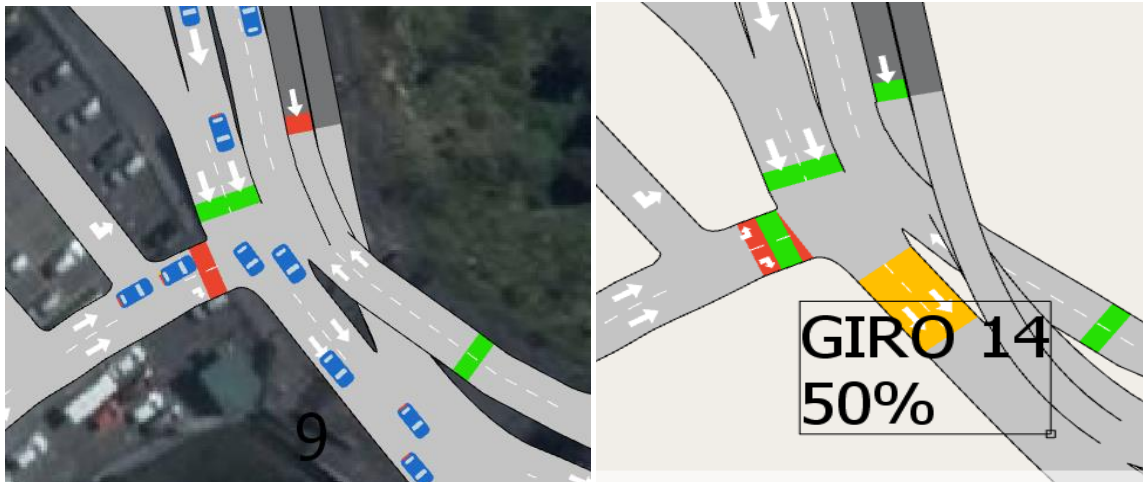


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 8 seg para los vehículos. Y la media es de 8.95 (seg).

Av. Cumandá salida del Parqueadero Subterráneo

Figura 101

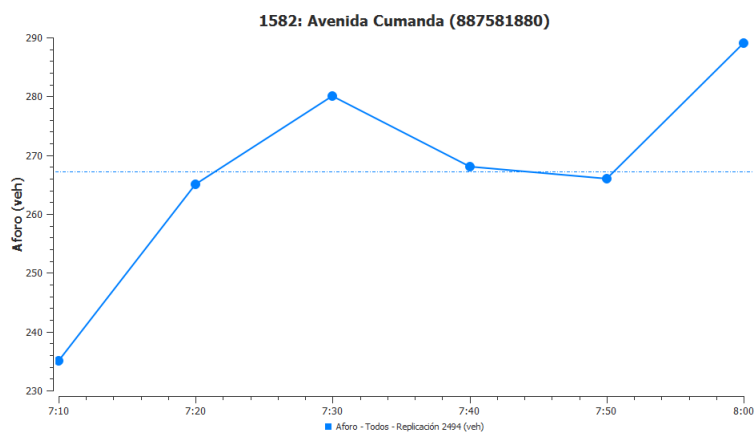
Micro simulación en 2D y giro hacia la Av. Cumandá.



Nota. En esta figura indica el giro 14, para asignar el flujo vehicular que salen del Parqueadero Subterráneo del Complejo Ministerial.

Figura 102

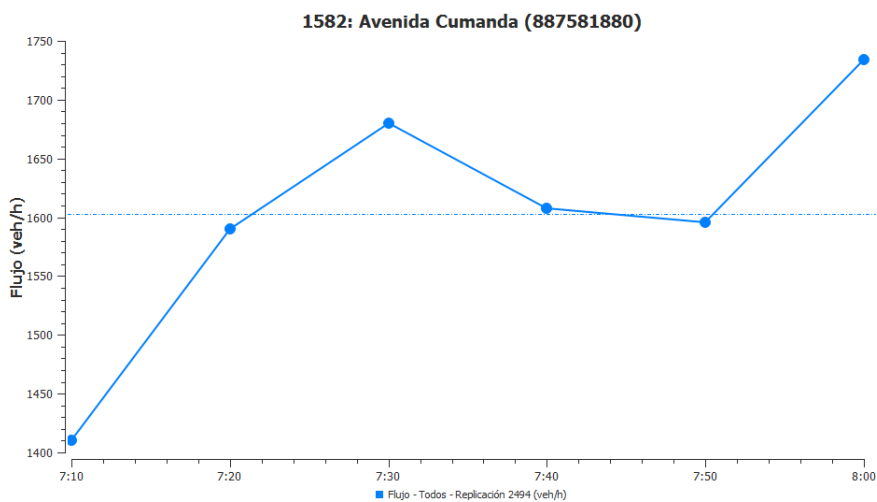
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido, siendo así que a las 7:30 el valor máximo es de 280 (veh) y con una media igual de 267.17 (veh).

Figura 103

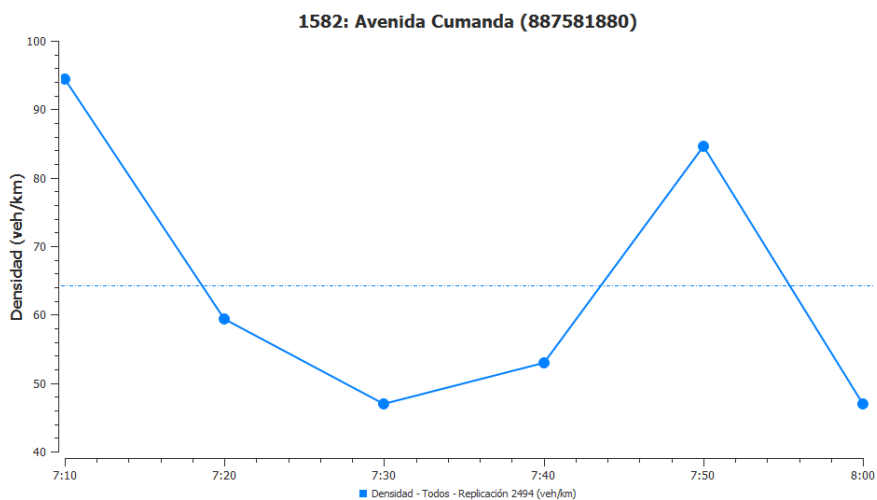
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:30 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 1680 (veh/h) y con una media de 1603 (veh/h).

Figura 104

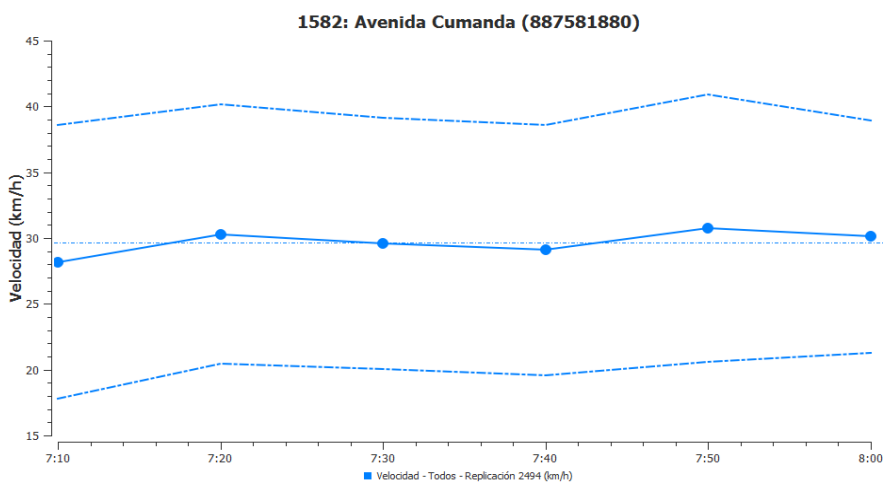
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 94.47 (veh/km) y se tiene una media de 64.22 (veh/km).

Figura 105

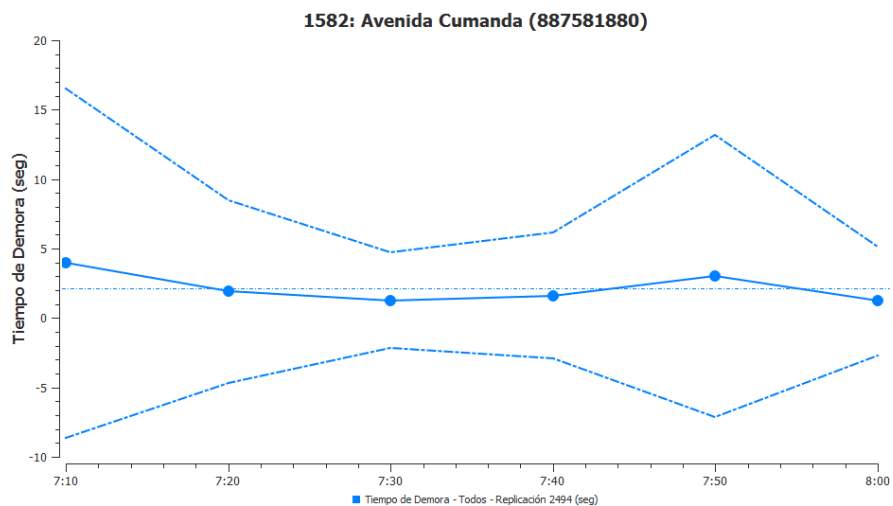
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 30.73 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 29.67 (km/h).

Figura 106

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.

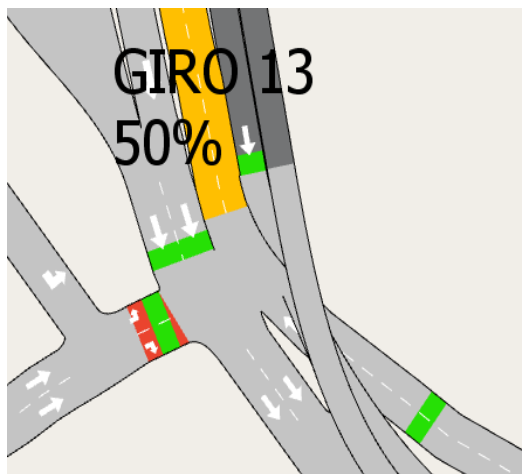


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 3.95 seg para los vehículos. Y la media es de 2.16 (seg).

Av.24 de Mayo salida del Parqueadero Subterráneo

Figura 107

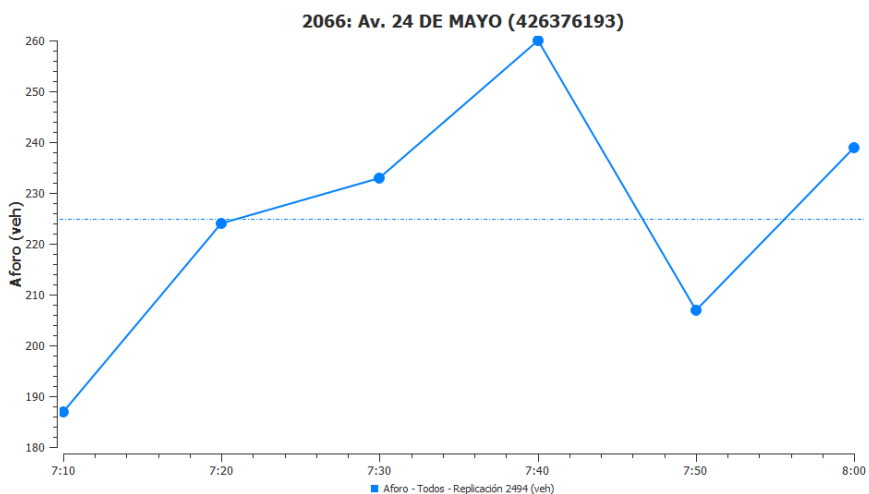
Giro en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra el giro 13, los cuales se incorporan a la Av. 24 de Mayo.

Figura 108

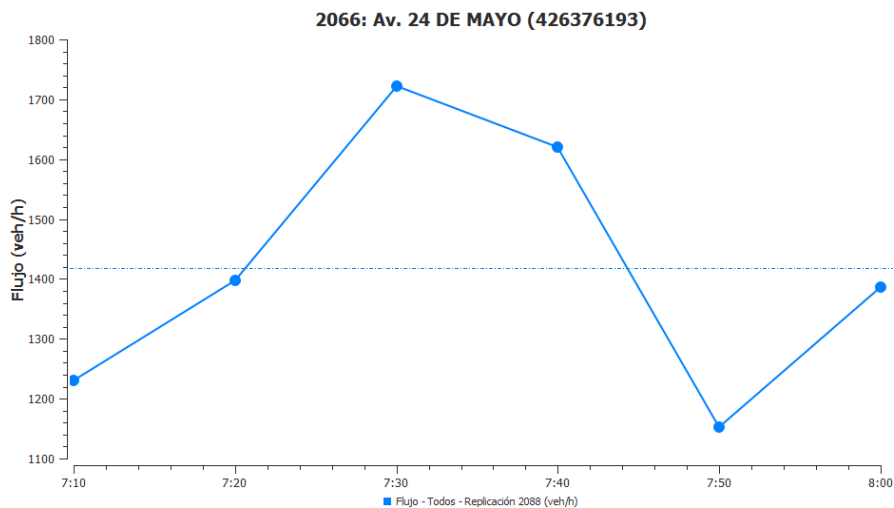
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene 260 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 225 vehículos.

Figura 109

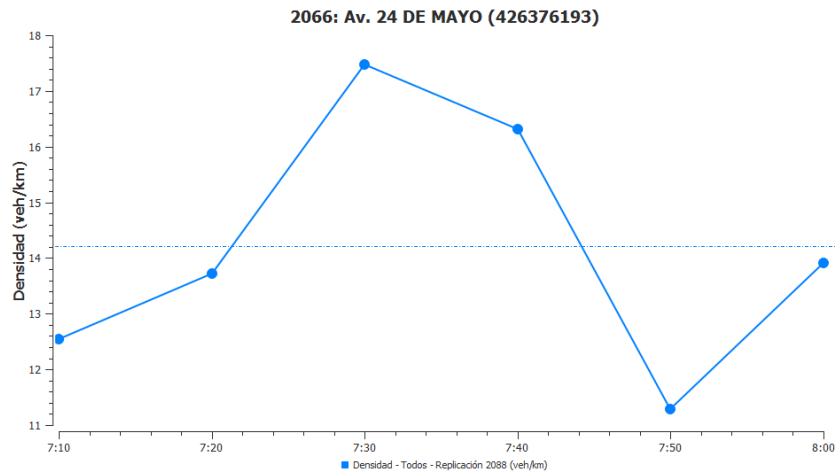
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:40 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 1560 (veh/h) y con una media de 1350 (veh/h).

Figura 110

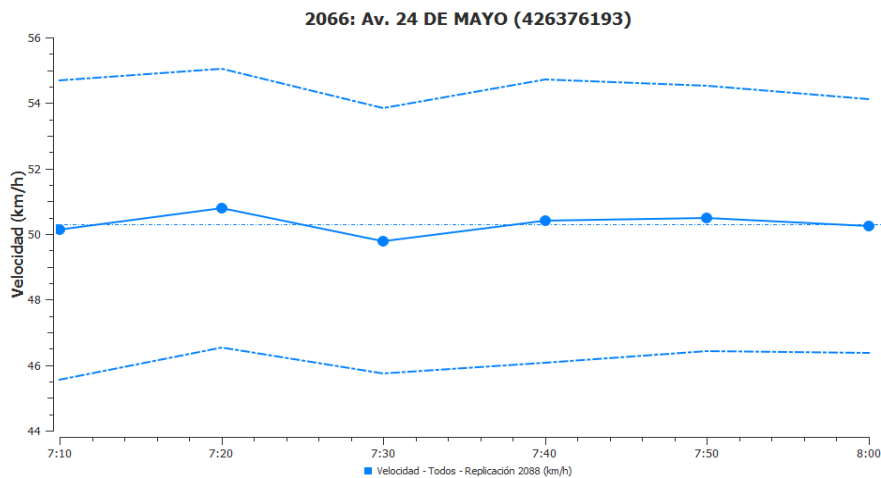
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 15.94 (veh/km) y se tiene una media de 13.63 (veh/km).

Figura 111

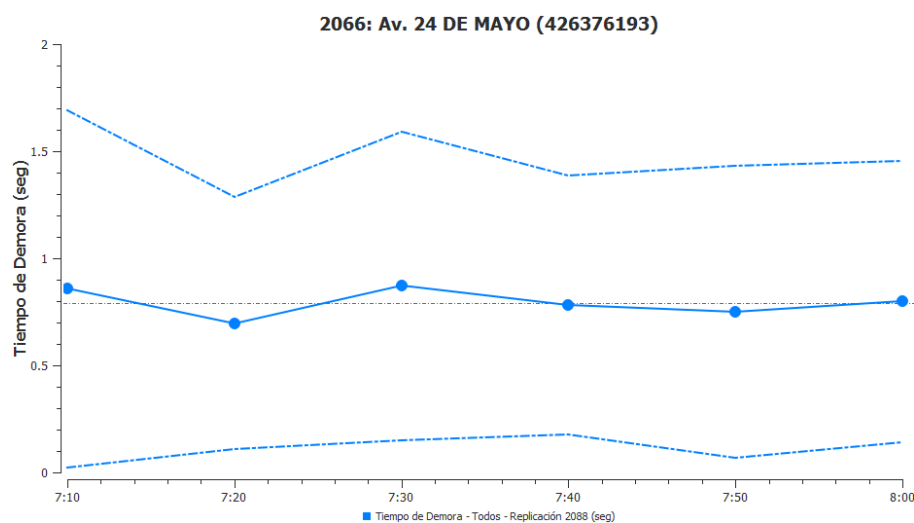
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 50.81 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 50.05 (km/h).

Figura 112

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.



Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 0.90 seg para los vehículos y la media es de 0.82 (seg).

Micro simulación Parquaderos Elevados

Av. Cumandá ingreso al Complejo Ministerial y parqueadero elevado

Tabla 54

Av. Pedro Vicente Maldonado ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado

Av. Pedro Vicente Maldonado S-N				
Porcentajes y giros de flujo 07:00-08:00				
	Actual		Parqueadero Elevado	
	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)
GIRO 1	87%	1082	76.28%	1108
GIRO 2	13%	165	23.52%	337

Nota. En la tabla se muestra la comparación de porcentajes y giros de flujo entre escenario actual y Parquaderos Elevados de 07:00-08:00.

Tabla 55

Av. Benigno Vela ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado

Calle Benigno Vela				
Porcentajes y giros de flujo 07:00-08:00				
	Actual		Parqueadero Elevado	
	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)
GIRO 3	29%	40	70.62%	238
GIRO 4	71%	99	29.38%	99

Nota. En la tabla se muestra la comparación de porcentajes y giros de flujo entre escenario actual y Parqueaderos Elevados de 07:00-08:00.

Tabla 56

Av. La Exposición ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado

La Exposición				
Porcentajes y giros de flujo 07:00-08:00				
	Actual		Parqueadero Elevado	
	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)
GIRO 5	7%	7	7.07%	7
GIRO 6	93%	92	92.93%	92

Nota. En la tabla se muestra la comparación de porcentajes y giros de flujo entre escenario actual y Parqueaderos Elevados de 07:00-08:00.

Tabla 57

Av. Cumandá ingreso al Complejo Ministerial y Parqueadero Elevado

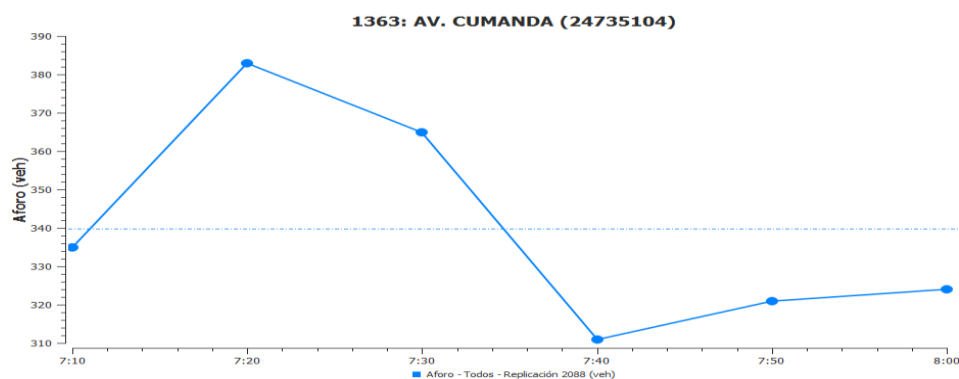
Av. Cumanda acceso al Complejo Ministerial				
Porcentajes y giros de flujo 07:00-08:00				
	Actual		Parqueadero Elevado	
	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)	Porcentajes de giro	Flujo (veh/h)
GIRO 7	19%	360	25.41%	606
GIRO 8	82%	1585	74.58%	1778
GIRO 9	91.78%	335	95.05%	576
GIRO 10	8.22%	30	4.95%	30
GIRO 11	57%	191	33.16%	191
GIRO 12	43%	144	66.84%	385

Nota. En la tabla se muestra la comparación de porcentajes y giros de flujo entre escenario actual y Parqueaderos Elevados de 07:00-08:00.

Av. Cumandá entrada de Parqueaderos Elevados

Figura 113

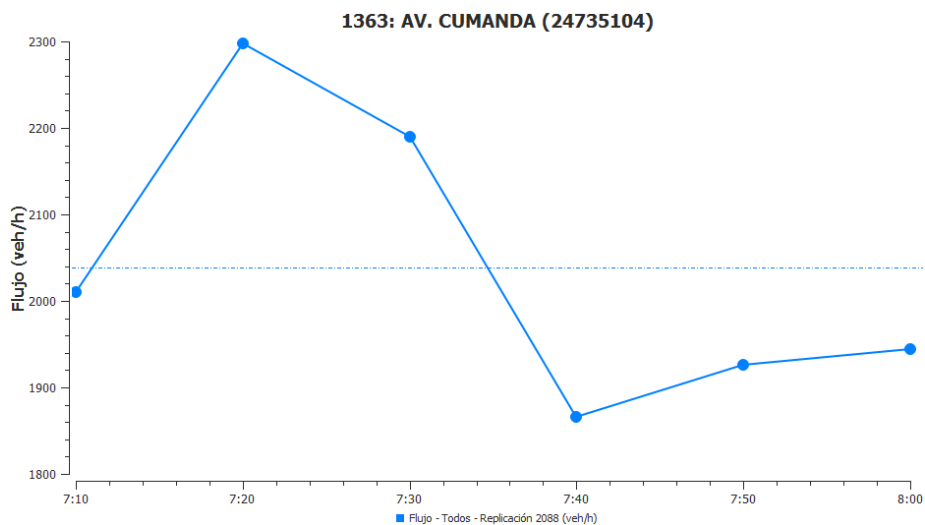
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:20 se tiene 383 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 33.83 vehículos.

Figura 114

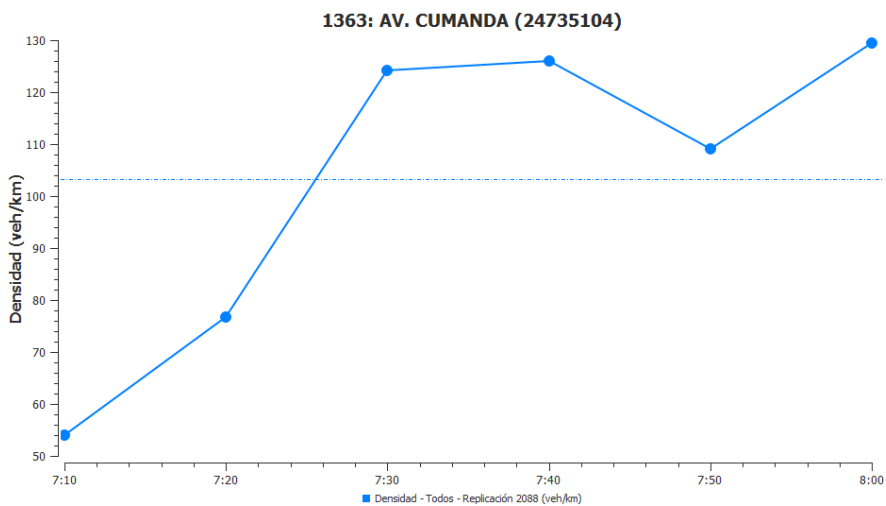
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:20 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 2298 (veh/h) y con una media de 2039 (veh/h).

Figura 115

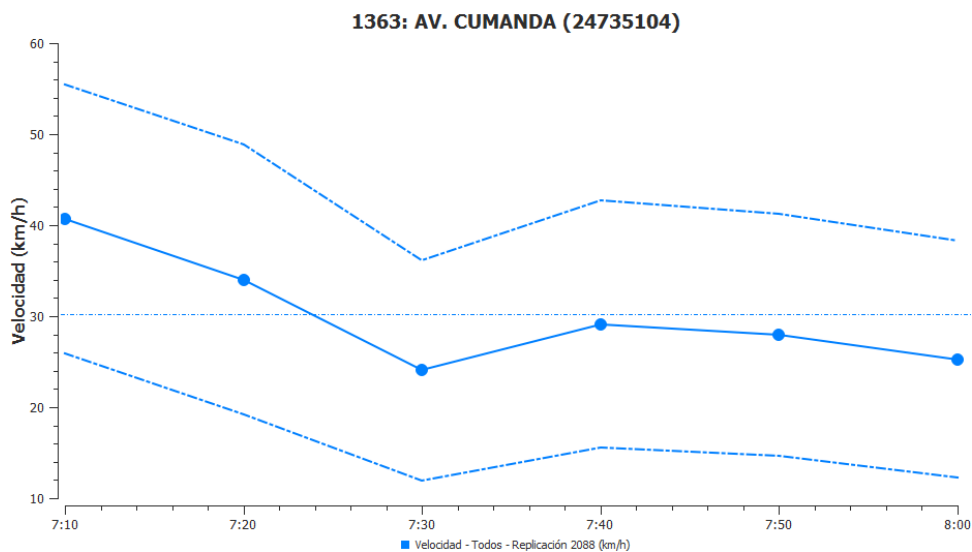
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 129.46 (veh/km) y se tiene una media de 103.21

Figura 116

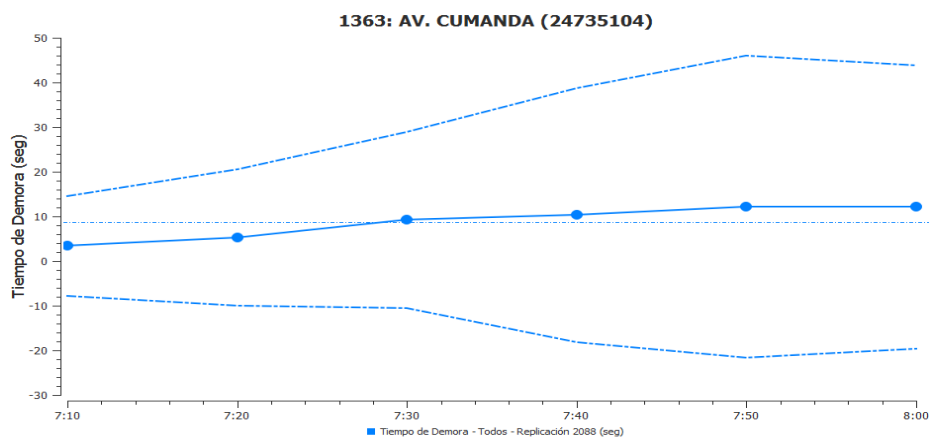
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 40.71 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 30.18 (km/h).

Figura 117

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.

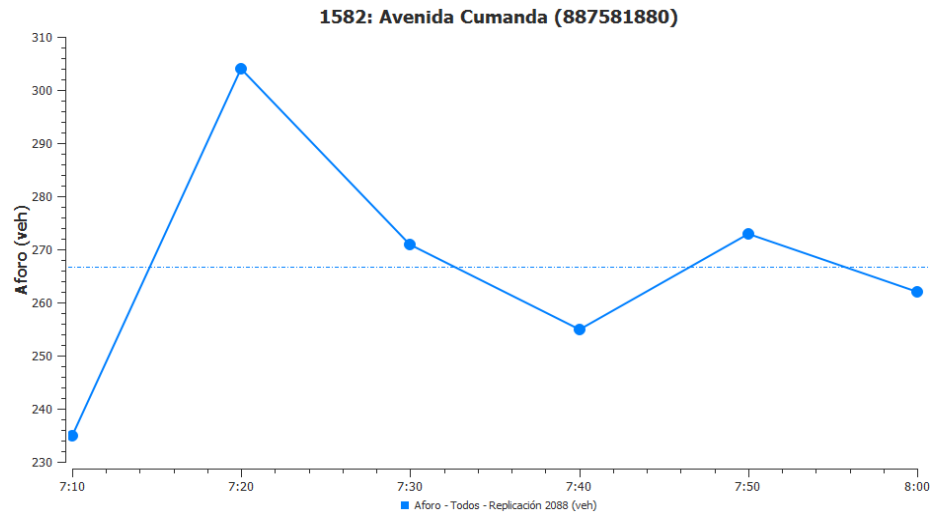


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 12.22 seg para los vehículos. Y la media es de 8.75 (seg).

Av. Cumandá salida de Parquaderos Elevados

Figura 118

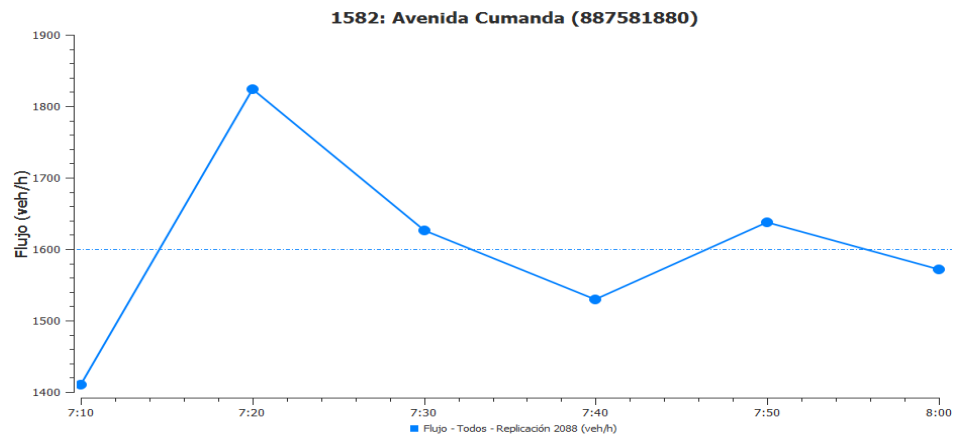
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:20 se tiene 304 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 266.67 vehículos.

Figura 119

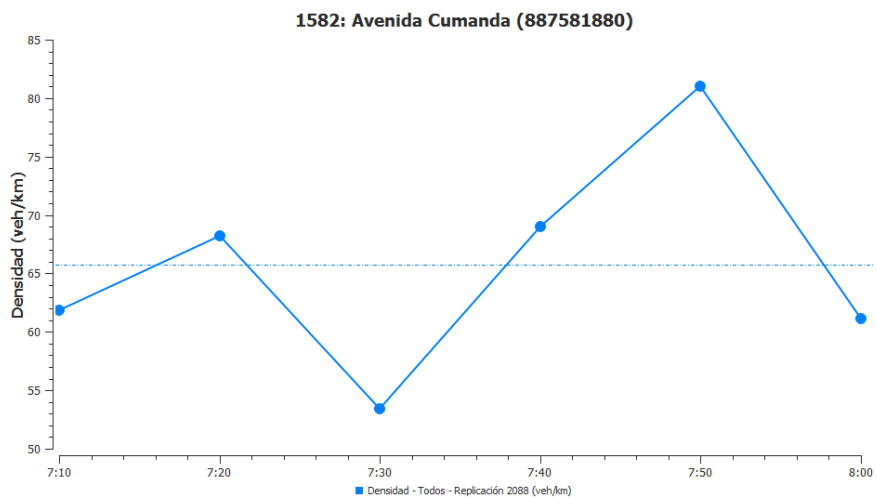
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:20 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 1824 (veh/h) y con una media de 1600 (veh/h).

Figura 120

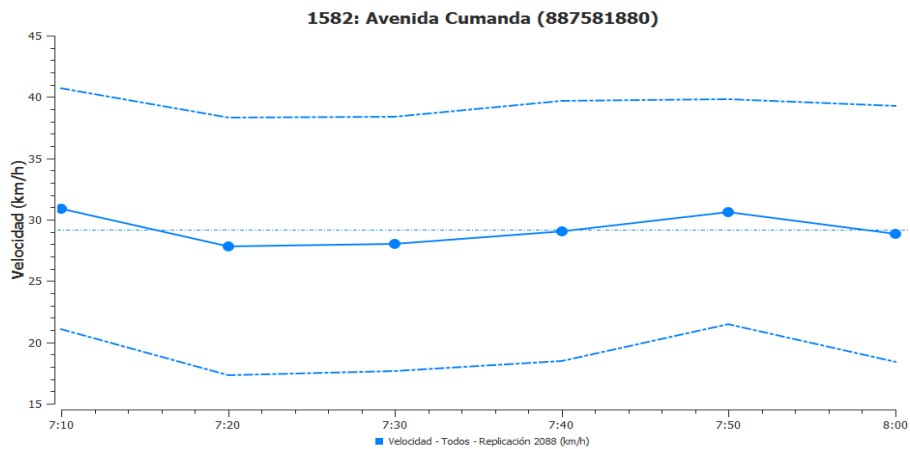
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra la densidad que corresponde a 81.01 (veh/km) y se tiene una media de 65.78 (veh/km).

Figura 121

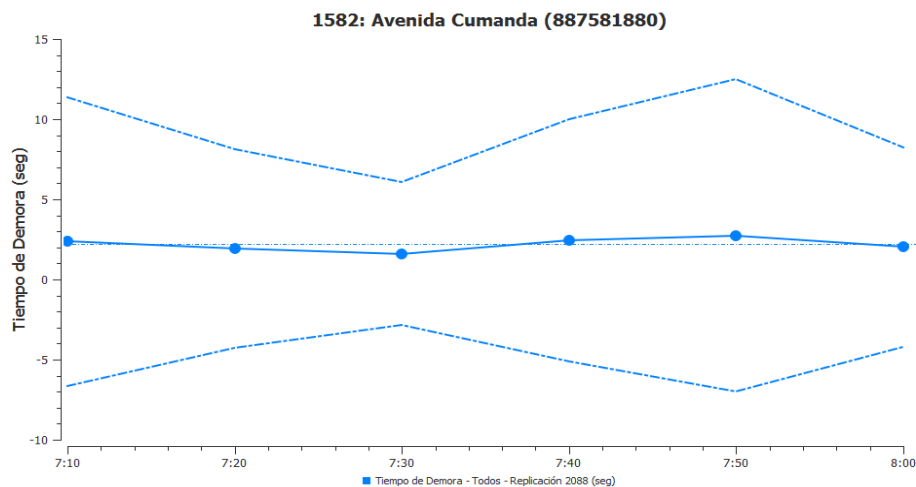
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 30.89 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 29.21 (km/h).

Figura 122

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.

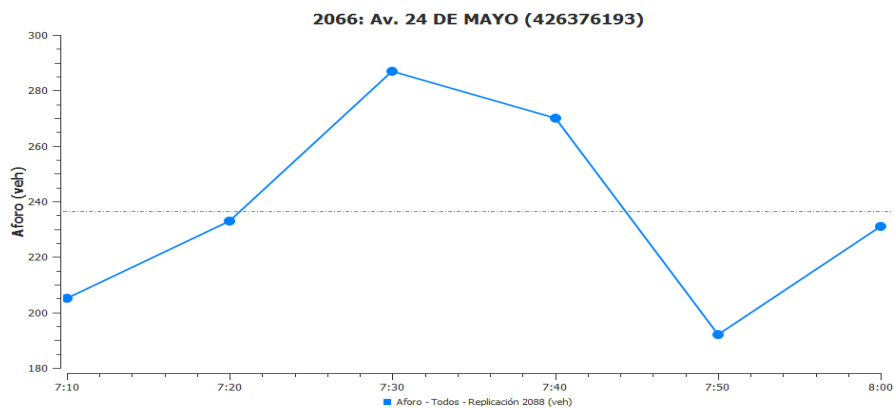


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 2.75 seg para los vehículos. Y la media es de 2.19 (seg).

Av.24 de Mayo salida del Parqueadero Elevados

Figura 123

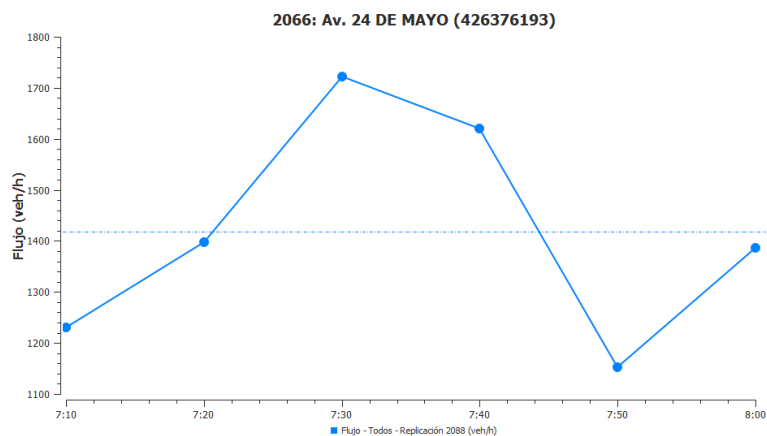
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 7:30 se tiene 287 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 236.33 vehículos.

Figura 124

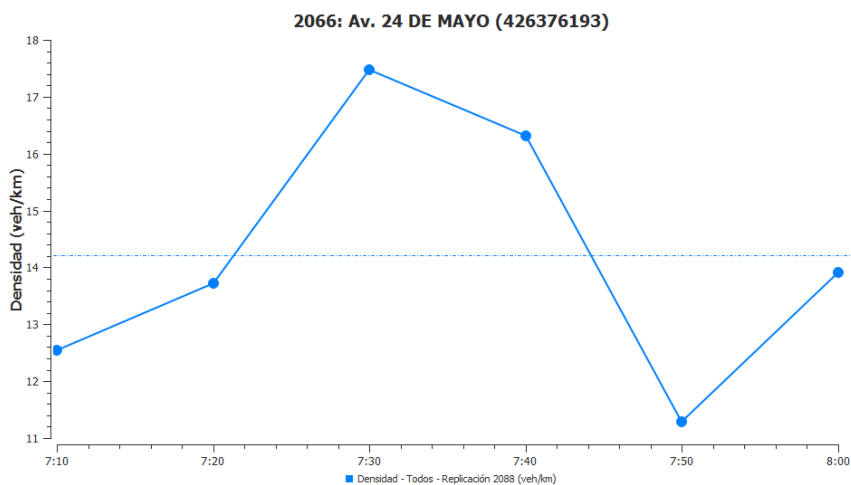
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo.



Nota. En la figura se muestra el flujo vehicular producido en la hora pico, se indica que a las 7:30 se tiene la mayor cantidad de vehículos que es de 1722 (veh/h) y con una media de 1418 (veh/h).

Figura 125

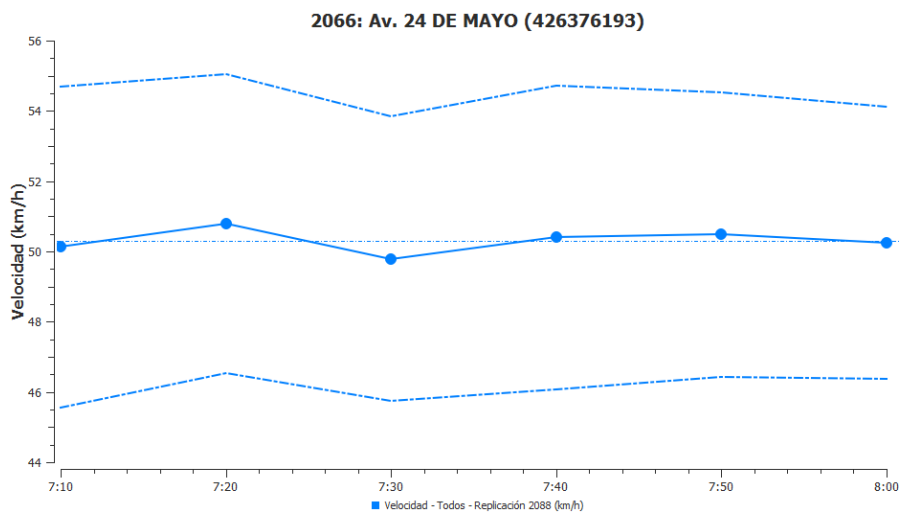
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 17.48 (veh/km) y se tiene una media de 14.21 (veh/km).

Figura 126

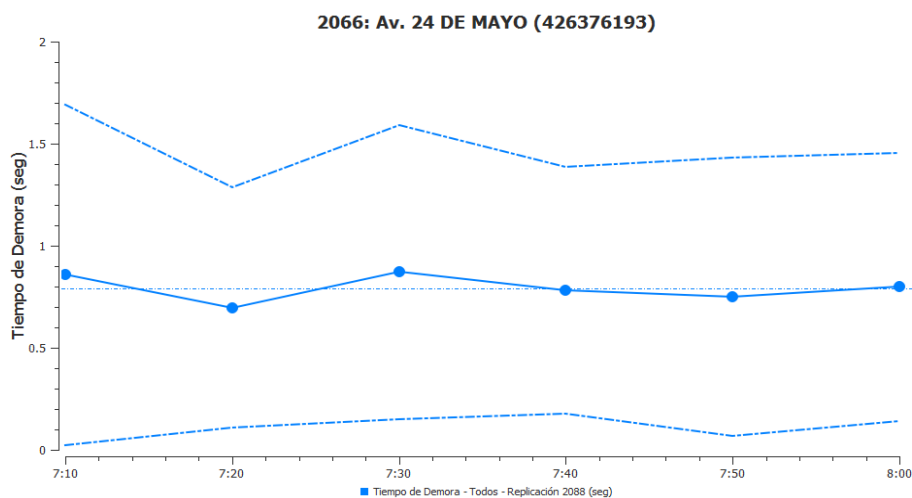
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. 24 de Mayo



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 50.78 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 50.30 (km/h).

Figura 127

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av.24 de Mayo

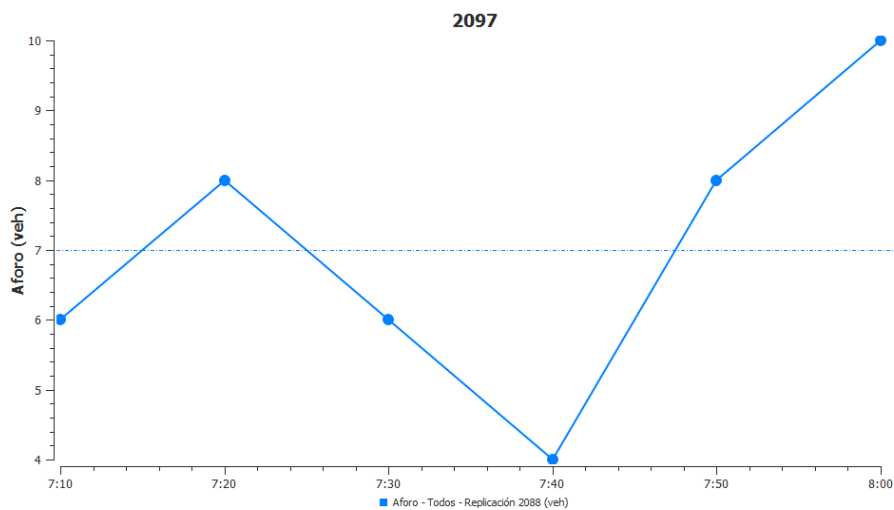


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 0.87 seg para los vehículos. Y la media es de 2.79 (seg).

San Vicente de Paúl entrada del Parqueadero Elevados

Figura 128

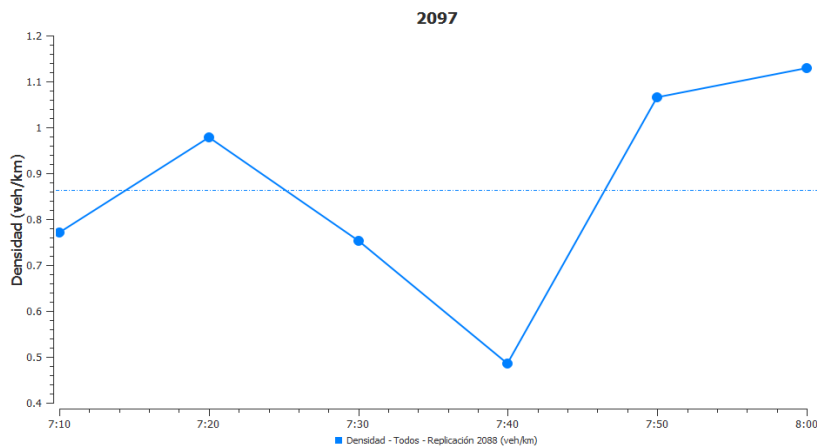
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 8:00 se tiene 10 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 7 vehículos.

Figura 129

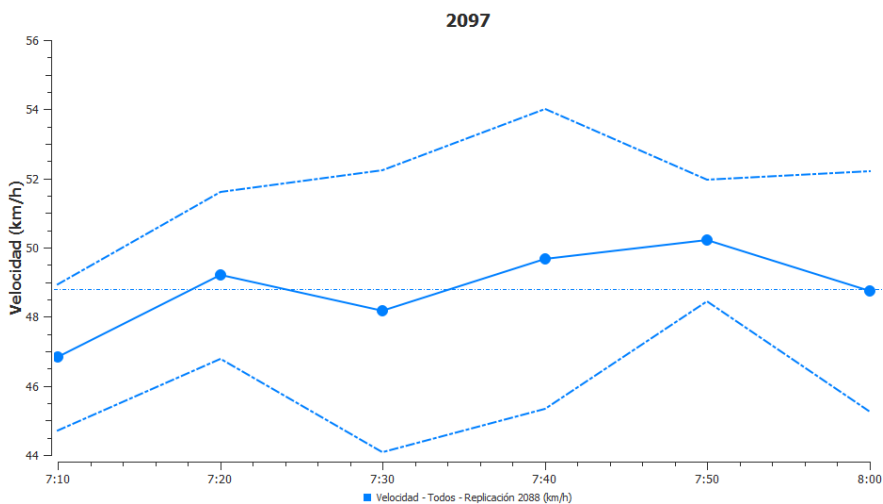
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 1.13 (veh/km) y se tiene una media de 0.86 (veh/km).

Figura 130

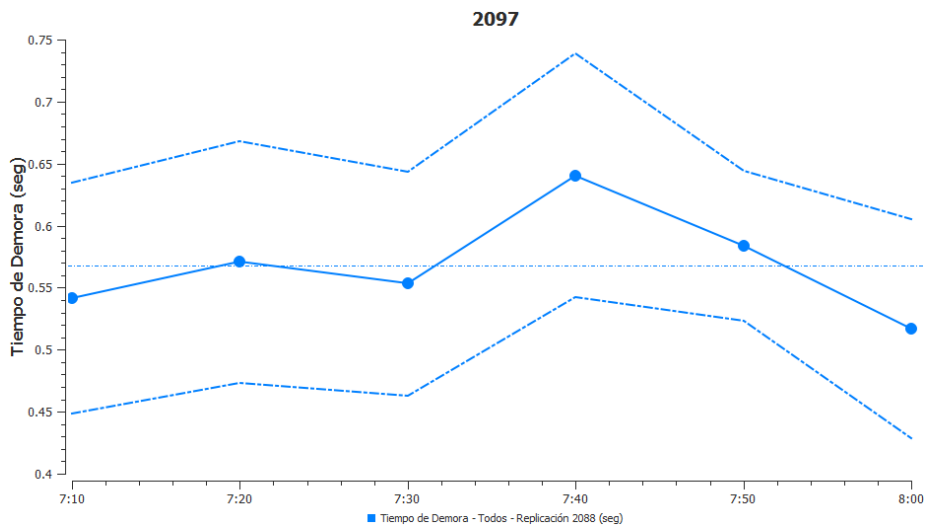
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.



Nota. En la figura se visualiza las velocidades máximas que es 50.21 (km/h), también se tiene la velocidad media que corresponde a 48.80 (km/h).

Figura 131

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. Cumandá.

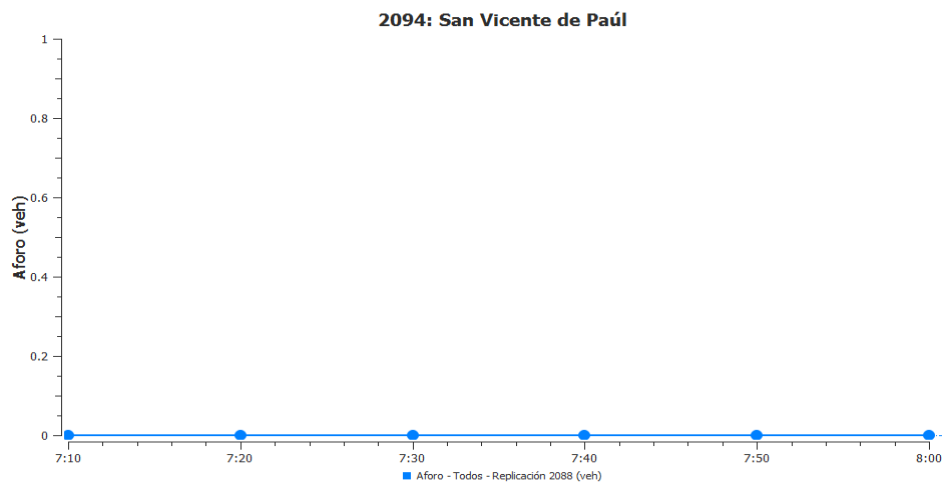


Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 0.64 seg para los vehículos. Y la media es de 0.57 (seg).

San Vicente de Paúl salida del Parqueadero Elevados

Figura 132

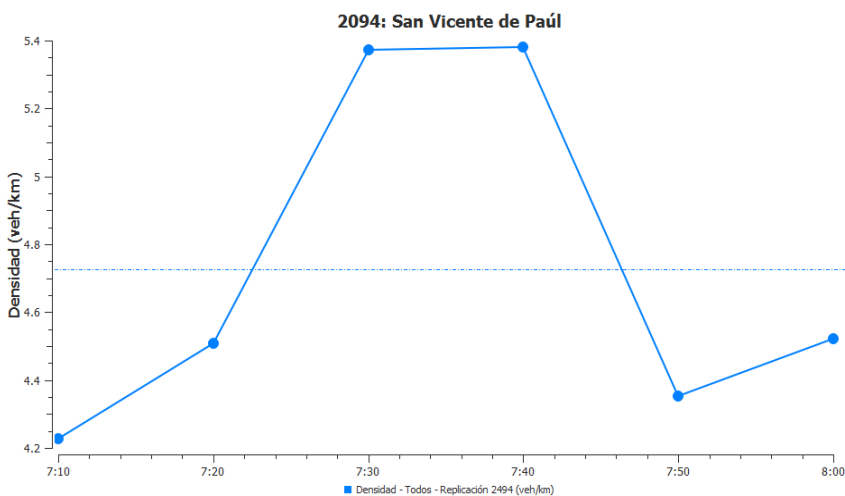
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av.San Vicente de Paul.



Nota. En la figura se muestra el Aforo vehicular producido en una hora, determinando que a las 8:00 se tiene 10 vehículos que corresponde a su máximo valor y con una media de 7 vehiculos.

Figura 133

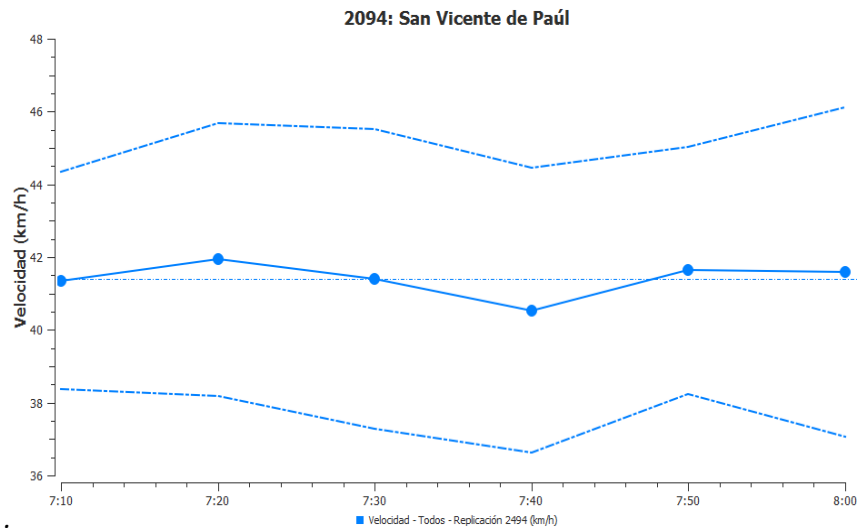
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en San Vicente de Paul.



Nota. En la figura se muestra la densidad máxima que corresponde a 5.38 (veh/km) y se tiene una media de 4.73 (veh/km).

Figura 134

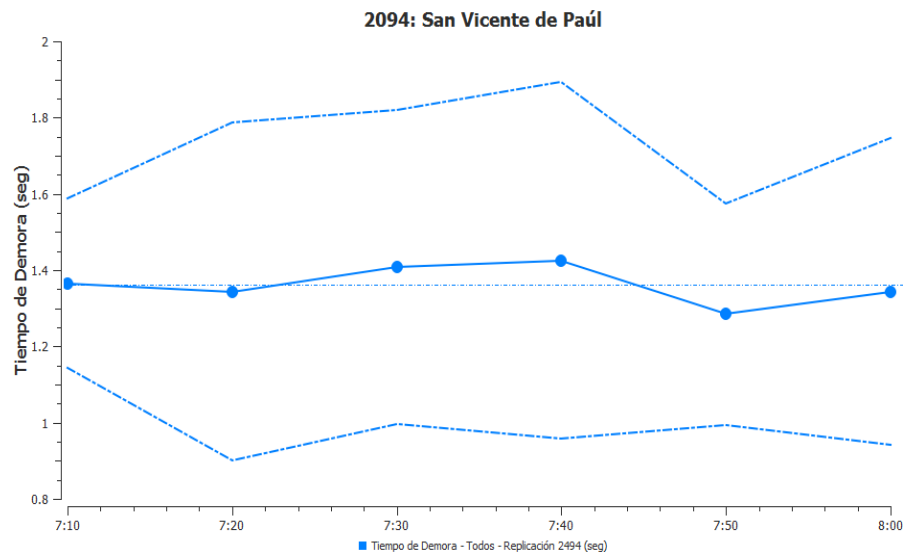
Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. San Vicente de Paul.



Nota. En la figura se muestra la velocidad media de 41.41km/h

Figura 135

Resultados obtenidos de las series temporales de AIMSUN, en la Av. San Vicente de Paul.



Nota. En la figura se muestra el tiempo máximo de demora que es de 1.43 seg para los vehículos y la media es de 1.36 (seg).

Niveles de servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones de circulación dada por el flujo vehicular, velocidad, tiempo de recorrido y seguridad. Así mismo está definida en términos de demora lo que implica consumo de combustible y retraso en el tiempo de viaje. (Yadira, 2007)

Figura 136*Niveles de servicio*

Tipo de Estructura	Parámetros
Autopistas:	
Secciones Básicas	Densidad y Velocidad
Tramos de Entrecruzamiento	Densidad y Velocidad
Rampas de convergencia y divergencia	Densidad
Carreteras de múltiples carriles	Densidad y Velocidad
Carreteras de dos carriles	Velocidad
Intersección con semáforo	Demora
Intersecciones de Prioridad	Demora
Arteria	Velocidad
Peatones	Espacio, Eventos y Demoras
Bicicletas	Eventos y Demoras

Nota. Esta figura indica los parámetros que determinan los niveles de servicios en HCM-2000

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Conclusiones del Objetivo No. 1

Después de verificar la información proporcionada por la Secretaria de Movilidad generada durante años anteriores y realizar el procesamiento correspondiente, se pudo determinar en las principales vías que rodean las instalaciones del Ministerio de Defensa; Av. Maldonado, Av. El Sena y Av. Cumandá, algunos factores trascendentales para el modelamiento, tales como: el Tránsito Promedio Diario Semanal, el Tráfico Promedio Diario Anual, con un nivel de confiabilidad del 90%, el Volumen Máximo Horario de Tráfico y el Factor de Hora Pico, todos estos valores fueron calculados para el año 2021 aplicando una tasa de crecimiento del 7%, prevista por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, esto se debe a que el momento de realizar la comprobación en campo de los registros entregados, no se evidencio una variación significativa con respecto a los datos originales; y que por supuesto eran de años anteriores, lo que nos llevó a asumir el efecto que tienen las restricciones vehiculares provocadas por la pandemia de COVID-19 y que han modificado toda la dinámica de las vías en la ciudad. Para verificar esto es necesario un estudio más extenso y pormenorizado de las vías, ya que, durante el período de desarrollo de este proyecto, durante dos ocasiones las medidas restrictivas cambiaron, y esto sumado al hecho de que los horarios en el Complejo Ministerial han sido modificados para laborar en jornada única, no existe labores en escuelas y colegios cercanos, y, varias instituciones del Centro Histórico se encuentran en labores mediante teletrabajo, dificulta de sobremanera entender el comportamiento del tráfico en condiciones reales, especialmente en lo que se refiere a volúmenes de tránsito y horas pico o de máxima demanda.

Se realizó el aforo durante 14 días de los ingresos Norte y Sur, y durante 7 días de la salida Norte del Complejo Ministerial, empleando cámaras de video para realizar la grabación continua y posteriormente realizar el conteo y tabulación correspondiente. A breves rasgos se pudo identificar que la mayor cantidad de vehículos que ingresan al complejo son vehículos livianos, seguido por motocicletas, buses y camiones de dos ejes, estos últimos grupos en varios casos no llegan a superar el 1% del volumen diario contabilizado. De la misma forma que en el caso anterior

se estableció el Transito Promedio Diario Semanal, a partir del cual, se calculó el Tráfico Promedio Diario Anual, el Volumen Máximo Horario y el Factor de Hora Pico. Gracias al análisis de estos factores se pudo comprender de mejor manera la problemática del Ministerio de Defensa, con respecto al tema de parqueaderos, y que básicamente se debe a limitaciones de espacio, motivo por el cual, el personal que labora en el Complejo Ministerial se ha visto obligado a acudir a parqueaderos aledaños para dejar sus vehículos durante la jornada laboral, que, dicho sea de paso, ha sido modificada debido a las restricciones provocadas por la pandemia. Esta necesidad insatisfecha ha generado una demanda que no es cubierta por la oferta de parqueaderos existentes y en base a un análisis estadístico básico se estableció una tasa de crecimiento del 170% para un nuevo parqueadero. Es decir, de los 174 espacios disponibles en el parqueadero de la Comandancia General del Ejército, que es el parqueadero más extenso de todo el Complejo, se necesita pasar a un parqueadero de al menos 470 espacios. Esta problemática ya ha sido determinada por estudios previos y se plantearon soluciones como la construcción de bloques de estacionamientos para tratar de cubrir la demanda, es por esto que los análisis realizados en el estudio actual cumplen con el objetivo de entregar las proyecciones de tránsito y como estas afectarían a la Av. Cumandá, que es donde se incorporaría el tráfico atraído por las modificaciones estructurales, si estas llegan a realizarse.

Considerando los datos obtenidos se estableció las horas pico en los días laborables tanto de ingreso y salida hacia el Ministerio de Defensa. Para los ingresos las horas pico se establecieron en las 07H00 los lunes y viernes, y 08H00 los martes, jueves y viernes; y para las salidas, conforme a las modificaciones debidas a la pandemia, se estableció las 14H00 como la hora pico. Estas horas no coinciden con las horas pico que se presentan en las Av. Maldonado y Cumandá, por lo que a breves rasgos, y previa a la simulación correspondiente, el incremento de volumen proyectado no afecta de manera importante al tráfico presente en estas avenidas, pero, como ya se ha mencionado anteriormente, estas características se dan para las condiciones específicas que se están viviendo en la actualidad, y que obligatoriamente cambiaran el momento que se retomen los horarios normales de actividades, tanto dentro del complejo como en la ciudad en sí.

De realizarse la construcción de un bloque de parqueaderos u otra solución prevista, otro de los factores a considerar es el factor de hora pico, el mismo que según los datos presentados por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, en las avenidas que rodean al Ministerio de

Defensa presentan valores coherentes y constantes cercanos al 0.90 típicos de las vías urbanas, esto sin embargo no se da en los ingresos y salidas del Complejo Ministerial, en donde se han llegado a obtener valores cercanos al 0.60, que son inclusive más bajos que los de las vías rurales, esto implica que dentro de la hora pico, hay periodos de 15 minutos en donde se da una concentración de volumen muy elevada, lo que puede representar un problema tanto para ingresos y salidas, afectando a la velocidad y al tiempo de espera necesario para incorporarse a las avenidas correspondientes, esto se podría solucionar incrementando salidas o entradas adicionales o a su vez adicionando carriles de circulación en cada sentido por los cuales se distribuya de mejor forma el volumen de tránsito.

Conclusiones del Objetivo No. 2

Se realizó el análisis dinámico de tráfico vehicular asignado al Complejo Ministerial, utilizando el software AIMSUN basado en una micro simulación considerando la situación actual y la propuesta de realizar parqueaderos subterráneos o elevados.

Mediante la simulación se obtuvo que la mejor propuesta es el diseño de parqueaderos elevados para poder asignar flujo vehicular a la Av. Cumandá, Av. 24 de Mayo, Av. Maldonado y calle San Vicente de Paul en un 33.33% a cada una y de ésta forma tener flujo libre en las horas picos, baja densidad vehicular y evitar colas de tráfico en las vías.

El modelamiento mediante AIMSUN determinó el nivel de servicio de las vías tipo “F”, mediante el análisis de variables de velocidad, densidad, colas y tiempos de demora, lo que significa que las condiciones de flujo son forzadas por la congestión vehicular.

Recomendaciones

Recomendaciones del Objetivo No. 1

Conforme a lo presentado a lo largo de todo el estudio, es necesario realizar nuevamente este proceso, o en su caso, determinar un factor de ajuste, que permita aproximar los datos obtenidos a la realidad posterior a la pandemia, ya que debido a la misma se han generado restricciones y modificaciones en volumen y horarios de funcionamiento de las organizaciones públicas y privadas, lo que afecta la recolección de datos, provocando que el presente estudio sea

únicamente aplicable al caso específico que se presenta en la actualidad y cuyas condiciones sin duda variarían en los próximos meses.

Es evidente que se debe replantear el uso del espacio disponible dentro del Ministerio de Defensa, reorganizando los parqueaderos disponibles y realizando las modificaciones estructurales necesarias, tales como las propuestas por (Ponce & Pazmiño, 2021), que serían una solución viable y adecuada para la problemática actual y que permitirían que el personal que labora en esta institución no se vea obligada a rentar espacios de parqueo particulares, evitando que deban desplazarse varias cuadras a pie hasta ingresar al Complejo, exponiéndose innecesariamente a los riesgos que se puedan presentar, procurando de esta forma proporcionar confianza y seguridad a los dueños de los vehículos.

A pesar de que las instalaciones del Complejo Ministerial son consideradas una zona de seguridad por su importancia estratégica, presenta diversas deficiencias en el tema de seguridad, partiendo desde el hecho de no contar con un sistema cerrado de vigilancia y con una planificación de desarrollo dependiente de cada Fuerza, por lo que es necesario que para implementar una solución global se realice mediante una organización y control centralizado que mantenga el control de todos los espacios de parqueo disponibles y haga una distribución racional de los mismos, evadiendo la asignación innecesaria de espacios a personal que no los utiliza, lo que evitaría el incumplimiento de las normas de control de tránsito y movilidad peatonal existentes en el Complejo.

A futuro, y luego de que se normalice la situación en el área de estudio, es necesario ejecutar un estudio de Origen y Destino, estudio de velocidades en las vías aledañas y dentro del Complejo Ministerial, y finalmente, se debe realizar un estudio de accidentabilidad en las intersecciones problemáticas que rodean al Ministerio de Defensa con la finalidad de poseer información completa que permita a los entes correspondientes tomar decisiones en base a información actualizada.

Recomendaciones del Objetivo No. 2

Para futuros trabajos con el software AIMSUN, se debe solicitar la licencia para cada equipo (computadoras) a ser utilizadas por los estudiantes, considerando que cada licencia es de uso personal e intransferibles.

Se debe realizar otro análisis de tráfico y las incidencias causadas en las vías aledañas al Complejo Ministerial, cuando se supere la Emergencia Sanitaria (Pandemia), ya que de esta manera las condiciones actuales variarían con respecto a las obtenidas en el trabajo, en lo que respecta al aforo, flujo vehicular, densidad, que se han visto afectadas por las diferentes medidas adoptadas como las restricciones vehiculares.

Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/interactivos/movilidad/files/assets/downloads/page0004.pdf>
- Batallón Policía Militar Ministerial. (2021). *Procedimientos de Seguridad*. Quito.
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones* (Novena ed.). (M. Grillo Giannetto, & S. Pérez Avilés, Edits.) México, México: Alfaomega. Obtenido de <https://www.alpha-editorial.com/Papel/9789587784152/Ingenier%C3%ADa+De+Tr%C3%A1nsito>
- Concejo Metropolitano. (2015). *Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito* (Vol. I). Quito, Pichincha, Ecuador: Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito.
- Gordillo, D., & Miguitama, B. (2018). Determinación de los Factores de Mayoración del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) partiendo de datos históricos de zonas representativas de la ciudad de Cuenca. (*Tesis de Ingeniería*). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Hidalgo, Gabriela; León, Jorge. (Diciembre de 2020). *Anuario de Estadísticas de Transporte 2019*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2019/2019_BOLETIN_ANE T.pdf
- Inrix, Inc. (2021). Obtenido de <https://inrix.com/scorecard-city/?city=Quito&index=8>
- Inrix, Inc. (Febrero de 2017). *INRIX Global Traffic*. Obtenido de <https://www.verkeerskunde.nl/Uploads/2017/2/INRIX--2016--Global-Traffic-Scorecard-Report-Appendices---English-FINAL.PDF>
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras* (Vol. I). Quito, Pichincha, Ecuador: T.A.M.S - ASTEC. Obtenido de https://snavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- MTOP. (2013). *Normas para Estudios y Diseños Viales NEVI-12-MTOP* (Vol. 2). Quito, Pichincha, Ecuador: Subsecretaría de Infraestructura del Transporte. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- Navarro, S. (2017). *Ingeniería de Tránsito*. (F. d. Construcción, Ed.) Estelí, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <https://snavarro.wordpress.com/ing-transito/>
- Oña, L., Rodríguez, G., & Venegas, T. (2012). Estudio de Tráfico de Accesibilidad en las interacciones América-La Gasca- Gaspar de Carvajal, de la ciudad de Quito. (*Título de*

- Ingeniería*). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/283>
- Pérez, F., Bautista, A., Salazar, M., & Macías, A. (Abril de 2014). Análisis del Flujo de tráfico vehicular a través de un modelo macroscópico. *DYNA*, 81(184), 2. Recuperado el 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405005.pdf>
- Ponce , H., & Pazmiño, G. (20 de Marzo de 2021). *Cálculo y diseño estructural del edificio de parqueaderos para el Complejo Ministerial del Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas*. Obtenido de Repositorio Dspace: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/23741>
- Salazar, C., & Del Castillo, S. (2018). *Fundamentos Básicos de Estadística* (Vol. I). Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13720/3/Fundamentos%20B%C3%A1sicos%20de%20Estad%3ADstica-Libro.pdf>
- Tapia, J., & Veizaga, R. D. (Septiembre de 2006). Apoyo Didáctico para La enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de Tráfico. Cochabamba, Bolivia.
- TRB. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*. Berkeley, California, United States: Transportation Research Council.
- Zurita, D., & Apolo, O. (Marzo de 2021). fotografía Intersección. Quito, Pichincha, Ecuador.
- AAHTO. (2001). <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/aashto-2001.pdf>.
- Aguirre, O. (2007). *Análisis de tráfico vehicular en una zona crítica de la ciudad de quito*. Quito.
- Aimsun. (s.f.). <https://www.aimsun.com/es/aimsun-next/>.
- Estefanía, G. (2015). *Análisis y Evaluación de Intersecciones urbanas*. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/aashto-2001.pdf>. (s.f.).
- <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/aashto-2001.pdf>. (s.f.).
- Juan Gabriel Tapia, Romel Daniel Veizaga . (Septiembre de 2006). Apoyo Didáctico para La enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Ingeniería de Tráfico. Cochabamba, Bolivia.
- Yadira, B. (2007). *Análisis y control de tráfico vehicular en zonas críticas de la ciudad de Quito, mediante Simulación*. Quito.

Anexos