



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN VEHICULAR EN
VÍAS URBANAS: AVENIDA COLÓN TINOCO ENTRE JUAN PALOMINO
Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA CIUDAD DE MACHALA**

**AGUILAR LUNA GISELLA GERALDINE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN
VEHICULAR EN VÍAS URBANAS: AVENIDA COLÓN TINOCO
ENTRE JUAN PALOMINO Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA
CIUDAD DE MACHALA**

**AGUILAR LUNA GISELLA GERALDINE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN
VEHICULAR EN VÍAS URBANAS: AVENIDA COLÓN TINOCO
ENTRE JUAN PALOMINO Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA
CIUDAD DE MACHALA**

**AGUILAR LUNA GISELLA GERALDINE
INGENIERA CIVIL**

MEDINA SANCHEZ YUDY PATRICIA

**MACHALA
2022**

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN VEHICULAR EN VÍAS URBANAS EN LA AVENIDA COLÓN TINOCO ENTRE JUAN PALOMINO Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA CIUDAD DE MACHALA

por Gisella Graldine Aguilar Luna

Fecha de entrega: 10-mar-2023 11:15a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2033977139

Nombre del archivo: Gisella_Aguilar_Luna-Tesis_-2022-2.pdf (3.97M)

Total de palabras: 26777

Total de caracteres: 120803

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN VEHICULAR EN VÍAS URBANAS EN LA AVENIDA COLÓN TINOCO ENTRE JUAN PALOMINO Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA CIUDAD DE MACHALA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	app.sni.gob.ec Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
4	biblat.unam.mx Fuente de Internet	1%
5	vdocuments.net Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	lpi.machala.gob.ec Fuente de Internet	1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, AGUILAR LUNA GISELLA GERALDINE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD VIAL Y CONGESTIÓN VEHICULAR EN VÍAS URBANAS: AVENIDA COLÓN TINOCO ENTRE JUAN PALOMINO Y CIRCUNVALACIÓN SUR DE LA CIUDAD DE MACHALA, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



AGUILAR LUNA GISELLA GERALDINE

0705524593

DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicar con mucho amor mi trabajo de titulación a mi papá Dios, quien ha sido fuente indispensable en mi vida, el motor que me ha impulsado a no rendirme, ya que sin él no hubiese podido lograr esto, así mismo, quiero dedicar mi trabajo a las personas que son la razón de mi vida, mi inspiración, a mi papi Moisés Aguilar y a mi mami María Luna, mis pilares fundamentales, quienes han estado conmigo, acompañándome y guiándome por el mejor camino sin importar la situación que se presente, quienes que con su apoyo incondicional e inalcanzable, con su amor, cariño, y motivación he podido avanzar y seguir cosechando nuevas experiencias y aprendizajes a lo largo de mi vida y de mi carrera estudiantil.

También dedico este trabajo a mi hermano Alex, que es el amor de hermano más bonito que tengo, quien siempre ha estado acompañándome con tanto cariño y motivación en mis nuevas experiencias y disfrutando cada una de ellas.

A mi gordito Thiaguito, por todo su apoyo, por acompañarme en mis días y noches de estudio, y por todo el amor que demuestra a su tía Gigita.

También dedico con mucho cariño mi trabajo a mis abuelitos maternos, a mi mamita Marina, y a mi ángel eterno, mi papito Gilberto Luna, a quien le faltó unos poquitos días más para verme alcanzar este tan anhelado sueño, pero que ha sido mi motivación desde el día uno, y finalmente, igual de importantes, a mis abuelitos paternos, mis dos ángeles Carmen Sánchez y Aurelio Aguilar que también les faltó vida para verme avanzar, ellos también han sido mi gran motivación desde siempre.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento es para Dios, quien con sus fuerzas, bendiciones y su fiel compañía he podido continuar y culminar mi carrera universitaria, por haberme otorgado a mi familia maravillosa que siempre han creído en mí, también agradezco infinitamente a las personas que son el amor de mi vida, mis padres, quienes que con arduo esfuerzo y valentía me lo han dado todo en la vida y me han apoyado incondicionalmente para que yo pueda seguir avanzando, mi guerrera madre, que lo ha dado todo por mí desde que empecé la primaria, ella, la mujer de mi vida, quien nunca ha dejado de estar pendiente de mí y siempre ha estado demostrando todo su amor hacia mí, y mi valiente padre que me ha demostrado tantas cosas maravillosas, tanto amor y que ha trabajado toda su vida para que nada me falte, mi total agradecimiento para ellos dos.

Agradezco mucho a mi querido hermano por su cariño, motivación y por su preocupación siempre hacia mí, dando impulso a mi superación académica, quien siempre ha estado junto a mí, apoyándome en todo momento.

Agradezco a mi familia, a mis tías, Rocío Luna, Victoria Aguilar y a mi tío Eduardo Echeverría, por todo su apoyo brindado hacia mí en los momentos difíciles, por todo su cariño y por su preocupación para que siga estudiando. Así mismo a mis tías, Deysi, Chabela y mi tío Marcelo.

Agradezco a mi mejor amigo, Billy, por su comprensión, consejos y cariño, quien sin esperar nada a cambio me ha brindado siempre su ayuda y apoyo incondicional cuando lo he necesitado.

Agradezco a mi mejor amiga, Vanessa, por sus ánimos, cariño, apoyo, consejos, compañía, amistad y por cada anécdota vivida a lo largo de la carrera.

A personas muy especiales en mi vida, Ronald, que con su motivación y cariño me ha ayudado a seguir esforzándome en esta etapa; María Elena, por su bonita amistad, amabilidad y apoyo en mis estudios; Fernando, por todo su cariño y ayuda desinteresada hacia mí, y a Kerly Roque.

Expreso mi agradecimiento profundo al Ing. Carlos Sánchez, por sus conocimientos brindados, por su importante colaboración, paciencia, por sus valiosos consejos y sobre todo por el apoyo que me ha brindado para la elaboración de este trabajo.

Un agradecimiento especial para mi tutora de tesis, Ing. Yudy Medina, por su inteligencia, amabilidad y por su gentil labor brindándome la orientación y ayuda necesaria para la realización de mi trabajo. Al Ing. José Peñafiel, por su aporte y colaboración en el desarrollo de mi tesis. Agradezco a todos los docentes de la facultad de ingeniería civil y a todas mis amistades que conocí allí, quienes me han ayudado de alguna manera a continuar.

Título: Análisis de la capacidad vial y congestión vehicular en vías urbanas en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur de la ciudad de Machala.

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en el análisis de la capacidad vial y congestión vehicular de dos intersecciones semaforizadas en la ciudad de Machala, Ecuador, con el propósito de determinar el índice de comodidad de los usuarios de todos los tipos de transporte en la zona de estudio. Las intersecciones analizadas fueron la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino y la Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur. La congestión en intersecciones urbanas se considera un problema global que afecta significativamente la movilidad, por lo que este trabajo pretende aportar información valiosa para su abordaje.

La metodología utilizada agregó el análisis de la geometría y señalización de las secciones viales analizadas, así como la realización de un conteo vehicular manual durante tres días de la semana, evitando cualquier evento inusual que pudiera sesgar los resultados del análisis. Además, se determinaron el volumen de flujo, la tasa de flujo de saturación, la capacidad de grupo de carriles, la relación volumen-capacidad, y las demoras por carriles y sentidos, con el fin de identificar la capacidad vial y el nivel de servicio en cada sección analizada.

A través de los resultados obtenidos, se pudo establecer que la primera intersección presentó una demora general de 75 segundos, lo que traduce en un nivel de servicio “E”, que indica una alta congestión vehicular y que la capacidad de la vía está sobresaturada debido a los tiempos de demora y a la tasa de flujo vehicular. De manera similar, se determinó que la segunda intersección respectivamente, presentó una demora general de 75 segundos, clasificándola también en un nivel de servicio “E”, lo que hace énfasis a la importancia de tomar medidas rápidas y efectivas para mejorar la movilidad en la zona de estudio.

Palabras clave:

Capacidad vial, nivel de servicio, congestión vehicular, aforos vehiculares, tránsito, intersecciones semaforizadas, demoras en intersecciones.

ABSTRACT

The present work focused on the analysis of the road capacity and vehicular congestion of two signalized intersections in the city of Machala, Ecuador, with the purpose of determining the comfort index of the users of all types of transport in the study area. The intersections analyzed were Avenida Colón Tinoco and Avenida Juan Palomino and Avenida Colón Tinoco and Avenida Circunvalación Sur. Congestion at urban intersections is considered a global problem that significantly affects mobility, so this paper aims to provide valuable information for its approach.

The methodology used added the analysis of the geometry and signaling of the analyzed road sections, as well as the performance of a manual vehicle count during three days of the week, avoiding any unusual event that could bias the results of the analysis. In addition, the flow volume, the saturation flow rate, the lane group capacity, the volume-capacity ratio, and the delays by lanes and directions were determined, in order to identify the road capacity and the level of service. in each section analyzed

Through the results obtained, it was possible to establish that the first intersection presented a general delay of 75 seconds, which translates into a level of service "E", which indicates a high vehicular congestion and that the capacity of the road is oversaturated due to the delay times and the rate of vehicular flow. Similarly, it was determined that the second intersection, respectively, presented a general delay of 75 seconds, also classifying it as an "E" service level, which emphasizes the importance of taking quick and effective measures to improve mobility in the traffic. study zone.

Keywords:

Road capacity, level of service, traffic congestion, vehicle capacity, traffic, signalized intersections, intersection delays.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE IMÁGENES	9
INTRODUCCIÓN	12
Importancia del tema	12
Actualidad de la problemática	12
Estructura del trabajo.....	12
CAPÍTULO I.....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Antecedentes	14
1.1.1. Ubicación.....	14
1.1.2. Geografía.....	15
1.1.3. Clima	15
1.1.3. Hidrología.....	16
1.1.4. Riesgos hidrológicos.....	16
1.1.4.1. Peligro de inundación	16
1.1.4.2. Amenaza de sequía	17
1.1.4.3. Amenazas sísmicas	18
1.1.4.4. Peligro de tsunami o maremoto.....	20
1.1.5. Población.....	22
1.1.5.1. Población por género	22
1.1.5.2. Población por área	22
1.1.5.3. Población y tasas de crecimiento intercensal de 2010-2001-1990 por género.....	23
1.1.5.4. Tasa de crecimiento anual 1990-2001, 2001-2010.....	23
1.1.5.5. Servicio eléctrico	24
1.1.5.6. Servicio de eliminación de basura.....	24
1.1.5.7. Servicio higiénico	25
1.1.5.8. Servicio de agua.....	25
1.1.5.9. Material de techo de viviendas.....	26
1.1.5.10. Población ocupada por rama de actividad	27

1.2.	Descripción de la Situación problemática	27
1.3.	Formulación del problema (Preguntas científicas).....	28
1.4.	Delimitación del objeto de estudio	29
1.5.	Justificación.....	29
1.6.	Objetivo general	29
1.6.1.	Objetivos específicos	29
CAPÍTULO II.....		31
2.	MARCO TEÓRICO	31
2.1.	Antecedentes históricos	31
2.2.	Antecedentes Conceptuales y referenciales	31
2.2.1.	Volumen de tráfico	31
2.2.2.	Nivel de servicio	32
2.2.3.	Niveles de servicio en vías:.....	32
2.2.4.	Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas:	33
2.2.5.	Densidad vehicular	37
2.2.6.	Flujo vehicular	37
2.2.7.	Congestión vehicular	37
2.2.8.	Capacidad u oferta del sistema vial.....	38
2.2.9.	Velocidad.....	38
2.2.10.	Tiempo.....	38
2.2.11.	Movilidad	39
2.2.12.	Semaforización	39
2.3.	Antecedentes contextuales	39
	APLICACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL VERSION 2000 (HCM 2000) EN UNA AUTOPISTA CHILENA	39
	ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍA PRINCIPAL EN GUAYAQUIL – ECUADOR.....	40
	ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN DIFERENTES INTERSECCIONES EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO, ECUADOR.....	40
	EVALUACIÓN DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR: AV. CASTRO BENÍTEZ Y VÍA PAJONAL, MACHALA-ECUADOR, AÑO 2016.....	41
CAPITULO III.....		42
3.	METODOLOGÍA	42
3.1.	Tipo de investigación.....	42
3.1.1.	Exploratoria	42
3.1.2.	Descriptiva.....	42
3.1.3.	De campo.....	42

3.1.4.	Explicativa.....	42
3.2.	Objeto de estudio.....	42
3.3.	Descripción de la población y muestra	43
3.3.1.	Población.....	43
3.3.2.	Muestra.....	43
3.4.	Métodos teóricos con materiales utilizados	44
3.5.	Métodos empíricos con los materiales utilizados.....	55
3.5.1.	Simulador	55
3.5.2.	Simulador AIMSUN.....	55
3.5.3.	Simulación microscópica.....	56
3.5.4.	Plan de recolección de información	56
CAPÍTULO IV.....		58
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	58
4.1.	Análisis de resultados	58
4.2.	Interpretación de datos.....	66
4.3.	Verificación de la hipótesis.....	71
4.4.	Propuesta de alternativa de solución.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		75
ANEXOS		80
ANEXO 1.	Memoria fotográfica.....	80
ANEXO 2.	Aforos vehiculares.....	84
ANEXO 2.	Clasificación vehicular	91
ANEXO 3.	Volúmenes vehiculares por hora.....	99

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1 Mapa vía satélite de la ciudad de Machala	14
Imagen N° 2 Principales inundaciones ocurridas en Ecuador desde 1980	17
Imagen N° 3 Nivel de amenaza por sequía por cantón en Ecuador	18
Imagen N° 4 Amenaza sísmica y tsunami en Ecuador	19
Imagen N° 5 Amenaza sísmica por cantón en Ecuador	20
Imagen N° 6 Mapa de Tsunami por cantón en Ecuador	21
Imagen N° 7 Clasificación de población ocupada por rama de actividad en el cantón Machala.....	27
Imagen N° 8 Intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino.....	28
Imagen N° 9 Intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur	28
Imagen N° 10 Niveles de servicio en intersecciones con semáforos	34
Imagen N° 11 Nivel de servicio A.....	34
Imagen N° 12 Nivel de servicio B.....	35
Imagen N° 13 Nivel de servicio C.....	35
Imagen N° 14 Nivel de servicio D.....	36
Imagen N° 15 Nivel de servicio E.....	36
Imagen N° 16 Nivel de servicio F	37
Imagen N° 17 Medición de tramo de vía de estudio	43
Imagen N° 18 Diagrama de tiempos en cuatro fases	55
Imagen N° 19 Fase I Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	60
Imagen N° 20 Fase II Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	60
Imagen N° 21 Fase III Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino.....	61
Imagen N° 22 Fase IV Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	61
Imagen N° 23 Fase I Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur	63
Imagen N° 24 Fase II Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur.....	63
Imagen N° 25 Fase III Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur	64
Imagen N° 26 Simulación de nivel de servicio en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.	69
Imagen N° 27 Simulación de nivel de servicio en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.....	70
Imagen N° 28 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.....	80
Imagen N° 29 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.....	80

Imagen N° 30 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	81
Imagen N° 31 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	81
Imagen N° 32 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	82
Imagen N° 33 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	82
Imagen N° 34 Congestionamiento vehicular en intersecciones	83
Imagen N° 35 Congestionamiento vehicular en intersecciones	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Clasificación de niveles de amenaza por sequía	17
Tabla N° 2 Clasificación de niveles de peligro sísmico	19
Tabla N° 3 Clasificación de niveles de peligro de Tsunami	21
Tabla N° 4 Clasificación por género de habitantes en Machala.....	22
Tabla N° 5 Clasificación de población por área urbana y rural	23
Tabla N° 6 Clasificación de población y tasas de crecimiento por género en el cantón Machala	23
Tabla N° 7 Clasificación de tasa de crecimiento anual 2001-2010, 1990-2010.....	24
Tabla N° 8 Clasificación de procedencia de servicio eléctrico	24
Tabla N° 9 Clasificación del servicio de eliminación de basura	25
Tabla N° 10 Clasificación del tipo de servicio higiénico o escusado.....	25
Tabla N° 11 Clasificación de procedencia principal del servicio de agua recibida.....	26
Tabla N° 12 Clasificación del tipo de material de techo en viviendas	26
Tabla N° 13 Niveles de servicio con relación a demoras en intersecciones semaforizadas	51
Tabla N° 14 Volúmenes máximos horarios vehiculares en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	58
Tabla N° 15 Volúmenes máximos horarios vehiculares en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.....	58
Tabla N° 16 Tiempos de distribución semafóricos	59
Tabla N° 17 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	62
Tabla N° 18 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino ...	62
Tabla N° 19 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur	64
Tabla N° 20 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur	64

Tabla N° 21 Niveles de servicios por sentidos e intersección en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino	65
Tabla N° 22 Niveles de servicios por sentidos e intersección en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur	66
Tabla N° 23 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	67
Tabla N° 24 Niveles de servicios en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino ..	67
Tabla N° 25 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur	68
Tabla N° 26 Niveles de servicios en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.....	68
Tabla N° 27 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	72
Tabla N° 28 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino ...	72
Tabla N° 29 Niveles de servicios por sentidos e intersección de alternativa en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.....	73
Tabla N° 30 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección de alternativas Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	73
Tabla N° 31 Niveles de servicios alternativos en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Principales parámetros climáticos del cantón Machala.....	15
Cuadro N° 2 Temperatura mensual, Estación Metereológica M291 – Granja Santa Inés - UTM.....	16

INTRODUCCIÓN

Importancia del tema

La congestión vehicular es un tema de suma importancia y uno de los principales problemas a los que se ven enfrentadas las ciudades en Ecuador, como actualmente es el caso de la Ciudad de Machala, ya que, a manera de ir desarrollándose la ciudad, va aumentando su población, por lo que, debido a diferentes razones y necesidades por parte de los ciudadanos al querer movilizarse, también se va incrementando numerosamente la presencia del parque automotor. (Peixoto et al., 2023) Es decir, mientras más desarrollo poblacional, mayor es el aumento de cifra de automóviles en la ciudad, provocando una desagradable saturación en la infraestructura de transporte. (Teixeira et al., 2021) Es por ello por lo que surge la necesidad de darle mayor importancia a temas como estos, los cuales conllevan a grandes consecuencias y un sinnúmero de desventajas al evadirlos, convirtiendo de la ciudad un lugar sin confort, así que, se ha tomado como objeto de estudio las intersecciones de la Avenida Colón Tinoco entre Avenida Juan Palomino y Circunvalación Sur, con el fin de obtener información necesaria que permita realizar el respectivo análisis para continuamente realizar propuestas que ayuden a mejorar la movilidad y el desarrollo urbano en la ciudad.

Actualidad de la problemática

Actualmente Machala se encuentra considerada como la cuarta ciudad más importante en Ecuador, según datos obtenidos en el censo 2010 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, la ciudad alberga aproximadamente el 1.72% (245972) de la población ecuatoriana, siendo también considerada como una ciudad productora y exportadora de banano, que está en constante desarrollo en el eje productivo, económico y social. Motivos por los cuales no resulta inaudito encontrarse con la presencia de inconvenientes con respecto a la congestión vehicular, ya que se refleja a diario la presencia de muchos vehículos tratando de transportarse por cuestiones de trabajo, de producción, de estudios, entre otros, por lo que la presencia de tráfico en estas situaciones genera momentos de incomodidad y malestar en los usuarios, debido al ruido, la contaminación ambiental, el retraso en tiempos de viaje, mayor gasto de combustible, entre otros efectos negativos que se producen al elevado flujo de tráfico, afectando la calidad de vida, salud y confort de los usuarios. (Mohammed Almatar, 2023)

Estructura del trabajo

En el primer capítulo, se presentan detalles relevantes acerca de la ciudad de Machala, y se ofrece una explicación detallada de la situación actual que está provocando insatisfacción entre

los usuarios, debido a la congestión vehicular, destacando tanto sus causas como sus efectos. Este análisis hace énfasis la relevancia crucial el tema en la actualidad.

En el capítulo II se presentan un recorrido detallado por los antecedentes históricos de la ciudad de Machala, con el propósito de contextualizar la idea de análisis que se plantea. En este sentido, se exponen datos relevantes que ayudan a comprender el origen y evolución de la ciudad, así como la situación actual que ha motivado el presente trabajo, haciendo hincapié en la problemática de la congestión vehicular y su impacto en los usuarios. Además, se presentan los antecedentes conceptuales y referenciales, que son esenciales para una mejor comprensión del enfoque y objetivos del estudio. En este apartado se incluyen conceptos claves relacionados con la movilidad urbana y su relación con el transporte y la planificación urbana, finalmente, se aborda el contexto actual del tema en estudio a nivel macro, meso y micro.

En el capítulo III se explica detalladamente la metodología empleada en el presente trabajo, mostrando los tipos de investigación utilizados. Además, se presenta el detalle de los métodos teóricos, que incluyen cada una de las fórmulas utilizadas en los cálculos para la obtención de los niveles de servicio y la relación volumen-capacidad, utilizando como referencia el Manual de Capacidad de Carreteras 2000. Por otro lado, se describen también los métodos empíricos utilizados, entre los cuales destaca la aplicación del software Aimsun para la realización de una simulación de tráfico en las dos intersecciones de análisis. En resumen, este capítulo proporciona una visión general de las herramientas y técnicas utilizadas en el estudio para la obtención de resultados precisos y confiables.

En el capítulo IV se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el capítulo III. Se detallan ordenadamente en tablas e imágenes los procesos necesarios para realizar un correcto análisis de los resultados y así poder interpretar los datos de manera efectiva. Adicionalmente, se presenta una propuesta de alternativa de solución para ayudar a mejorar el tránsito en las intersecciones. Y así, posteriormente, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado.

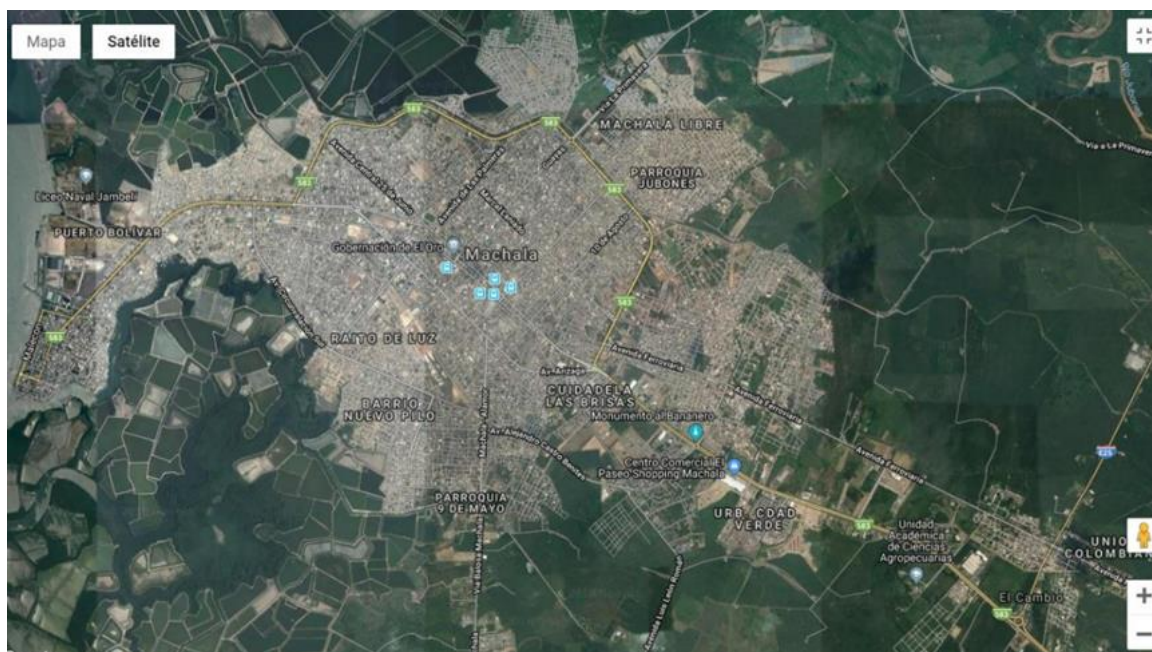
CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Machala es una ciudad de Ecuador en pleno desarrollo, reconocida como la cuarta ciudad más importante del país y también conocida como la Capital Bananera del Mundo. Fue fundada el 25 de junio de 1824 y es la capital de la provincia de El Oro. Está ubicada en una zona baja cerca del Golfo de Guayaquil, al sur de la costa ecuatoriana, tal como se puede ver en la imagen N°1. La ciudad se encuentra en una región agrícola rica en la producción de bananos, camarones y cacao. Su puerto exportador principal, Puerto Bolívar, es un importante motor económico de la ciudad, cuyas actividades económicas principales se relacionan con la producción el comercio y la exportación de estos productos.

Imagen N° 1 Mapa vía satélite de la ciudad de Machala



Fuente: Google Earth

1.1.1. Ubicación

Machala se encuentra en la costa ecuatoriana, en la parte suroeste del país, y es la cabecera cantonal de la provincia de El Oro. Es la ciudad más poblada de la provincia y su centro financiero, administrativo, económico y comercial. La ciudad cubre aproximadamente 37.275,24 hectáreas, que se dividen en siete parroquias: Puerto Bolívar, Jambelí, Jubones, Machala, 9 de Mayo, El Cambio y La Providencia. Además, cuenta con una parroquia rural llamada El Retiro. (*PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA*, 2019)

1.1.2. Geografía

Machala se encuentra en una zona baja cercana al golfo de Guayaquil, en el océano Pacífico, y anteriormente estaba separada de Puerto Bolívar, pero ahora se encuentran unidas. Se ubica en la parte occidental del archipiélago de Jambelí. Gracias a su ubicación geográfica y a su red vial extendida, tiene conexiones con otras ciudades del sur y oeste de Ecuador, como Guayaquil (a 182 km), Cuenca (a 169 km), Loja (a 239 km), Pasaje (a 20 km), Huaquillas (a 74 km), Durán (a 286 km), Milagro (a 163 km) y Santa Rosa (a 31 km), así como con ciudades del norte de Perú. (*PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA*, 2019)

1.1.3. Clima

Machala tiene un clima de tipo cálido tropical que se ve afectado por la corriente fría de Humboldt y la cálida corriente del Niño, lo que puede llevar a cambios de temperatura. Los datos del Instituto Geográfico Militar indican que la temperatura media anual del cantón varía entre los 24° y 26°C. (*PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA ACTUALIZACIÓN 2015 II CONTENIDO PÁGINA*, 2015) En los cuadros N°1 y N°2 se muestran los parámetros climáticos y temperaturas tomados de la estación meteorológica de la Granja Santa Inés – UTM respectivamente del cantón Machala.

Cuadro N° 1 Principales parámetros climáticos del cantón Machala

Parámetros Climáticos					
Precipitación media mensual	Precipitación media multianuales	Evaporación promedio mensual	Humedad relativa	Nubosidad	Temperatura media mensual
102 mm	621,8 mm	94 mm	75%	6-ago	24,0 °C

Fuente: Elaboración propia, Programa de reducción de desastres para el desarrollo sostenible en las ciudades de Piura y Machala, 2009.

Cuadro N° 2 Temperatura mensual, Estación Metereológica M291 – Granja Santa Inés - UTM

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						
		ABSOLUTAS				MEDIAS		
		Máxima	dia	Mínima	dia	Máxima	Mínima	Mensual
ENERO	84.5	33.4	5	21.0	23	30.6	22.2	25.9
FEBRERO	88.5					30.9	22.5	26.2
MARZO	135.1	32.6	4	21.0	6	31.0	22.7	26.3
ABRIL	145.8	34.0	22	21.3	9	32.4	22.9	26.9
MAYO	131.4	33.2	6			30.9	23.3	26.2
JUNIO	74.4	32.0	11	19.6	27	28.9	22.1	24.6
JULIO	96.1	31.0	11	20.2	18	28.3	21.7	24.1
AGOSTO	49.2					27.2	21.2	23.5
SEPTIEMBRE	51.4	30.0	22	20.0	2	27.4	21.3	23.6
OCTUBRE	37.6					26.8	21.0	23.1
NOVIEMBRE	36.6	30.6	9	20.0	13	28.0	21.7	24.0
DICIEMBRE	61.4			21.4	1	29.4	22.9	25.7
VALOR ANUAL	992.0					29.3	22.1	25.0

Fuente: INAMHI, 2012

1.1.3. Hidrología

El cantón Machala está atravesado por tres cuencas hidrográficas, siendo el río Jubones la cuenca más al norte, el río Buenavista al sur, y el río Motuche en el centro. Además, la ciudad está rodeada por varios esteros como El Macho, Huaylá, Santa Rosa, El Pechiche y Nuevo Pilo, formando parte de la cuenca baja del río Jubones. (PLAN DE CONTINGENCIA POR INUNDACIONES Machala: Municipio de Machala, 2009)

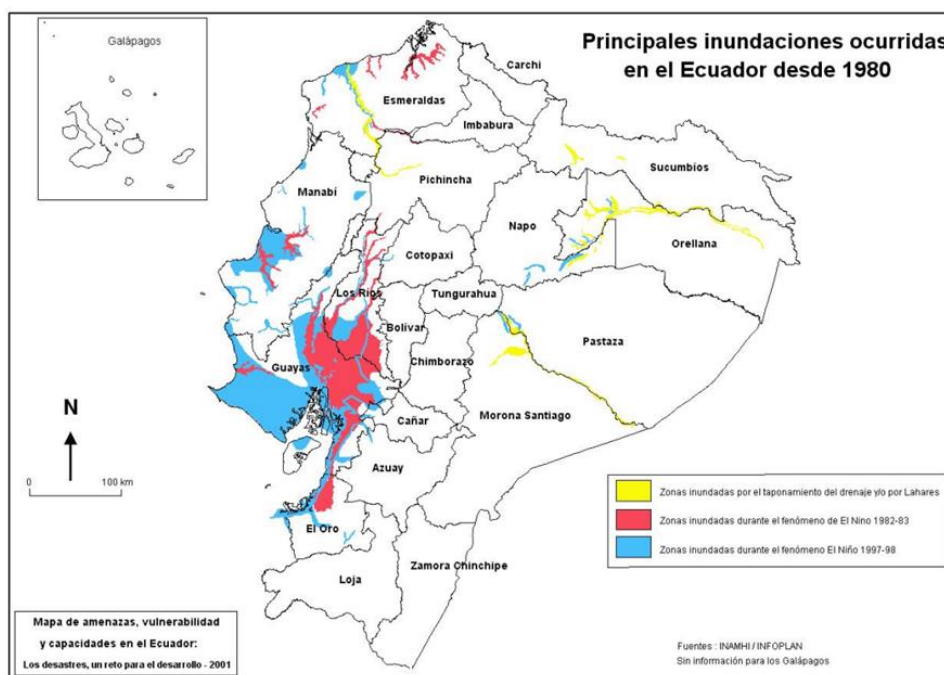
1.1.4. Riesgos hidrológicos

1.1.4.1. Peligro de inundación

La ciudad de Machala se encuentra clasificada con peligro de inundación grado 3, es decir, con mayor peligro de inundación. En la imagen N°2 se presentan las principales inundaciones ocurridas en Ecuador desde 1980 donde se especifica el tipo de inundación que ha ocurrido.

Las zonas de grado 3 son aquellas que experimentaron inundaciones en los dos eventos más recientes de El Niño (1982-83 y 1997-98), ya sea por el desbordamiento de ríos o por precipitaciones externas. (Demoraes, 2001)

Imagen N° 2 Principales inundaciones ocurridas en Ecuador desde 1980



Fuente: Demoraes, D’Ercole, 2001

1.1.4.2. Amenaza de sequía

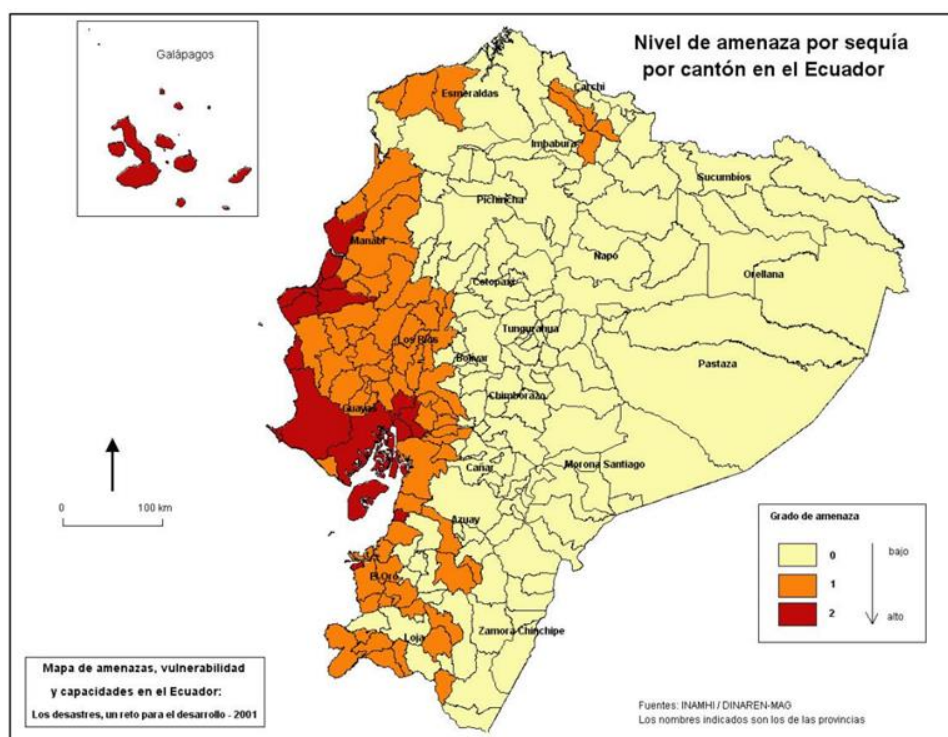
Según la evaluación de los déficits hídricos realizada por la DINAREN en colaboración con el INAMHI, se ha establecido una escala del 0 al 2 para medir el nivel de riesgo de sequía. (Demoraes, 2001) En la tabla N°1 se puede apreciar la clasificación de niveles de amenaza por sequía. La ciudad de Machala se ubica en el grado 1 de peligro de sequía, donde el riesgo medio de escasez de agua oscila entre 300 y 700 mm de déficit hídrico anual. Esta clasificación se basa en la evaluación de la DINAREN e INAMHI. El mapa N°3 refleja las áreas de secado registradas en las diferentes provincias.

Tabla N° 1 Clasificación de niveles de amenaza por sequía

Sequías	Valor
Fuerte potencial	2
Potencial medio	1
Potencial débil	0
Máximo	2
Mínimo	0

Fuente: Elaboración propia, Demoraes, D’Ercole, 2001

Imagen N° 3 Nivel de amenaza por sequía por cantón en Ecuador



Fuente: Demoraes, D'Ercole, 2001

1.1.4.3. Amenazas sísmicas

La amenaza sísmica es uno de los mayores riesgos naturales en el país, y como se puede ver en la tabla de eventos históricos en Ecuador, los sismos han sido los que más daños han causado. (Demoraes, 2001) Para evaluar el peligro sísmico en el cantón, se utilizan los niveles de amenaza física según la zonificación sísmica desarrollada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Se utiliza el mapa N°4 “Amenaza sísmica y de tsunami en el Ecuador” para identificar este tipo de riesgo, el cual se divide en cuatro zonas. La zonificación se basa en la aceleración máxima efectiva en roca esperada para el sismo de diseño y está expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. La zona I representa el menor riesgo y la zona IV el mayor riesgo. Se asigna a cada cantón un valor de acuerdo a la zona sísmica en la que se encuentra, variando de 0 para la zona I hasta 3 para la zona IV. En el mapa N°5 se muestran los niveles de amenaza sísmica para cada cantón en Ecuador.

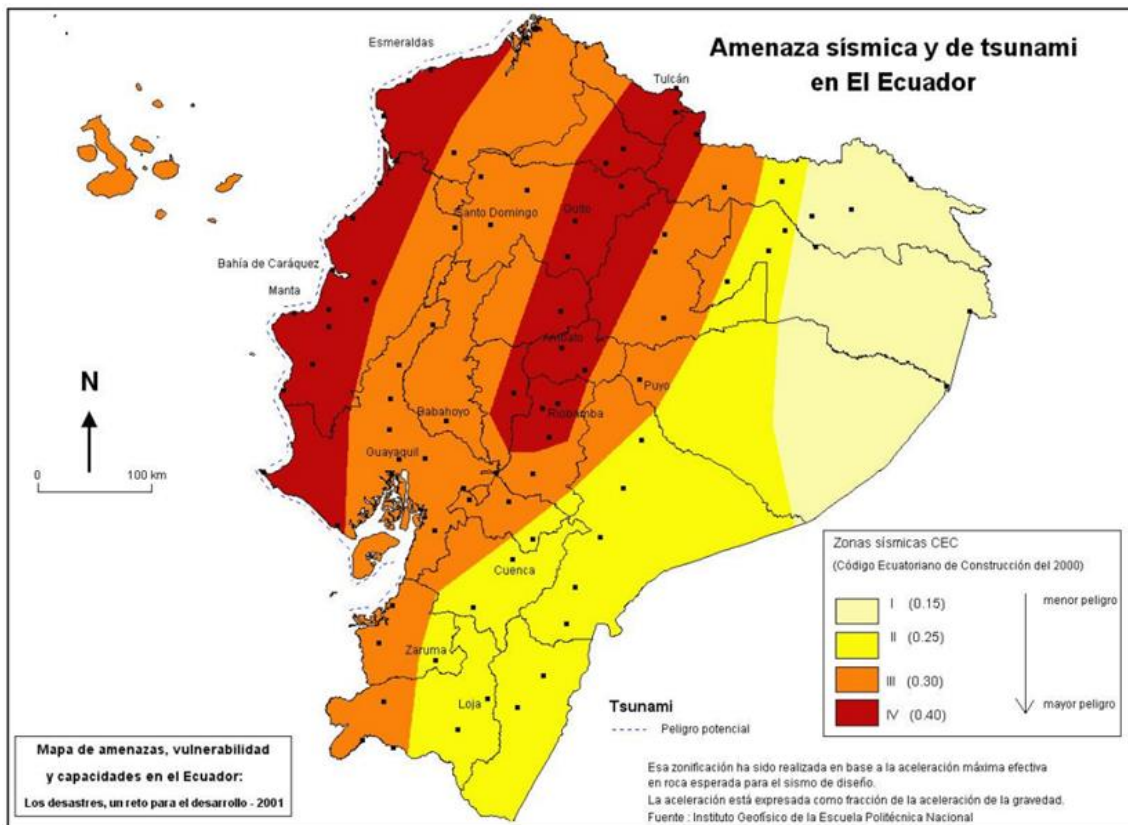
Para el presente caso, la ciudad de Machala ha sido clasificada en una ZONA III con un valor de 2 como se muestra en la tabla N°2, considerándola una zona con peligro sísmico alta.

Tabla N° 2 Clasificación de niveles de peligro sísmico

Peligro sísmico	Valor
Zona IV	3
Zona III	2
Zona II	1
Zona I	0
Máximo	3
Mínimo	0

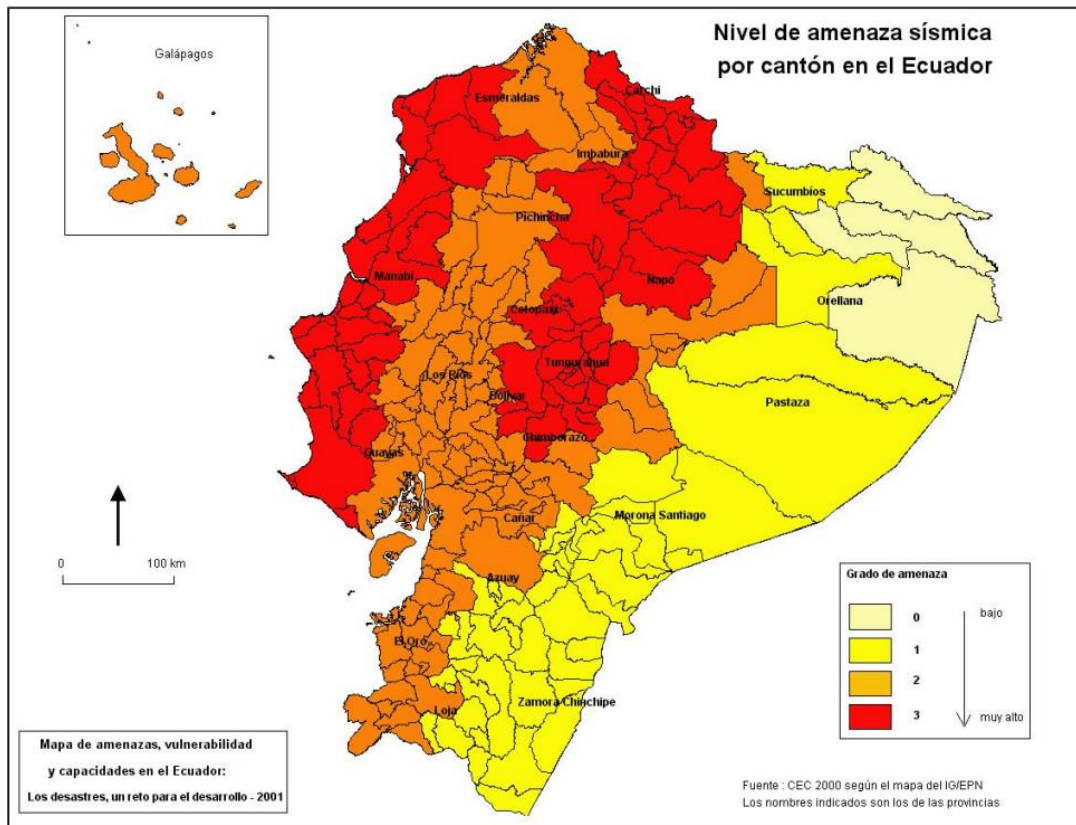
Fuente: Elaboración propia, Demoraes, D'Ercole, 2001

Imagen N° 4 Amenaza sísmica y tsunami en Ecuador



Fuente: Demoraes, D'Ercole, 2001

Imagen N° 5 Amenaza sísmica por cantón en Ecuador



Fuente: Demoraes, D'Ercole, 2001

1.1.4.4. Peligro de tsunami o maremoto

El riesgo de tsunamis está relacionado directamente con los terremotos en las regiones costeras. Para evaluar el peligro de tsunami, se empleó el mismo mapa utilizado para evaluar la amenaza sísmica, es decir, el mapa "Amenaza sísmica y de Tsunami en el Ecuador". (Demoraes, 2001) Se otorgaron valores de 0 a 2 en una escala para este tipo de evento, ya que solo hubo tres casos registrados, como se puede observar en la tabla N°3.

1. Los cantones ubicados en la zona sísmica IV y que tienen mayor grado de amenaza (3) en la costa fueron catalogados como cantones con el mayor peligro de tsunami (valor 2);
2. Se clasificó en la categoría de menor peligro (valor 1) a los cantones litorales ubicados en la zona sísmica III (con un grado de amenaza relativamente alto, es decir 2); y
3. A los cantones que no están situados en la costa se les asigna un valor de 0 en la evaluación de la amenaza de tsunami, debido a que no están expuestos a este tipo de eventos.

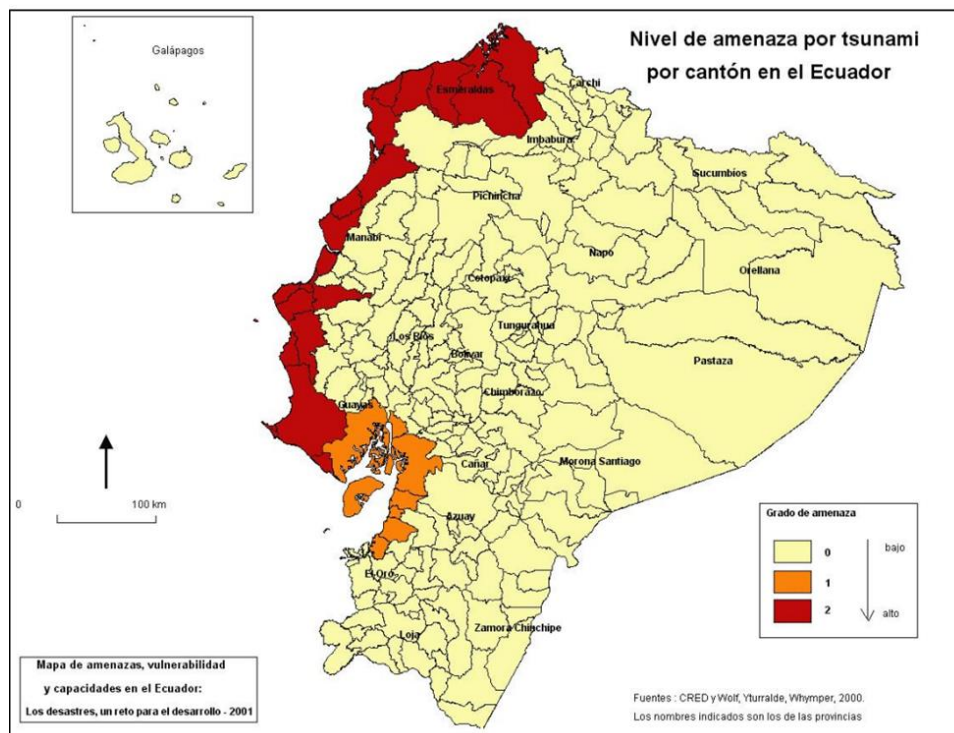
A partir de los criterios mencionados, se seguirá el Mapa N°6 denominado “Nivel de amenaza por tsunami por cantón en el Ecuador”. Se puede apreciar que los cantones que se ubican en la franja que va desde la provincia de Esmeraldas hasta la parte occidental de la provincia del Guayas, son los que presentan mayor exposición a los tsunamis. Por su parte, los cantones de la franja litoral restante, los ubicados en el estuario de la provincia de Guayas y los que se encuentran en la costa de la provincia de El Oro, presentan un grado medio de amenaza. Cabe destacar que el resto del territorio ecuatoriano no está expuesto a este tipo de eventos.

Tabla N° 3 Clasificación de niveles de peligro de Tsunami

Peligro de Tsunami	Valor
Zonas litorales las más sísmicas	2
Otras zonas litorales con peligro sísmico menor	1
Zonas no litorales	0
Máximo	2
Mínimo	0

Fuente: Elaboración propia, Demoraes, D’Ercole, 2001

Imagen N° 6 Mapa de Tsunami por cantón en Ecuador



Fuente: Demoraes, D’Ercole, 2001

1.1.5. Población

Según se presenta en la tabla N°4, en el censo realizado en 2010, la población de la ciudad era de 245.972 habitantes, lo que la sitúa como la quinta ciudad más habitada del país, después de Quito, Guayaquil, Santo Domingo y Cuenca.

Tomando datos de información censal que se realizó en el censo del año 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se obtiene los siguientes resultados:

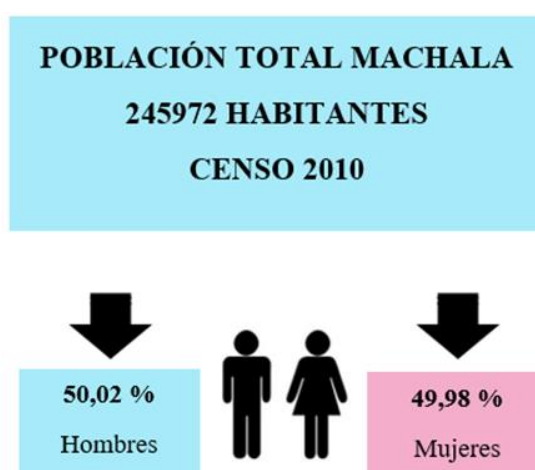
1.1.5.1.Población por género

Según resultados obtenidos del censo de población realizado en el año 2010, se tiene una población total de 245972 habitantes, de los cuales 122948 son mujeres y 123024 son hombres. (Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010 /, n.d.)

Tabla N° 4 Clasificación por género de habitantes en Machala

Cantón	Parroquia	GÉNERO		
		Hombres	Mujeres	Total
Machala	El retiro	2381	1985	4366
	Machala	120643	120936	241606
	Total	123024	122948	245972

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)



1.1.5.2.Población por área

Según los resultados del censo de población realizado en 2010 por el Instituto de Estadística y Censos (INEC), se registraron los datos de población por área para el cantón Machala,

dividiéndose en dos parroquias: El Retiro y Machala. La información incluye la cantidad de habitantes en áreas urbanas y rurales, detallada en la tabla N°5.

Tabla N° 5 Clasificación de población por área urbana y rural

Cantón	Parroquia	Área		
		Urbano	Rural	Total
Machala	El retiro	-	4366	4366
	Machala	231260	10346	241606
	Total	231260	14712	245972

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.3. Población y tasas de crecimiento intercensal de 2010-2001-1990 por género

Según resultados obtenidos en el censo 2010, se puede presentar los números de población con respecto a la tasa de crecimiento desde el año 1990, hasta el año 2010, en la tabla N°6 se puede apreciar la diferencia de incremento que se ha dado en el transcurso de los años, clasificando en población por género.

Tabla N° 6 Clasificación de población y tasas de crecimiento por género en el cantón Machala

Cantón	Parroquia	2010			2001			1990		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
Machala	El retiro	2381	1985	4366	2156	1690	3846	1718	1336	3054
	Machala	12064	1209	2416	10685	1069	2138	73117	72854	1459
	Total	12302	1229	2459	10901	1086	2176	74835	74190	1490
		4	48	72	1	85	96			25

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.4. Tasa de crecimiento anual 1990-2001, 2001-2010

Tomando en cuenta los datos presentados previamente, se presenta la tabla N°7 con las respectivas clasificaciones de tasas de crecimiento en porcentajes.

Tabla N° 7 Clasificación de tasa de crecimiento anual 2001-2010, 1990-2010

Cantón	Parroquia a	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990-2010		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
Machal	El retiro	1,10%	1,79%	1,41%	2,06%	2,14%	2,10%
a	Machala	1,35%	1,36%	1,36%	3,45%	3,49%	3,47%

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.5. Servicio eléctrico

En la tabla N° 8 se presenta el total de viviendas particulares con personas presentes clasificadas según la procedencia de luz eléctrica.

Tabla N° 8 Clasificación de procedencia de servicio eléctrico

PROCEDENCIA DE LUZ ELÉCTRICA						
Cantón	Parroquia	Red de empresa eléctrica de servicio público	Panel solar	Otro	No tiene	Total
	El retiro	1038	-	1	33	1074
Machala	Machala	61674	25	42	1059	63086
	Total	62712	25	43	1092	64160

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.6. Servicio de eliminación de basura

La tabla N°9 muestra el número total de viviendas ocupadas, en las que se realiza la eliminación de basura.

Tabla N° 9 Clasificación del servicio de eliminación de basura

ELIMINACIÓN DE LA BASURA								
Cantón	Parroquia	Por carro recolector	La arrojan en terreno baldío	La quema	La entierran	La arrojan al río, acequia	De otra forma	Total
Machala	El retiro	707	49	278	12	9	19	1074
	Machala	58188	749	2876	119	813	341	63086
	Total	58895	798	3154	131	822	360	64160

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.7. Servicio higiénico

La tabla N°10 muestra la cantidad total de viviendas particulares con la presencia de personas, clasificadas de acuerdo al tipo de servicio sanitario.

Tabla N° 10 Clasificación del tipo de servicio higiénico o escusado

Tipo de servicio higiénico o escusado							
Cantón	Parroquia	Conectado a red pública	Conectado a pozo	Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	Letrina	No tiene	Total
Machala	El retiro	248	499	191	15	121	1074
	Machala	47542	10186	3020	357	1981	63086
	Total	47790	10685	3211	372	2102	64160

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.8. Servicio de agua

La tabla N°11 muestra la cantidad total de viviendas particulares con presencia de personas, categorizadas según la fuente principal de suministro de agua.

Tabla N° 11 Clasificación de procedencia principal del servicio de agua recibida

Procedencia principal del agua recibida							
Cantón	Parroquia	De red	De pozo	De río, vertiente, acequia o canal	De carro	Otro (Agua lluvia/albarrada)	Total
Machala	El retiro	217	772	46	19	20	1074
	Machala	51793	5859	265	4401	768	63086
	Total	52010	6631	311	4420	788	64160

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.9. Material de techo de viviendas

Según datos obtenidos del INEC se presenta la clasificación del material de techo de las viviendas situadas en el cantón Machala, distribuyéndolas por parroquias como se muestra en la tabla N°12.

Tabla N° 12 Clasificación del tipo de material de techo en viviendas

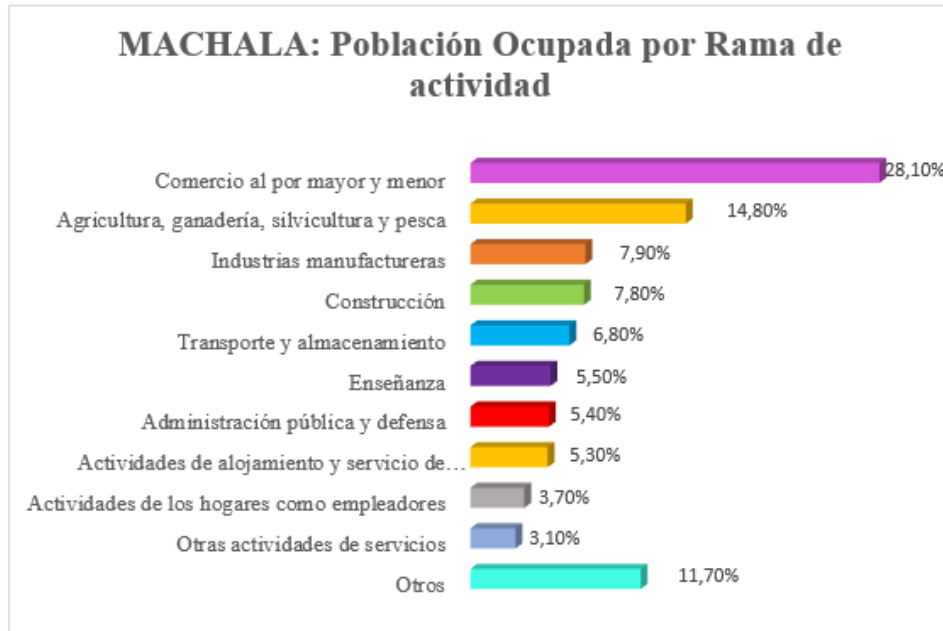
Material de techo o cubierta								
Cantón	Parroquia	Hormigón (losa, cemento)	Asbesto (eternit, eurolit)	Zinc	Teja	Palma, paja u hoja	Otros materiales	Total
Machala	El retiro	99	148	818	5	3	1	1074
	Machala	16418	12068	33694	734	45	127	63086
	Total	16517	12216	34512	739	48	128	64160

Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.1.5.10. Población ocupada por rama de actividad

Se han tomado datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) para poder clasificar a la población según la rama de actividad a la que se dedican, en la imagen N°7 se muestra la respectiva clasificación.

Imagen N° 7 Clasificación de población ocupada por rama de actividad en el cantón Machala



Fuente: Elaboración propia (Instituto Nacional de Estadística y Censos)

1.2. Descripción de la Situación problemática

La congestión vehicular se está incrementando por el efecto del parque automotor, lo cual provoca un desorden vehicular y un gran aumento de contaminación de CO₂ en el ambiente, afectando de diferentes maneras a la población.

El aumento de la capacidad de carga en la carpeta vial por el inadecuado diseño con proyección para el parque automotor para estas carreteras puede producir daños a la estructura vial, provocando malestar a los usuarios.

Debido a que la ciudad está creciendo también se encuentran rutas que no están adecuadas a esos cambios, por lo que no se cuenta con una señalización o se presenta de forma inadecuada, lo cual provoca demoras de tránsito en la entrada y salida de vehículos de los usuarios en la ciudad.

Debido a todos estos problemas que se han detectado se puede decir que el problema central es el siguiente, los habitantes de la ciudad de Machala reciben inadecuadamente un servicio de movilidad urbana en la ciudad de Machala.

Imagen N° 8 Intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 9 Intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur



Fuente: Elaboración propia

1.3. Formulación del problema (Preguntas científicas)

1. ¿Cuál es el nivel de la capacidad vial y congestión vehicular en la vía urbana Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur?
2. ¿Cuáles son los factores que permiten un análisis de movilidad urbana en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur?
3. ¿Cuáles son las características de la capacidad vial y congestión vehicular en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur que permita un adecuado servicio de movilidad urbana a los habitantes de la ciudad de Machala?
4. ¿Cuál es el nivel de servicio en la vía urbana Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur?

1.4. Delimitación del objeto de estudio

Capacidad vial y congestión vehicular en vías urbanas en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur de la ciudad de Machala.

1.5. Justificación

En los últimos años, el comercio interregional ha experimentado un aumento en el país, lo que ha llevado a los gobiernos a la necesidad de instaurar y crear uniones viales para permitir una comunicación adecuada entre las diferentes ciudades del país y el transporte eficiente de los productos diarios. Además, considerando que Machala es conocida como la Capital Bananera del Mundo y tiene una gran cantidad de productos que exportan, la ciudad está en constante movimiento y es importante la movilidad de las ciudades que acuden a la ciudad por diversas necesidades. (Keith et al., 2022)

Las ciudades grandes en constante expansión y movimiento presentan situaciones complejas, que resultan difíciles de resolver, entre las cuales se encuentra la alta densidad poblacional en espacios geográficos limitados y sin opciones de ampliar el área urbana. (Chellapilla et al., 2023a)

El atasco vehicular ha traído un sinnúmero de inconvenientes que se presentan de manera constante en las diferentes ciudades a nivel mundial. (Loo & Huang, 2022) Es por ello, que en el presente trabajo se pretende realizar el análisis de capacidad vial y congestión vehicular en el tramo de la Avenida Colón Tinoco entre Avenida Juan Palomino y Circunvalación Sur, al ser puntos de gran importancia en la ciudad de Machala por ser vías principales de entrada y salida a la ciudad, convirtiéndolas en vías muy transitadas por diferentes tipos de vehículos que se transportan a diario en las mencionadas avenidas.

1.6. Objetivo general

Analizar el nivel de la capacidad vial y congestión vehicular mediante métodos técnicos que permitan un adecuado servicio de movilidad urbana a los habitantes de la ciudad de Machala en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur.

1.6.1. Objetivos específicos

- ✓ Fundamentar conceptualmente los factores de la movilidad urbana a través de la revisión de fuentes bibliográficas que permita la evaluación de la capacidad vial y congestión vehicular en vías urbanas.

- ✓ Evaluar la capacidad vial y congestión vehicular mediante los métodos y técnicas de movilidad en vías urbanas en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur.
- ✓ Analizar el nivel de servicio mediante la interpretación de los resultados de la capacidad vial y congestión vehicular en la vía urbana Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes históricos

Anteriormente en la ciudad de Machala nunca se tomaba en consideración la capacidad vial por el número de vehículos con el que fueron diseñadas las calles de la ciudad, por lo que en la actualidad al ver el incremento del parque automotor es indispensable medir el nivel de servicio de las calles debido al alto grado de congestión con el que se vive. “En la predicción del flujo de tráfico, el estado del tráfico futuro de un nodo está influenciado por sus datos de tráfico históricos y sus vecinos” (Zhu et al., 2023)

La teoría del flujo de tráfico estudia las interacciones entre los viajeros (peatones, ciclistas, conductores y sus vehículos) y la infraestructura (carreteras, señalización y dispositivos de control de tráfico); Su propósito consiste en entender y establecer una red de transporte ideal que permita una circulación eficiente del tráfico y reduzca al mínimo los problemas de congestión vehicular. (WARDROP, 2015)

Las ciudades se consideran organismos dinámicos, con notables transformaciones a lo largo del tiempo, incluida su estructura espacial, y el transporte se convierte en un elemento clave en estas transformaciones. Los sistemas de transporte están fuertemente ligados al crecimiento y desarrollo de las ciudades con un papel en la organización y estructuración del espacio urbano. (Das et al., 2019),(Impedovo, Balducci, et al., 2019) El incremento acelerado de automotores de carreteras se ha visto reflejado en el aglomeramiento de tráfico y accidentes. (Saleem et al., 2022)

“El crecimiento poblacional de una ciudad genera un crecimiento del parque automotor y, a falta de una política de ordenamiento del sistema de transporte, zonas con mayor nivel de congestión”. (Pinto et al., 2019)

2.2. Antecedentes Conceptuales y referenciales

2.2.1. Volumen de tráfico

Este indicador se refiere al flujo vehicular que transita en ambas direcciones por un punto de control determinado en una vía en un periodo de tiempo específico, ya sea por una hora, día o semana, y se le clasifica como tráfico horario, diario o semanal, según corresponde. (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO PORTADA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES Resolución de Problema Profesional, n.d.) “El volumen de tráfico es el factor más común

asociado con la frecuencia de accidentes de tránsito. El uso de medidas de volumen agregado puede conducir a una predicción sesgada de las frecuencias de accidentes” (Ahmed et al., 2021)

La estimación del volumen de tráfico es fundamental para la ingeniería de transporte. El volumen de tráfico persistente revela la cantidad de tráfico central y estable en las ubicaciones de interés, lo que es significativo para muchas aplicaciones de transporte, como el sistema de guía de flujo de tráfico. (Yang et al., 2021) “La estimación del flujo de tráfico es necesaria para las tareas de gestión de la infraestructura vial, como la planificación, el enrutamiento y la navegación del desarrollo vial” (Kumar et al., 2022)

2.2.2. Nivel de servicio

El concepto de nivel de servicio está destinado a reflejar la percepción del usuario de la calidad del servicio prestado por una instalación o servicio de transporte. Aunque el nivel de servicio de tránsito rápido de autobuses ha recibido una atención considerable, el número de niveles de servicio de autobuses que un usuario puede percibir aún no está claro. (Huo et al., 2022)

El nivel de servicio se utiliza para definir la condición de tráfico operativo dentro de un flujo de tráfico en términos de calidad de servicio que una instalación está proporcionando a su usuario. (Pandey & Biswas, n.d.)

El Nivel de Servicio es una medida de calidad que requiere la aplicación de medidas cuantitativas para determinar las características de las condiciones de operación en el flujo de tránsito y es posible evaluarlo utilizando medidas de desempeño que consideran aspectos como la velocidad y duración del viaje, la facilidad para realizar maniobras, la interrupción del tráfico y la comodidad para los usuarios. (Ruata Aviles et al., 2018)

El manual de capacidad de carreteras HCM 2000 establece seis niveles de servicio que se identifican por letras, desde el nivel A que indica un flujo de tráfico libre hasta el nivel F que indica una congestión del tráfico muy alta. (Ruata Aviles et al., 2018)

2.2.3. Niveles de servicio en vías:

2.2.3.1. Nivel de servicio A

Este nivel de servicio es el más favorable para la circulación vehicular dentro de un sistema vial, ya que se caracteriza por tener un libre flujo, sin congestionamiento alguno, permitiendo a los conductores determinar la velocidad más conveniente, además de maniobrar dentro del tránsito. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

2.2.3.2.Nivel de servicio B

Este nivel está caracterizado por un flujo estable, considerando que ya se empieza a observar la presencia de otros automóviles, a pesar de esto, los conductores aún pueden ir a la velocidad que más sea conveniente para ellos, reduciendo la libertad de maniobrar, con respecto al nivel A.

2.2.3.3.Nivel de servicio C

Es un nivel en donde aún se presenta un flujo estable, pero a diferencia del nivel anterior, aquí ya la presencia de otros vehículos empieza a afectar el proceder del usuario; por lo que en este nivel ya afecta la elección de velocidad, y notablemente se empieza a perder la comodidad en los usuarios.

2.2.3.4.Nivel de servicio D

Se presenta la presencia de una alta densidad, aun teniendo un flujo estable en el sistema vial. Aquí el usuario ya no es libre de elegir la velocidad más conveniente, y se encuentra en un nivel bajo de comodidad.

2.2.3.5.Nivel de servicio E

En este nivel, se empiezan a presenciar que las velocidades de los automóviles comienzan a disminuir mayormente, siendo aun uniformes, pero en estas índoles, el sistema vial se encuentra cerca de llegar a su capacidad para la cual ha sido diseñada. Por lo que en los usuarios se refleja gran incomodidad y momentos desagradables.

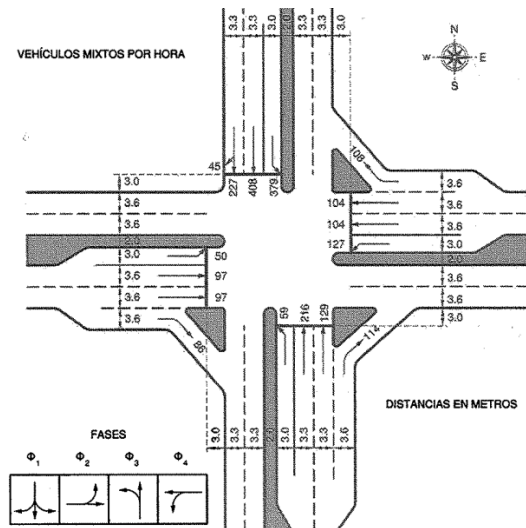
2.2.3.6.Nivel de servicio F

Este nivel es el menos agradable para los conductores en general, debido a que la congestión vehicular ya se hace presente, reflejando un flujo mayormente congestionado y forzado, provocando que el aglomeramiento supere la capacidad de la vía, generando largas filas de carros.

2.2.4. Niveles de servicio en intersecciones semaforizadas:

El nivel de servicio de una intersección controlada por semáforos se determina por las demoras que experimentan los usuarios al cruzarla. Estas demoras representan el tiempo que pierden los usuarios en el viaje, como la pérdida por consumo excesivo de combustible, además del malestar y frustración. El nivel de servicio se mide en términos de la demora promedio por vehículo durante un periodo de 15 minutos, el cual se considera como el periodo de máxima demanda. (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

Imagen N° 10 Niveles de servicio en intersecciones con semáforos



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

2.2.4.1. Nivel de servicio A

Se entiende como nivel “A” a la operación que registra demoras muy bajas, inferiores a 10 segundos por vehículo, se caracteriza porque la mayoría de los vehículos llegan durante la fase en verde del semáforo y no necesitan detenerse completamente. Se puede lograr minimizar las demoras mediante la implementación de ciclos cortos. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 11 Nivel de servicio A



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.4.2. Nivel de servicio B

En este nivel de servicio se tiene a la operación que registra demoras entre 10 y 20 segundos por vehículos, además, se caracteriza porque los automóviles suelen empezar a detenerse. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 12 Nivel de servicio B



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.4.3. Nivel de servicio C

Se refiere a la operación que presenta retrasos que oscilan entre 20 y 35 segundos por vehículo, y aunque el flujo del tráfico es constante, se observa que algunos ciclos empiezan a presentar problemas. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 13 Nivel de servicio C



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.4.4. Nivel de servicio D

Se define como el nivel de servicio cuya operación registra retrasos de entre 35 y 55 segundos por vehículo, los cuales pueden ser consecuencia de diversos factores como una progresión inadecuada del tráfico, llegadas a la fase roja, ciclos demasiado largos o relaciones volumen-capacidad elevadas. Esto provoca que muchos vehículos deban detenerse, acentuándose la presencia de ciclos problemáticos. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 14 Nivel de servicio D



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.4.5. Nivel de servicio E

Hace referencia al nivel cuya operación registra demoras que oscilan entre 55 y 80 segundos por vehículo, lo cual se considera como el límite aceptable de demoras. Estos se deben a una progresión deficiente del tráfico, ciclos demasiados prolongados y relaciones volumen-capacidad muy altas. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 15 Nivel de servicio E



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.4.6. Nivel de servicio F

En este nivel se presentan demoras que superan los 80 segundos por vehículo, lo cual indica que los flujos de llegada superaron la capacidad de acceso de la interrupción, mostrando congestión y una operación saturada. (Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Imagen N° 16 Nivel de servicio F



Fuente: Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2018)

2.2.5. Densidad vehicular

La densidad representa la proximidad entre los vehículos en la corriente de flujo y revela la facilidad para realizar maniobras dentro del flujo, así como el nivel de comodidad psicológica de los usuarios. También es la medida de desempeño adoptada para segmentos básicos de autopistas y carreteras de doble carril y cuanto menor sea la densidad, mejor será la calidad del servicio; a mayor densidad, peor calidad de servicio. (Das et al., 2019)

2.2.6. Flujo vehicular

El flujo vehicular está dado por la cantidad de vehículos que se transportan a lo largo de una carretera por la unidad de tiempo expresado como: vehículo/hora/carril. “Si consideramos las carreteras, el flujo de tráfico generalmente está limitado a lo largo de un camino unidimensional (por ejemplo, un carril de circulación)”. (Impedovo, Dentamaro, et al., 2019) “El creciente volumen del flujo de tráfico ha afectado el desarrollo sostenible de las ciudades” (Medina-Salgado et al., 2022)

2.2.7. Congestión vehicular

La congestión vehicular se refiere a una gran cantidad de vehículos en una vía que se mueven de manera lenta e inestable. Es la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en las hora punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible. En circuitos de transporte por carreteras este tema se convierte en un grave problema constante en las principales vías de las ciudades en general. (Chellapilla et al.,

2023b) (Sarango & Díaz, n.d.) La congestión del tráfico es un problema global que desafía el desarrollo de un sistema de transporte resistente y sostenible. (Afrin & Yodo, 2020) La gravedad de la con gestión de tráfico en zonas muy transitadas, como entradas y salidas de una ciudad son mucho más preocupantes como barreras destructivas. (Fattah et al., 2022)

El aumento de población, dando como consecuencia el incremento del parque automotor, la carencia de señalizaciones horizontales y verticales, la insuficiencia de construcción de vías alternas y su falta de mantenimiento son razones por las cuales se suelen presentar atascos automovilísticos reflejando impactos negativos tanto para las redes de carreteras como para los usuarios que transitan diariamente en las vías. (Ziad et al., 2020a)

2.2.8. Capacidad u oferta del sistema vial

Se refiere a la capacidad máxima de vehículos que pueden transitar por un punto determinado durante un periodo de tiempo determinado, teniendo en cuenta factores como la infraestructura vial, las condiciones del tráfico y el control de tráfico, es decir, cualquier condición que pueda afectar la capacidad del sistema. (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007) (Ziad et al., 2020a) Para realizar un correcto proyecto de evaluación, planificación y dimensionamiento vial se requiere de manera indispensable determinar su capacidad de sistema de carretera. (Por et al., 2018)

2.2.9. Velocidad

El concepto se refiere a la proporción entre el espacio recorrido por un vehículo y el tiempo empleado para hacerlo. (Alvarenga Rodríguez, 2021) La velocidad de circulación es una variable crucial que permite medir el grado de congestión vehicular presenta en una vía. Cuando no hay vehículos circulando, la velocidad de circulación se considera como la velocidad máxima permitida en la vía. A medida que los vehículos empiezan a circular, la velocidad de circulación estimada para recorrer la calle será similar a la de los demás vehículos que se encuentran en la carretera. (Campoverde Borja, 2017)

2.2.10. Tiempo

Se refiere al tiempo que tarda un vehículo en recorrer una determinada distancia en una vía establecida, y se puede calcular dividiendo la distancia recorrida por la velocidad de circulación del vehículo. (Campoverde Borja, 2017)

La molestia en los usuarios con respecto al tiempo, es que el tráfico evita tener un flujo libre, prolongando los tiempos en sus viajes y retardando su hora de llegada. (Ma et al., 2023)

2.2.11. Movilidad

Se entiende por movilidad a la capacidad que tienen las personas para desplazarse o transportarse de forma autónoma de algún sitio a otro, actualmente se lo considera formidablemente útil y necesario en su diario vivir. (Valenzo Jiménez et al., 2019)

2.2.12. Semaforización

Los dispositivos de señales de tránsito más conocidos como “semáforos”, juegan un papel muy importante en el sistema global de tráfico, por su ardua labor de controlar, regular y brindar una mejor circulación, tanto peatonal, como vehicular, de manera más competente y segura. (Wágner et al., 2023) (Papageorgiou, 2004)

Estos dispositivos de control son considerados como herramientas muy significativas al momento de transportarse, ya que permite el paso a los usuarios de circular libremente por el camino que se crea más conveniente y mejor considerado para llegar a sus destinos, respetando el tiempo de cruce para cada carril. (Scandella et al., 2022)

Los semáforos se sitúan en intersecciones de las carreteras, brindando lentes de colores comprendidos entre rojo, amarillo y verde, cuyo significado indica el momento en el conductor o peatón debe parar, tener precaución y avanzar, respectivamente. (di Stasi et al., 2022)

En la actualidad, debido al gran avance y progreso de las ciudades a nivel mundial, el uso y cantidad de semáforos ha aumentado continuamente, dando paso inmediatamente a la necesidad de realizar una clasificación de cada una de las intersecciones semaforizadas, con el fin de clasificar las intersecciones por categorías viales, del mismo modo, evaluando los tiempos de cada semáforo, y analizar si son los más adecuados para el trayecto, esperando mejorar la condición del tránsito vehicular. (Builenko et al., 2018)

A medida que la relación vehículo-capacidad se aproxima a un nivel máximo sostenible, es cuando se busca una mejor alternativa, la misma que brinde un resultado más conveniente, es decir, se vuelve relevante el optimizar la configuración de los semáforos. (Boon et al., 2023)

2.3. Antecedentes contextuales

APLICACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL HIGHWAY CAPACITY MANUAL VERSION 2000 (HCM 2000) EN UNA AUTOPISTA CHILENA

Guillermo Thenoux, Soledad Lastra F.

El artículo muestra los resultados de un estudio realizado en la Autopista del Sol, una autopista interurbana, utilizando la última versión del Manual de Capacidad de Carreteras (HCM 2000).

Los resultados del estudio permitieron crear herramientas de calibración y un modelo preliminar para analizar el funcionamiento de las autopistas chilenas, y también compararlos con el modelo propuesto por el Manual de Capacidad de Carreteras 2000. Los análisis mostraron que los segmentos de las autopistas chilenas diseñados según los estándares internacionales pueden evaluarse utilizando la metodología de la nueva edición del manual, aunque se recomienda realizar ajustes adecuados al modelo de velocidad-intensidad. (Thenoux & Lastra, 2004)

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR PARA EL MEJORAMIENTO DE VÍA PRINCIPAL EN GUAYAQUIL – ECUADOR

Tarek Ziad, Ashhad Verdezoto; Fausto Felix, Cabrera Montes; Olga Beatriz, Roa Medina.

En este artículo se exponen posibles soluciones para resolver el problema de movilidad en la Avenida Pedro Menéndez Gilbert, la cual es una de las principales vías en la ciudad de Guayaquil y está diseñada para soportar una capacidad de 9000 vehículos por hora. Para obtener datos, se obtuvo el método de recolección de información mediante la observación de campo en las intersecciones de entrada y salida a lo largo de un trayecto de 900 metros de longitud. Durante una semana se realizaron conteos manuales con la respectiva categorización de los vehículos, así como también se registraron los tiempos de reparto y de semaforización. A partir de los resultados obtenidos, se verificó que las principales causas del congestionamiento son la distribución de los tiempos de reparto del ciclo semafórico y el bloqueo generado por los autobuses alimentadores y colectores de la Metrovía, como consecuencia, se identificó una posible solución principal, que consiste en la actualización y ajuste del sistema semafórico, así como también en la apertura de una vía de salida preexistente anterior a la intersección y el correspondiente control del bloqueo producido por los vehículos de la Metrovía. (Ziad et al., 2020b)

ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN DIFERENTES INTERSECCIONES EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO, ECUADOR

Katherine Abata; Freddy Artega; Daniel Delgado

En este artículo se llevó a cabo un análisis de la congestión del tráfico en varias intersecciones de la ciudad de Portoviejo, Manabí, Ecuador, con el objetivo de desarrollar estrategias que puedan reducir los efectos negativos del tráfico actual. Para lograr esto, se realizaron conteos manuales durante cinco días a la semana. A través de los datos recopilados, se identificó la

distribución modal del transporte de vehículos clasificados como “livianos” y se concluyó que estos vehículos son la principal causa de congestión en el tráfico. (Abata et al., 2022)

EVALUACIÓN DE LA CONGESTIÓN VEHICULAR: AV. CASTRO BENÍTEZ Y VÍA PAJONAL, MACHALA-ECUADOR, AÑO 2016

Oyola, E; Berrú, J; Romero, E; Carrión, L; Aguirre, F; Tacuri, M.

En el presente trabajo se procedió a evaluar la congestión vehicular en la intersección de las Avenidas Alejandro Castro Benítez y Avenida Pajonal en la ciudad de Machala, provincia de El Oro. Estas vías son utilizadas como entrada y salida de la ciudad, pero carecen de señales, tanto verticales, como horizontales. La metodología empleada fue la observación en campo, se llevó a cabo conteos manuales de vehículos durante doce horas diarias, durante tres días, para obtener un volumen de dirección de recorrido. Estos datos se procesaron continuamente utilizando el método analítico HCM 1985 y se modelaron en el programa SYNCHRO 8.0. Al final, se redujo que el nivel de servicio de la conexión fue clasificado como tipo F, indicando un congestionamiento vehicular severo. (Oyola Estrada et al., 2017)

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Exploratoria

Se utiliza este tipo de investigación porque se inicia a través de recolección información necesaria previo a la delimitación de la zona de estudio sobre el tema a tratar para luego realizar el respectivo análisis generando hipótesis con el fin de obtener resultados más profundos y alcanzar conclusiones veraces.

3.1.2. Descriptiva

En este trabajo se describirán los componentes principales para el análisis, señalando características como clasificación de vehículos, sus velocidades y demás propiedades necesarias para continuar con el trabajo.

3.1.3. De campo

Luego de realizar las respectivas observaciones en el lugar de estudio se pretende realizar trabajos de campo realizando aforos vehiculares que permitan determinar el nivel de servicio en las intersecciones en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur.

3.1.4. Explicativa

Permitirá realizar la comprensión amplia y equilibrada sobre el análisis mediante los resultados alcanzados durante las labores de campo (aforos vehiculares), permitiendo verificar hipótesis planteadas.

3.2. Objeto de estudio

Machala es la capital de la provincia de El Oro, situada en la región suroeste del país. Según el censo llevado a cabo por el INEC en 2010, la población de la ciudad es de alrededor de 245.972 habitantes, con una distribución de género casi equitativa: 123.024 hombres (50.02%) y 122.948 mujeres (49.98%). (*Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010* /, n.d.) Es reconocida como la cuarta urbe más relevante del Ecuador, y la localidad con mayor número de habitantes en la provincia de El Oro, siendo el epicentro de su actividad administrativa, económica, financiera y comercial. La ciudad ocupa una superficie aproximada de 37.275,24 hectáreas, que se divide en siete parroquias urbanas: La Providencia, Puerto Bolívar, Jambelí, Jubones, Machala, 9 de Mayo, y El Cambio y una parroquia rural llamada El Retiro. (*PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA*, 2019)

El presente trabajo pretende realizar un análisis sobre la capacidad vial y congestión vehicular en la Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur, tramo de vías muy circuladas ubicadas al sur de la ciudad de Machala, formando parte también de entrada y salida a la ciudad.

3.3.Descripción de la población y muestra

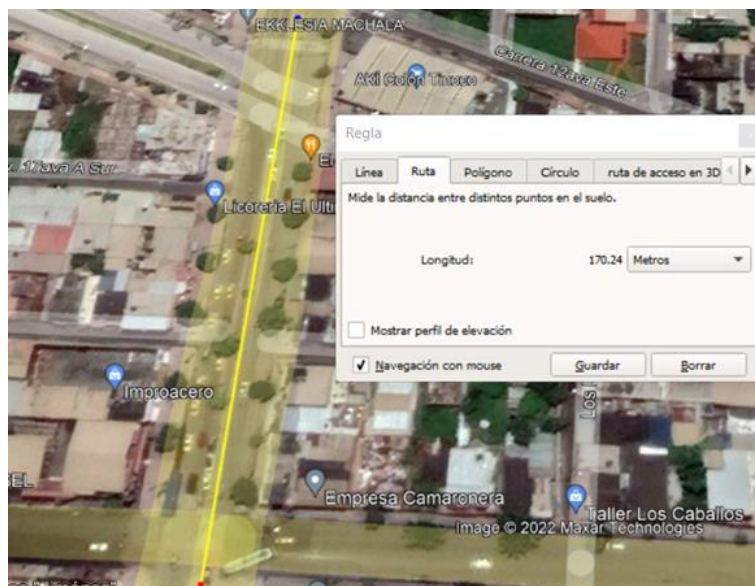
3.3.1. Población

Para llevar a cabo este análisis se ha considerado a la totalidad de la red de carreteras del área urbana de Machala como objetivo de población. Este sistema vial abarca una extensión de 725.23 kilómetros, y está clasificado de acuerdo con su tipo, su estado, su longitud y características de la calzada, información suministrada por la Empresa Pública de Movilidad Machala.

3.3.2. Muestra

La muestra para el presente estudio está representada como el tramo de carretera entre las dos intersecciones analizadas, tomando la Avenida Colón Tinoco, entre Avenida Juan Palomino y Avenida Circunvalación Sur, de la ciudad de Machala, la cual cuenta con una distancia aproximadamente de 170 metros como se muestra en la imagen N° 15 en donde se ha realizado a través de Google Earth.

Imagen N° 17 Medición de tramo de vía de estudio



Fuente: Elaboración propia (Google Earth)

3.4.Métodos teóricos con materiales utilizados

Para determinar con precisión los niveles de servicio en las intersecciones, es fundamental comenzar por realizar aforos vehiculares en intervalos de 15 minutos, tal como se indica en el Manual HCM. (National Research Council (U.S.). Transportation Research Board., 2000) A partir de esta recolección de datos, se pueden aplicar las fórmulas mostradas por el manual para calcular el volumen horario de máxima demanda (VHMD), que representa el mayor número de vehículos que transitan en un carril durante cuatro periodos de 15 minutos. Este valor se obtiene a partir de los aforos realizados para cada periodo, lo que permite tener una información precisa para el análisis posterior y la interpretación de los resultados obtenidos.

Posteriormente, se calcula el factor de la hora de máxima demanda (FMHD), que relaciona el VHMD obtenido previamente con el volumen máximo del periodo que domina en la hora seleccionada. Estos cálculos son fundamentales para determinar los niveles de servicio en las intersecciones, este factor se lo calcula empleando la siguiente ecuación:

$$FMHD = \frac{VHMD}{N \cdot q_{m\acute{a}x}}$$

Ecuación 1

Donde:

$FMHD$ = Factor de la hora de máxima demanda.

$VHMD$ = Volumen horario de máxima demanda.

N = 4 para aforos realizados en periodos de 15 minutos y 12 para aforos realizados en periodos de 5 minutos.

$q_{m\acute{a}x}$ = volumen máximo en hora.

La segmentación de la intersección en grupos de carril es un proceso sencillo que tiene en cuenta tanto la geometría de la intersección como la distribución del tráfico en movimiento. No obstante, es posible que los volúmenes de demanda se indiquen en más de un periodo de análisis, como el volumen por hora. Por lo tanto, es fundamental transformar los volúmenes horarios a tasas de flujo durante un intervalo de 15 minutos mediante el uso del factor de la hora de máxima demanda haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$VP = \frac{V}{FMHD}$$

Ecuación 2

Donde:

VP = Tasa de flujo durante 15 minutos de máxima demanda.

V = Volumen vehicular (vehículos/hora) (obtenido de los aforos vehiculares).

$FHMD$ = Factor de la hora de máxima demanda ya calculado anteriormente.

Determinación de tasa de flujo de saturación

Se determina la tasa de flujo de saturación para cada grupo de carril mediante el uso de una fórmula específica. Esta tasa representa el número de vehículos que pueden ser acomodados en un carril durante una hora, asumiendo que la fase verde está en funcionamiento al 100% del tiempo ($g/C = 1$). Por ejemplo, en una intersección, se puede asumir una tasa de flujo de saturación de 1900 vehículos ligeros por hora y por carril cuando la fase verde está en uso. (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007) Esta información se expresa en la siguiente fórmula:

$$S_i = S_o(N)(f_W)(f_g)(f_{HV})(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{LPB})(f_{Rpb})$$

Ecuación 3

Donde:

S_i = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles (vehículos/hora verde)

S_o = tasa de flujo de saturación base por carril (autos/hora verde/ carril)

N = número de carriles del grupo de carriles

f_W = factor de ajuste por ancho de carriles

f_{HV} = factor de ajuste por vehículos pesados

f_g = factor de ajuste por pendiente del acceso

f_p = factor de ajuste por estacionamiento adyacente al grupo de carriles

f_{bb} = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

f_a = factor de ajuste por bloqueo de buses que paran en el área de la intersección

f_{LU} = factor de ajuste por utilización de carriles

f_{LT} = factor de ajuste por vueltas a la izquierda

f_{RT} = factor de ajuste por vueltas a la derecha

f_{LPB} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la izquierda

f_{RPB} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para vueltas vehiculares a la derecha

Luego, con la siguiente fórmula se obtiene el factor de ajuste por ancho de carril:

$$Fw = 1 + \frac{W - 3.6}{9}$$

Ecuación 4

Donde:

Fw = Factor de ajuste por ancho de carril.

W = Ancho de carril en metros.

Una vez obtenido estos valores, se calcula el factor de ajuste por vehículos pesados con la siguiente fórmula brindada en el manual HCM:

$$Fhv = \frac{100}{100 + \%HV \cdot (E_{T-1})}$$

Ecuación 5

Donde:

Fhv = Factor de ajuste por vehículos pesados.

%HV = Porcentaje de vehículos pesados del grupo.

ET = Automóviles equivalentes a un camión.

Determinación de la capacidad y la relación volumen a capacidad

Capacidad

La capacidad de una intersección que cuenta con semáforos está definida para cada acceso o grupo de carriles como la tasa de flujo máximo que puede atravesar la intersección en condiciones de tráfico, de la calle y del semáforo existente. Esta capacidad se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Ecuación 6

Donde:

c_i = capacidad del grupo de carriles i (vehículos/h)

s_i = tasa de flujo de saturación del grupo de carriles i (vehículos/hora verde)

g_i = tiempo verde efectivo para el grupo de carriles i (segundos verdes)

g_i = ciclo del semáforo (segundos)

g_i/C = relación de verde efectivo para el grupo de carriles i

Relación volumen a capacidad

También conocido como grado de saturación, identificado por la letra X_i , se obtiene mediante el cálculo de la proporción entre el volumen de tráfico que pasa por un determinado punto y la capacidad de la carretera en ese mismo punto, por ejemplo:

$$X_i = \frac{V_i}{c_i}$$

Ecuación 7

Donde:

V_i = tasa de flujo de demanda actual o proyectada del grupo de carriles

Si se reemplaza la capacidad dada por la ecuación 7, se obtiene:

$$X_i = \frac{V_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)} = \frac{\left(\frac{V}{S}\right)_i}{\left(\frac{g_i}{C}\right)}$$

Ecuación 8

Donde:

$\frac{V}{S}$ = relación de flujo

Es indispensable tener en cuenta que valores de X_i superiores a 1 indican un exceso de demanda sobre la capacidad, mientras que valoren entre 0 a 1, indican que están en un rango considerable con respecto a capacidad vial.

Se considera que solo los grupos de carril que tienen la relación de flujo más alta (v/c) para una fase de señal dada, el grado de saturación crítico de la intersección se expresa de la siguiente manera:

$$X_c = \sum \left(\frac{V}{C} \right) \left(\frac{C}{C - L} \right)$$

Ecuación 9

Donde:

X_c = relación volumen a capacidad crítica de la intersección

C = ciclo del semáforo (segundos)

L = tiempo total perdido por ciclo (segundos)

Y se tiene la sumatoria de las relaciones de flujo de todos los grupos de carriles críticos i .

Determinación de las demoras

Medir la demora en el campo es complejo, por lo que contar con un modelo predictivo para estimarla resulta mejor. Para tal fin, se combinan los resultados obtenidos en la determinación de ajuste de volúmenes, flujo de saturación y análisis de capacidad para calcular la demora promedio por vehículo en cada carril. (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

La fórmula utilizada para el cálculo es:

$$d = d_1(PF) + d_2 + d_3$$

Ecuación 10

Donde:

d = demora media por control (s/veh)

d_1 = demora uniforme (s/veh), suponiendo llegadas uniformes

PF = factor de ajuste por coordinación Capacidad Vial Tiene en cuenta los efectos de la coordinación de los semáforos

d_2 = demora incremental (s/veh), que tiene en cuenta el efecto de llegadas aleatorias y colas sobresaturadas durante el período de análisis (supone que no existe cola inicial al comienzo del período de análisis)

d_3 = demora por cola inicial (s/veh), que tiene en cuenta las demoras de todos los vehículos debido a la presencia de colas iniciales antes del período de análisis

El factor de ajuste por coordinación (PF), es la coordinación efectiva de la demora uniforme, por lo tanto, se ajusta solo a la demora 1, con la siguiente fórmula:

$$PF = \frac{(1 - P)f_{PA}}{1 - \left(\frac{g}{C}\right)}$$

Ecuación 11

Donde:

P = proporción de vehículos que llegan en verde

g/C = proporción de tiempo verde disponible

f_{PA} = factor de ajuste suplementario por grupos vehiculares que llegan durante el verde

$$P = R_p \left(\frac{g}{C}\right)$$

Ecuación 12

Donde R_p representa la relación de grupo de vehículos.

La demora uniforme asume una llegada uniforme, la tasa de flujo uniforme y sin cola inicial.

La fórmula para la demora uniforme es:

$$d_1 = \frac{0.5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \frac{g}{C}\right]}$$

Ecuación 13

Se calcula la demora incremental tomando en consideración las llegadas aleatorias, lo que provoca que algunos ciclos se sobresaturen, es calculado de la siguiente manera:

$$d_2 = 900T \left[(c - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8 k I X}{cT}} \right]$$

Ecuación 14

Donde:

T = duración del período de análisis (0.25 h)

k = factor de demora incremental que depende del ajuste de los controladores en intersecciones accionadas. $k= 0.50$ para intersecciones prefijadas

I = factor de ajuste por entradas de la intersección corriente arriba para intersecciones aisladas

La demora por cola inicial d_3 se calcula con la siguiente ecuación:

$$d_3 = \frac{1800Q_b(1 + u)t}{cT}$$

Ecuación 15

Donde:

Q_b = cola inicial al principio del período T (veh)

c = capacidad (veh/h)

T = duración del período de análisis (0.25 h)

u = duración de la demanda insatisfecha (h) u - parámetro de demora

Las demoras agregadas d_A en cualquiera que sea el acceso, es el promedio ponderado de las demoras totales de todos los carriles, utilizando los flujos ajustados de los grupos de carriles, por ejemplo:

$$d_A = \frac{\sum_{i=1}^A (d_i V_i)}{\sum_{i=1}^A V_i}$$

Ecuación 16

Donde:

A = número de grupos de carriles en el acceso A

d_A = demora en el acceso A (s/veh)

d_i = demora en el grupo de carriles i , en el acceso A (s/veh)

V_i = volumen ajustado del grupo de carriles i (veh/h)

Finalmente, la demora en la intersección, se determina como un promedio ponderado también de las demoras en todos los accesos de la intersección, de la siguiente manera:

$$d_I = \frac{\sum_{i=1}^A (d_A V_A)}{\sum_{i=1}^A V_A}$$

Ecuación 17

Donde:

I = número de accesos de la intersección I

d_I = demora en la intersección I (s/veh)

d_A = demora en el acceso A (s/veh)

V_A = volumen ajustado del acceso A (veh/h)

Determinación del nivel de servicio

Los niveles de servicio en intersecciones están directamente relacionados con el control de demoras por vehículos, es decir, una vez obtenida la demora para cada grupo de carriles y agregada para cada acceso y para la intersección como un todo, se procede a determinar el nivel de servicio, consultando en la tabla:

Tabla N° 13 Niveles de servicio con relación a demoras en intersecciones semaforizadas

Nivel de servicio	Demora por control (segundos/vehículo)	Detalle del nivel
A	≤ 10	Flujo libre
B	$>10 -20$	Flujo establece (pequeños retrasos)
C	$>20 - 35$	Flujo estable (retrasos aceptables)
D	$>35 - 55$	Cerca de flujo inestable (retardo tolerable)
E	$>55 - 80$	Flujo inestable (retraso intolerable)
F	>80	Flujo forzado (atascado)

Fuente: Elaboración propia (Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

Para realizar la nueva propuesta de alternativa de solución, se tomó en cuenta las ecuaciones presentes en el libro de Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones Cal y Mayor Reyes, (Cal y Mayor Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007), por ejemplo:

Condiciones de los semáforos

Esto hace referencia a la información del diagrama de fases que ilustre el plan de fases, longitud del ciclo, tiempos de verde e intervalos de cambio y despeje, para cada uno de los movimientos dados. Existen requerimientos de tiempos para los peatones, el tiempo mínimo para una fase se calcula con la siguiente ecuación:

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + \left(0.81 * \frac{N_{ped}}{W_E}\right) \quad \text{para } W_E > 3 \text{ m}$$

$$G_p = 3.2 + \frac{L}{S_p} + (0.27 * N_{ped}) \quad \text{para } W_E \leq 3 \text{ m}$$

Ecuación 18

Donde:

G_p = tiempo mínimo de verde (s)

L = longitud del cruce peatonal (m)

S_p = velocidad media del peatón (1.2 m/s)

W_E = ancho del cruce peatonal (m)

N_{ped} = número de peatones que cruzan durante un intervalo (peatones)

Intercalo de cambio de fase

La función principal del intervalo de cambio de fase es la de alertar a los usuarios de un cambio en la asignación del derecho al uso de la intersección. Para calcularlo, se debe considerar el tiempo de percepción-reacción del conductor, los requerimientos de la desaceleración y el tiempo necesario de despeje de la intersección, se puede calcular con la siguiente expresión:

Intervalo de cambio de fase = Amarillo + Todo Rojo

$$y = \left(t + \frac{v}{2a}\right) + \left(\frac{W + L}{v}\right)$$

Ecuación 19

Donde:

y = intervalo de cambio de fase, amarillo más todo rojo (s)

t = tiempo de percepción-reacción del conductor (usualmente 1s)

v = velocidad de aproximación de los vehículos (m/s)

a = tasa de desaceleración (valor usual 3.05 m/s²)

W = ancho de la intersección (m)

L = longitud del vehículo (valor típico 6.1 m)

Tiempo perdido por fase: l_i

$$l_i = A_i + TR_i + G_i - g_i$$

$$l_i = A_i + TR_i$$

El tiempo total perdido por ciclo L es:

$$L = \sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i)$$

Ecuación 21

Longitud del ciclo

Según Webster, con base en observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostró que la demora mínima de todos los vehículos en una intersección con semáforos, se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo de la siguiente manera:

$$C_o = \frac{1.5 * L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} Y_i}$$

Ecuación 22

Donde:

C_o = tiempo óptimo de ciclo (s)

L = tiempo total perdido por ciclo (s)

Y_i = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

φ = número de fases

Asignación de tiempos verdes

El tiempo verde efectivo total g_T , disponible por ciclo para todos los accesos de la intersección, está dado de la siguiente manera:

$$g_T = C - L = C - \left[\sum_{i=1}^{\varphi} (A_i + TR_i) \right]$$

Ecuación 23

Donde:

g_T = tiempo verde efectivo total por ciclo disponible para todos los accesos

C = longitud actual del ciclo (redondeando C_0 a los S segundos más cercanos)

Para obtener una demora total mínima en la intersección, el tiempo verde efectivo total g_T debe distribuirse entre las diferentes fases en proporción a sus valores de Y_i , como se muestra en la siguiente expresión:

$$g_i = \frac{Y_i}{\sum_{i=1}^{\varphi} Y_i} * g_T = \frac{Y_i}{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{\varphi}}$$

Ecuación 24

El tiempo verde real G_i para cada fase se obtiene de la siguiente manera:

$$G_i = g_i + l_i - A_i - TR_i$$

Ecuación 25

O lo que es lo mismo para φ fases:

$$G_1 = g_1 + l_1 - A_1 - TR_1$$

$$G_2 = g_2 + l_2 - A_2 - TR_2$$

.

.

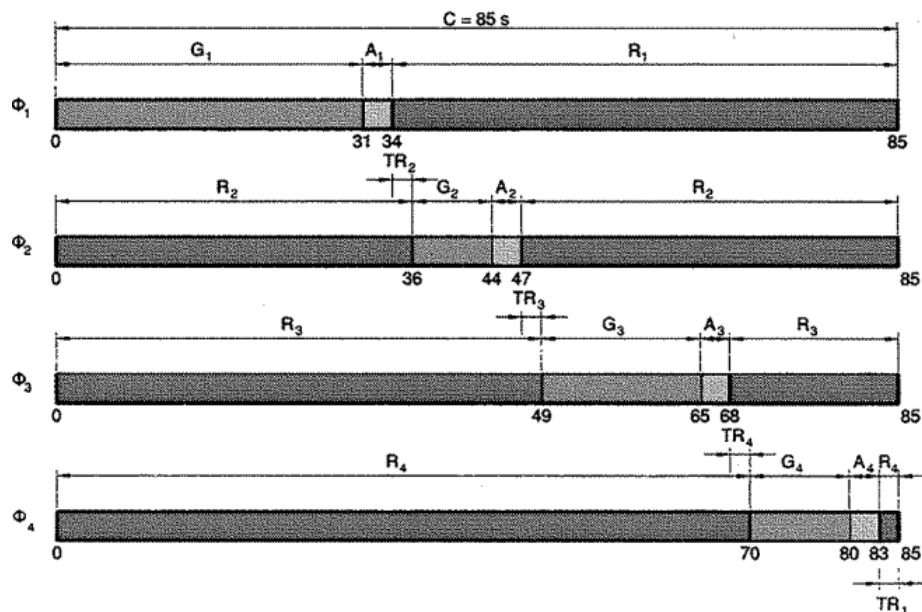
.

$$G_{\varphi} = g_{\varphi} + l_{\varphi} - A_{\varphi} - TR_{\varphi}$$

Ecuación 26

Se muestra un diagrama de programación de tiempos en cuatro fases:

Imagen N° 18 Diagrama de tiempos en cuatro fases



Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos empíricos con los materiales utilizados

3.5.1. Simulador

Con los instrumentos que se han averiguado para la realización del presente trabajo de titulación, se obtienen resultados de que existen diversos software de simulación que en la actualidad pueden hacer una ficción a través de un ordenador, detallando la conducta que presentan los automóviles en un sistema vial. Es fundamental seleccionar un instrumento que adopte los datos tomados mediante los aforos manuales que fueron realizados durante tres días.

Se prevé que esta simulación sea lo más real posible con el comportamiento vehicular en la actualidad. Una vez que se han analizado los diferentes software y de realizar una profunda investigación, se ha seleccionado el software de simulación AIMSUN versión 22.0.0, tomando la versión de estudiante, por cada una de las ventajas de modular, permitiendo hacer simulaciones desde 100 nodos o hasta 200 kilómetros de carretera.

3.5.2. Simulador AIMSUN

Este programa permite realizar una simulación adecuada, permitiendo designar algunas variables tanto de usuario como de sistema, también se puede emplear algunos escenarios dinámicos brindando información de sus respectivos análisis de una red o intersección vial, se realizan estas simulaciones con el objetivo de adquirir los niveles de servicio que se presentan dentro de las intersecciones de tránsito vehicular. (ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Comisión de Investigación y Extensión, n.d.) El presente software trabaja con la información

obtenida de la demanda vehicular, empleando así los flujos horarios vehiculares para la respectiva clasificación de automóviles, también se deben asignar valores como los porcentajes de giros, los ciclos de semaforización, y las características viales que adjuntan las intersecciones. (*UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONTRUCCIONES*, n.d.)

Es indispensable calibrar el modelo para poder realizar el análisis del sistema de tráfico en las intersecciones, para que así, estos análisis sean reproducidos de la manera más factible. En el transcurso del calibrado, se debe tener en cuenta que el rendimiento vehicular, así como el proceder del automovilista o chofer, sean ajustados de la mejor manera, con el fin de que los resultados arrojados por medio del simulador sean lo más semejantes a la información registrada. (Leal et al., 2020)

Es un software idóneo que permite crear tres diferentes tipos de modelación de tráfico, entre ellos se encuentra la simulación mesoscópica, microscópica y una simulación estática de tráfico de carretera. (*UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONTRUCCIONES*, n.d.) Para este trabajo se realizó una simulación microscópica de las intersecciones de análisis.

3.5.3. Simulación microscópica

Este tipo de simulaciones tienen como objetivo realizar una modelación lo más real posible que se presenta en un sistema vial, tomando en cuenta parámetros de automóviles, semaforización, viajeros, entre otros. Es de suma relevancia al momento de analizar el tráfico en la zona urbana, ya que también brinda la oportunidad de realizar un análisis de aspecto microscópicos como también macroscópicos del sistema de carretera. (Nguyen et al., 2021)

3.5.4. Plan de recolección de información

Para la elaboración de este trabajo, se realizaron aforos manuales durante 3 días, en periodos de tiempo de 15 minutos, como se indica en (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007), para así determinar el número de vehículos que circulan por las respectivas intersecciones viales, en los cuales se diferenciaron los giros y dependiendo del sentido al que circulan. Para realizar los aforos manuales, se ha realizado una clasificación vehicular de los vehículos que circularon por las intersecciones, catalogándolos de la siguiente manera: autos, buses, vehículos pesados, y motos, para así poder continuar con el conteo de volumen vehicular en cada una de las intersecciones seleccionadas en el presente trabajo. Es imprescindible recordar que tanto como la Avenida Colón Tinoco, como la Avenida Juan Palomino y Avenida

Circunvalación Sur, se caracterizan por ser vías que prestan el servicio de dos sentidos viales, constituidas por dos carriles que se dirigen de sentido norte – sur, sur – norte, este – oeste y oeste – este, sin dejar de lado que son avenidas de acceso de entrada y salida a la ciudad.

Los conteos vehiculares fueron realizados en las dos intersecciones de análisis, de forma manual, haciendo uso de una aplicación de aforos “Aforo vehicular TMC”, en los cuales se pudo cubrir cada una de las direcciones del sistema vial, los conteos fueron realizados en horarios desde las 7:00 am hasta las 19:30 pm, con el objetivo de obtener datos exactos para que los resultados sean los más reales posibles.

Para poder realizar el respectivo análisis de las intersecciones, también se tomó el tiempo en segundos de demora de luz roja, amarilla y verde en cada uno de los semáforos presentes dentro de las intersecciones.

Una vez concluidos los conteos vehiculares, se procedió a realizar el trabajo de oficina, para lo cual se pasaron los datos obtenidos en los aforos a una hoja de excel, obteniendo los valores totales de vehículos dependiendo de la clasificación seleccionada, para así poder continuar con los cálculos, consiguiendo resultados de los volúmenes de flujo vehicular, tomando en cuenta el periodo de las horas con mayor flujo vehicular.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

De acuerdo a los aforos vehiculares (ver anexo 2) realizados en la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, durante 3 días de la semana (martes, miércoles y viernes), los cuales arrojaron datos de volúmenes máximos vehiculares tanto para la mañana como para la tarde, obteniendo así, la tabla N°14, con esta información se procedió a realizar los cálculos correspondientes para la presente intersección.

Tabla N° 14 Volúmenes máximos horarios vehiculares en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Intersección: Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino		
MAÑANA		
Día 1	Día 2	Día 3
8:30 - 9:30	9:30 - 10:30	8:30 - 9:30
688 Veh/h	634 Veh/h	719 Veh/h
TARDE		
Día 1	Día 2	Día 3
17:30 - 18:30	15:30 - 16:30	14:30 - 15:30
836 Veh/h	796 Veh/h	743 Veh/h

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se realizaron aforos vehiculares en la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, (ver anexo 2) durante 3 días de la semana (martes, miércoles y viernes), los cuales arrojaron datos de volúmenes máximos vehiculares tanto para la mañana como para la tarde, obteniendo así, la tabla N°15, con esta información se procedió a realizar los cálculos correspondientes para la respectiva intersección.

Tabla N° 15 Volúmenes máximos horarios vehiculares en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Intersección: Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur		
MAÑANA		
Día 1	Día 2	Día 3
8:30 - 9:30	8:30 - 9:30	8:30 - 9:30
954 Veh/h	776 Veh/h	715 Veh/h

TARDE		
Día 1	Día 2	Día 3
17:30 - 18:30	14:30 - 15:30	15:30 - 16:30
769 Veh/h	874 Veh/h	782 Veh/h

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo del presente trabajo, también se procedió a realizar la toma de tiempos de ciclos de semáforos presentes en la intersección Avenida Colón Tinoco y Juan Palomino y en la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, y su respectiva distribución de tiempos efectivos, tanto en rojo, amarillo y verde. En la tabla N°16 puede observar que los máximos valores son los tiempos en rojo, dando valores superiores a 60 segundos, mientras que los tiempos en verde apenas rondan los 20 segundos.

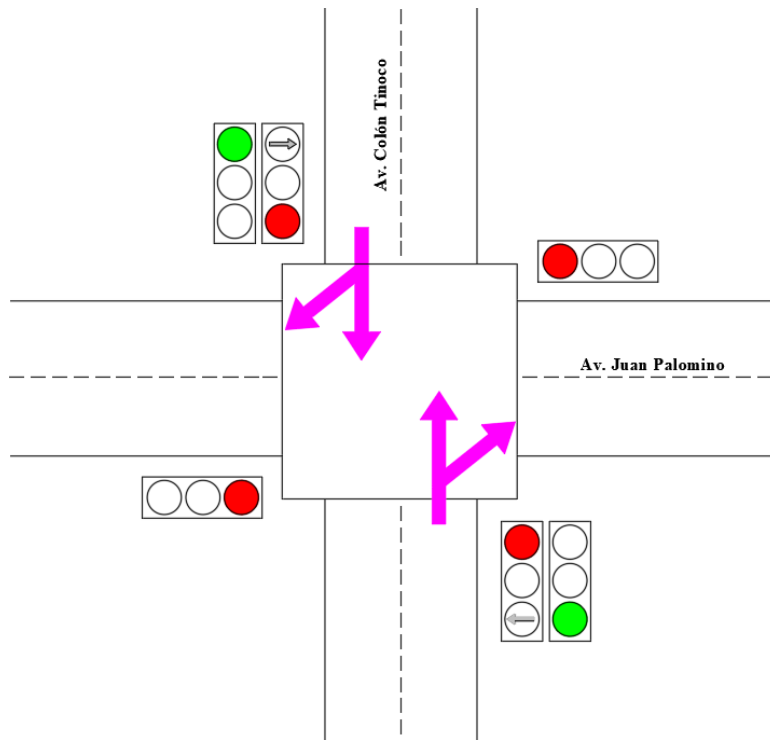
Tabla N° 16 Tiempos de distribución semafóricos

Intersección	Tiempo (seg)	Norte-Sur			Sur-Norte			Este-Oeste			Oeste-Este		
		Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Derecha
Colón Tinoco y Juan Palomino	Rojo	93	85	85	93	85	85	94	94	94	94	94	94
	Amarillo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Verde	22	30	30	22	30	30	21	21	21	21	21	21
Colón Tinoco y Circunvalación Sur	Rojo		60	60	74	60					66	66	66
	Amarillo		3	3	3	3					3	3	3
	Verde		31	31	17	31					25	25	25

Fuente: Elaboración propia

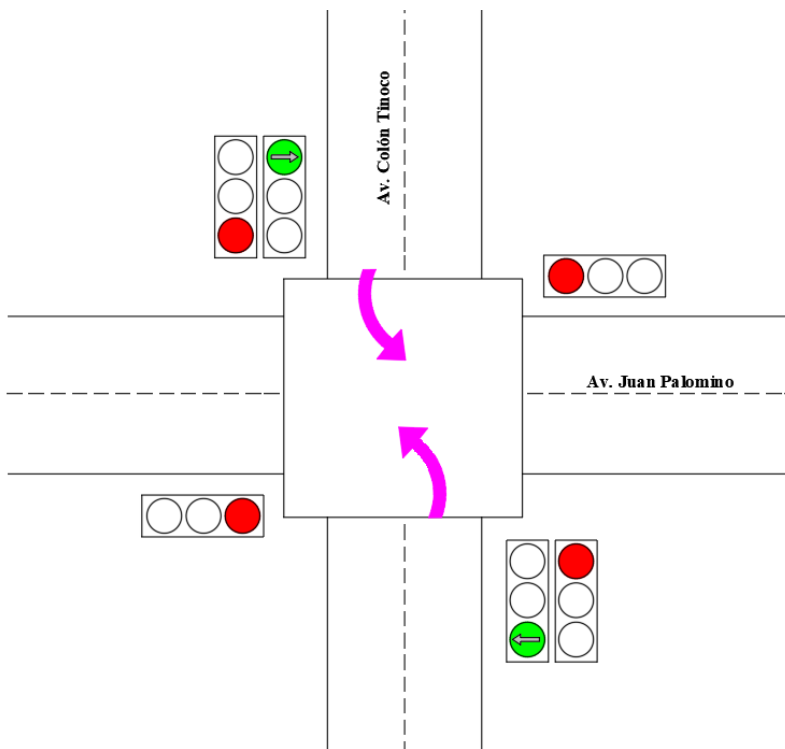
Una vez obtenidos los tiempos de cada ciclo semafórico, se procedió a detallar la longitud del ciclo, los tiempos en verde, amarillo y los tiempos en rojo totales para cada una de las fases presentes, como se muestran en la tabla N°17 y en la tabla N°18, así mismo, se muestra el gráfico N°1 presentando las fases semafóricas en la intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino. A continuación, se muestran las fases semafóricas presentes en la intersección.

Imagen N° 19 Fase I Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino



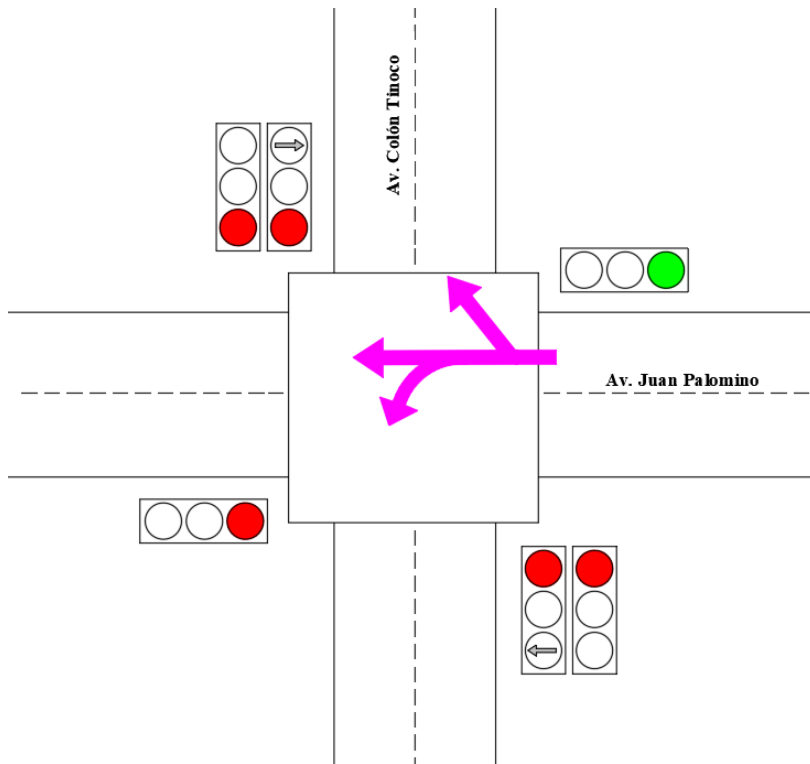
Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 20 Fase II Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino



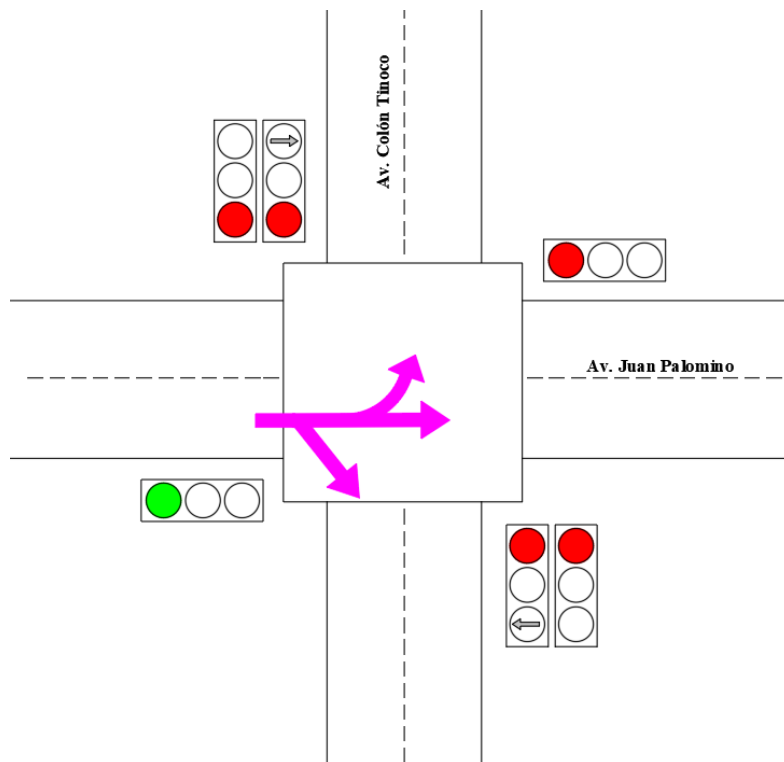
Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 21 Fase III Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 22 Fase IV Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

Fase	Co	gi	Ai	TRi
I	118	30	3	3
II	118	22	3	3
III	118	21	3	3
IV	118	21	3	3

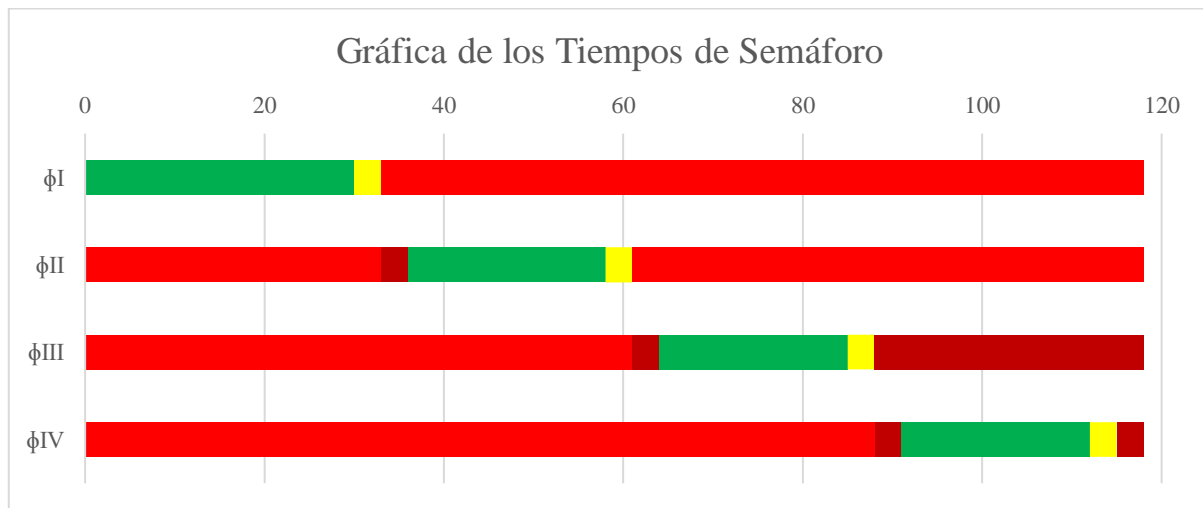
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

Fase						
ϕI	118	30	3	85		
ϕII	118	33	3	22	3	57
ϕIII	118	61	3	21	3	30
ϕIV	118	88	3	21	3	3

Fuente: Elaboración propia

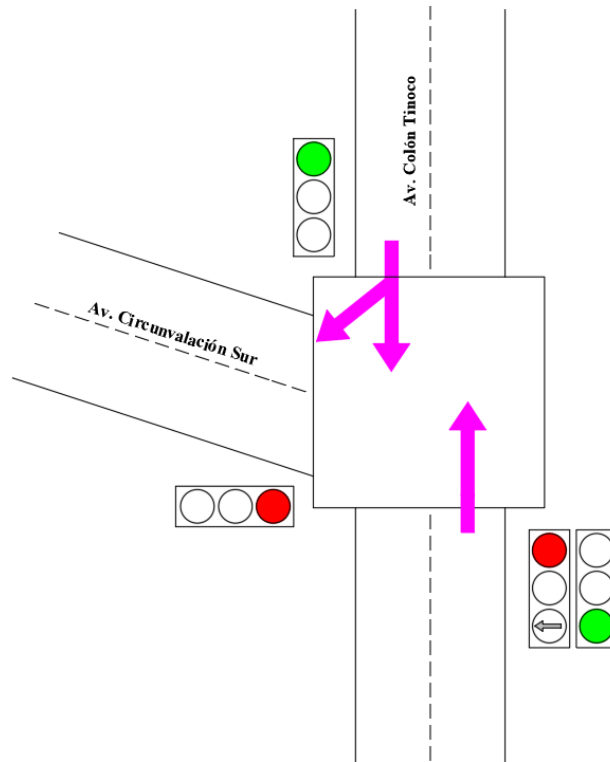
Gráfica N° 1 Diagrama de fases de intersección con semáforo (Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino)



Fuente: Elaboración propia

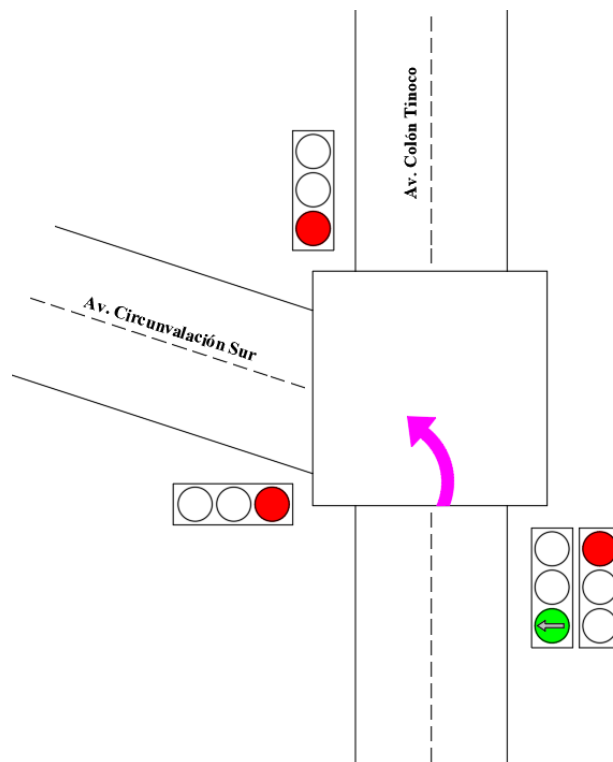
Del mismo modo, se detallaron los mismos parámetros para la siguiente intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur, como se muestra en la tabla N° 19 y en la tabla N°20, como también se presenta el diagrama de fases de tiempos semafóricos en la intersección, como se puede observar en el gráfico N°2. A continuación, se presentan las fases semafóricas presentes en la intersección.

Imagen N° 23 Fase I Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur



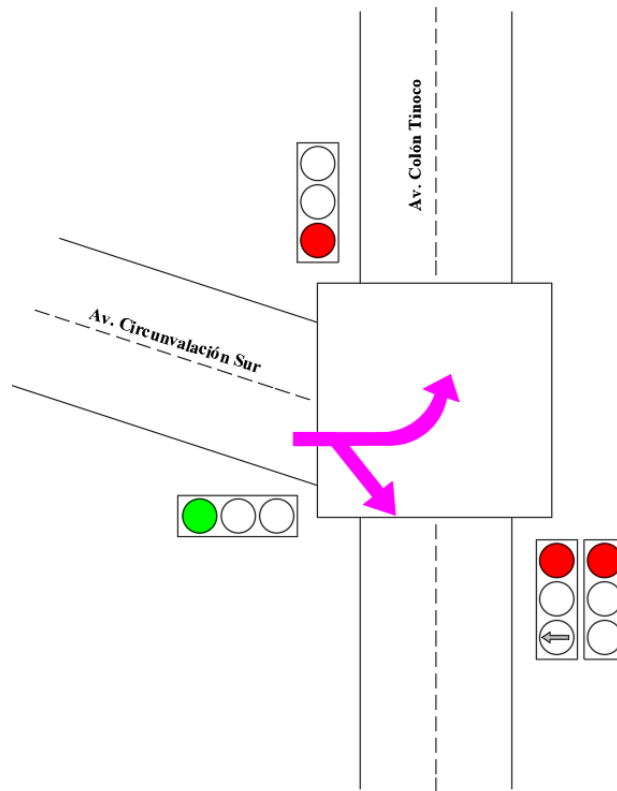
Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 24 Fase II Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 25 Fase III Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur

Fase	Co	gi	Ai	TRi
I	88	31	3	2
II	88	17	3	2
III	88	25	3	2

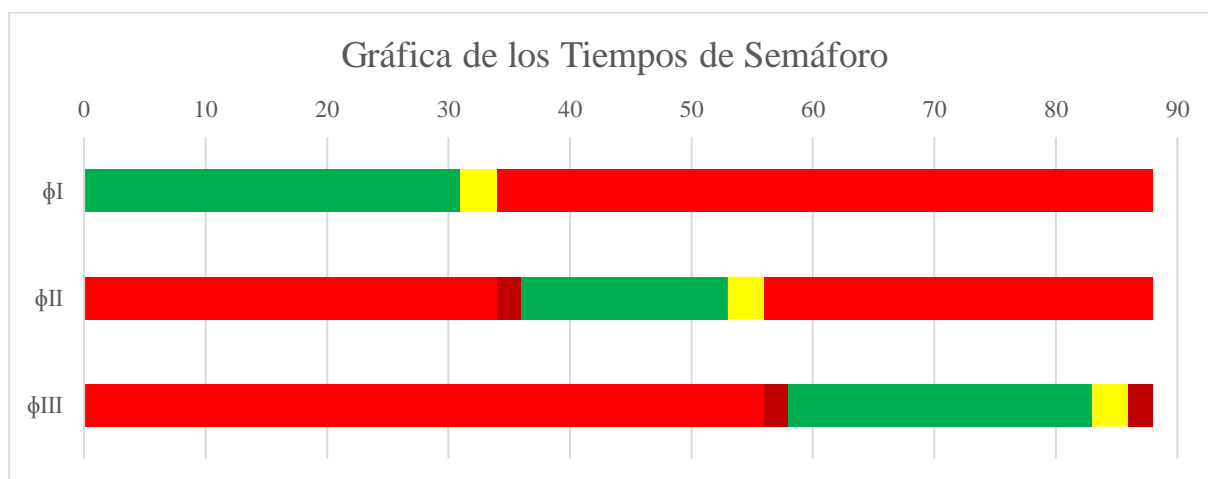
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 20 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur

Fase						
ϕI	88	31	3	54		
ϕII	88	34	2	17	3	32
ϕIII	88	56	2	25	3	2

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 2 Diagrama de fases de intersección con semáforo (Av. Colón Tinoco y Av. Circunvalación Sur)



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la tabla N°21 donde se muestra el nivel de servicio de la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, encontrando los siguientes datos:

Tabla N° 21 Niveles de servicios por sentidos e intersección en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Intersección:	Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino											
	Norte-Sur			Sur-Norte			Este-Oeste			Oeste-Este		
	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der
Demora media (seg)	137	42	83	122	38	37	135	55	79	47	45	44
Nivel de servicio de giro	F	D	D	F	D	D	F	D	F	D	D	D
Demora agregada (seg)	80			68			89			45		
Nivel de servicio por acceso	F			E			F			D		
Demora en intersección (seg)	75											
NIVEL SE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN	E											

Fuente: Elaboración propia

En la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, se encuentra un nivel de servicio E, lo cual indica que la capacidad de la vía está sobresaturada, debido a los tiempos de demora y a la tasa de flujo vehicular. Así mismo, estos resultados indican que existe congestión vehicular en la intersección, ya que los vehículos deben esperar hasta 75 segundos para poder

circular en la intersección, llegando por un mínimo a un atascamiento vehicular igualando al nivel de servicio F.

Seguidamente, se presenta la tabla N°22 donde se presenta el nivel de servicio de la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, en la cual se encuentran los siguientes datos:

Tabla N° 22 Niveles de servicios por sentidos e intersección en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Intersección:	Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur								
Sentido de circulación	Norte-Sur			Sur-Norte			Oeste-Este		
	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der
Demora media	0	87	24	111	69	0	77	0	33
Nivel de servicio de giro		F	C	F	E		E		c
Demora agregada	81			77			60		
Nivel de servicio por acceso	F			E			E		
Demora en intersección	75								
NIVEL SE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN	E								

Fuente: Elaboración propia

En la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, se encuentra un nivel de servicio E, indicando que la capacidad de la vía está sobresaturada, debido a los tiempos de demora y a la tasa de flujo vehicular. Del mismo modo, estos resultados indican que existe congestión vehicular en la intersección, ya que los vehículos deben esperar hasta 75 segundos para poder circular en la intersección, ya casi llegando al nivel de servicio F.

4.2. Interpretación de datos

En el desarrollo del trabajo, tomando como referencia la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, se encontró que en la dirección norte-sur la tasa de flujo vehicular es de 1254 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1526 veh/h, teniendo valores que varían de 0.62 a 1.14 en relación v/c en los diferentes carriles, y el tiempo total de demora de 80 seg, como se indica en la tabla N°23, valores que señalan un nivel de servicio “F” (tabla N°21).

En el sentido sur-norte se presenta una tasa de flujo vehicular de 900 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1526 veh/h, teniendo valores que varían de 0.31 a 1.1, en relación v/c en los diferentes carriles, y el tiempo total de demora de 68 seg, valores que señalan un nivel de servicio “E”, como se observa en la tabla N°21.

Del mismo modo para la dirección este-oeste se presenta una tasa de flujo vehicular de 907 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1021 veh/h, teniendo valores que varían entre 0.73 a 1.13 en relación v/c en los diferentes carriles y el tiempo total de demora de 89 seg, valores que señalan un nivel de servicio “F”, como se observa en la tabla N°21.

Y, por último, para el sentido oeste-este como se puede apreciar en la tabla N°21, se tiene una tasa de flujo vehicular de 431 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1039 veh/h, teniendo valores que varían entre 0.26 a 0.47, en relación v/c en los diferentes carriles, y el tiempo total de demora de 45 seg, valores que señalan un nivel de servicio “D”, como se observa en la tabla N°21.

Tabla N° 23 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

	Norte-Sur			Sur-Norte			Este-Oeste			Oeste-Este		
	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der
Tasa de flujo (veh/h)	332	521	401	322	454	124	312	341	254	131	227	72
Tasa de flujo en sentidos (veh/h)	1254			900			907			431		
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	291	838	397	291	838	397	277	467	277	277	485	277
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	1526			1526			1021			1039		
Relación demanda/capacidad	1,14	0,62	1,01	1,11	0,54	0,31	1,13	0,73	0,92	0,47	0,47	0,26
Demora media (seg)	137	42	83	122	38	37	135	55	79	47	45	44
Demora agregada (seg)	80			68			89			45		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 24 Niveles de servicios en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Sentidos de circulación	Nivel de servicio
Norte-Sur	F
Sur-Norte	E
Este-Oeste	F
Oeste-Este	D

Fuente: Elaboración propia

Para la siguiente intersección analizada Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, se encontró que en la dirección norte-sur la tasa de flujo vehicular es de 1459 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1721 veh/h, teniendo valores que varían de 0.28 a 1.12 en

relación v/c en los diferentes carriles, y el tiempo total de demora de 81 seg, como se muestra en la tabla N° 25, valores que señalan un nivel de servicio “F”, como se observa en la tabla N°22.

En el sentido sur-norte se presenta una tasa de flujo vehicular de 1464 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 1413 veh/h, teniendo valores superiores a 1 en relación v/c en los diferentes carriles, indicando que la capacidad vial está sobresaturada y el tiempo total de demora de 77 seg, como se muestra en la tabla N° 25, valores que señalan un nivel de servicio “E”, como se observa en la tabla N°22.

Finalmente, para el sentido oeste-este se tiene una tasa de flujo vehicular de 754 veh/h, su capacidad del grupo de carriles es de 892 veh/h, teniendo valores que varían de 0.65 a 1.04 en relación v/c en los diferentes carriles, y el tiempo total de demora de 60 seg, como se muestra en la tabla N° 25, valores que señalan un nivel de servicio “E”, como se observa en la tabla N°22.

Tabla N° 25 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

	Norte-Sur			Sur-Norte			Oeste-Este		
	Izquierda	Frente	Derecha	Izquierda	Frente	Derecha	Izquierda	Frente	Derecha
Tasa de flujo (veh/h)	0	1307	153	260	1203	0	464	0	290
Tasa de flujo en sentidos (veh/h)	1459			1464			754		
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	0	1168	553	245	1168	0	446	0	446
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	1721			1413			892		
Relación demanda/capacidad	0	1,12	0,28	1,06	1,03	0	1,04	0	0,65
Demora media (seg)	0	88	25	111	69	0	77	0	33
Demora agregada (seg)	81			77			60		

Fuente: Elaboración propia

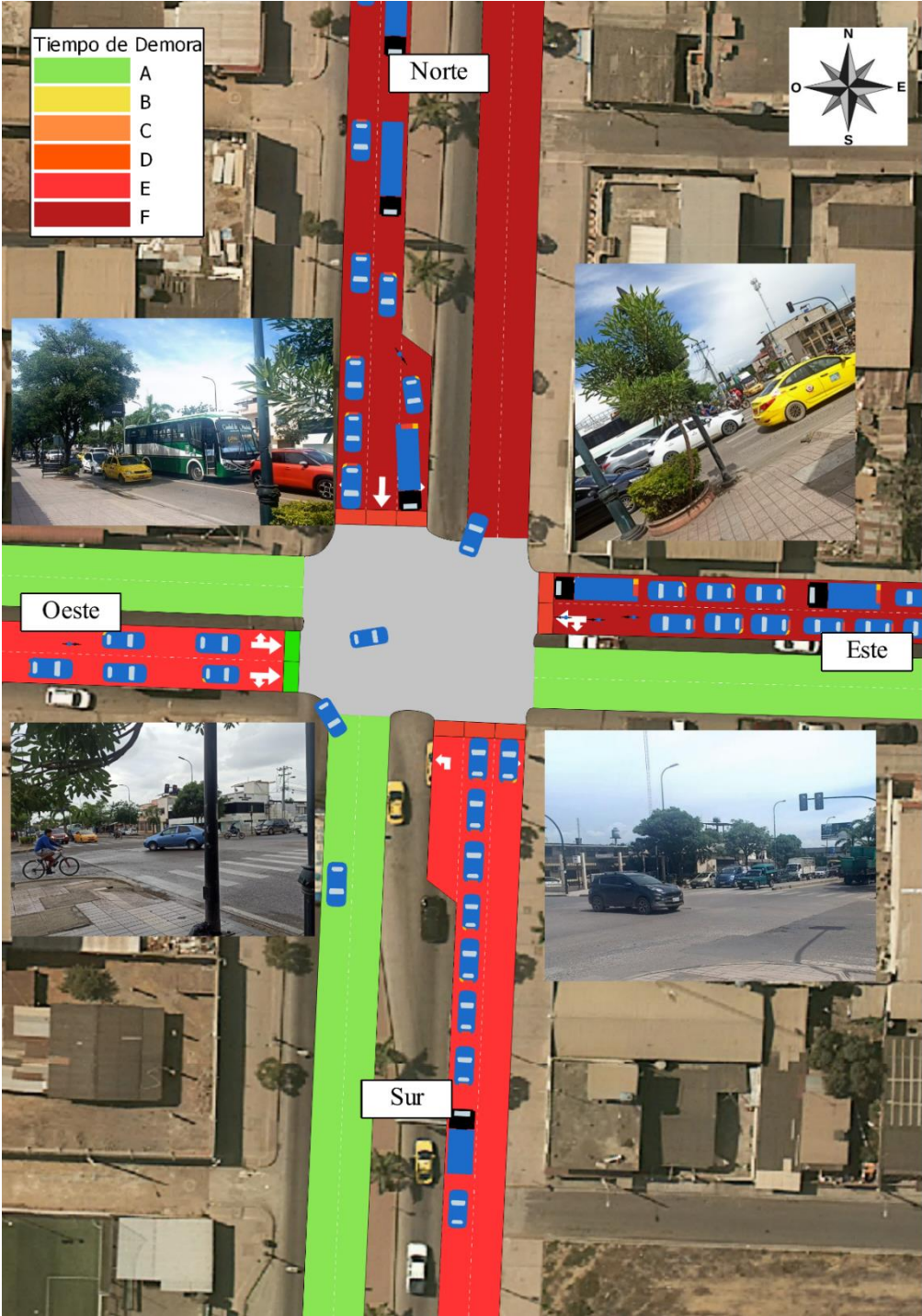
Tabla N° 26 Niveles de servicios en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Sentidos de circulación	Nivel de servicio
Norte-Sur	F
Sur-Norte	E
Oeste-Este	E

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado los respectivos cálculos, se procedió a comparar los resultados de la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, con la simulación de tráfico realizada en el software AIMSUN, como se muestra en la imagen N°26, en la cual se puede presenciar que se han obtenido valores similares a los calculados anteriormente, de este modo, se dan como válidos la obtención de los datos.

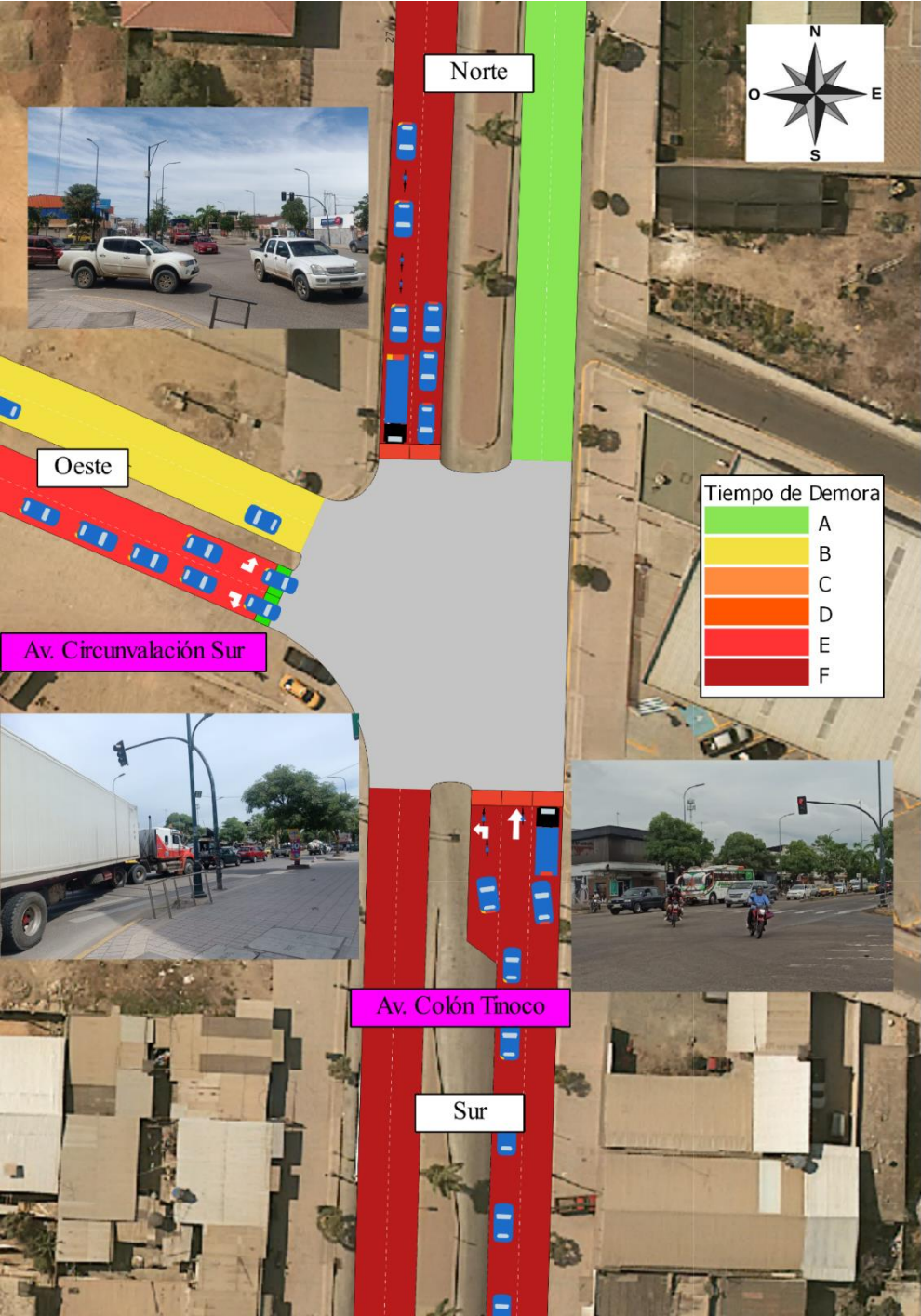
Imagen N° 26 Simulación de nivel de servicio en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino.



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procedió a comparar los resultados de la siguiente intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, con la simulación de tráfico realizada en el software AIMSUN, como se muestra en la imagen N°22, en la cual se puede presenciar que también se han obtenido valores similares a los calculados anteriormente, dando como válidos la obtención de datos.

Imagen N° 27 Simulación de nivel de servicio en intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur.



Fuente: Elaboración propia

4.3.Verificación de la hipótesis

Hipótesis: Existe un nivel de servicio satisfactorio en la vía urbana Avenida Colón Tinoco entre Juan Palomino y Circunvalación Sur.

Dando como respuesta a la hipótesis planteada, se establece que los niveles de servicio presentados en las intersecciones analizadas, no son los más adecuados para un servicio satisfactorio, ya que se han obtenido valores de servicio E, los cuales indican que los tiempos de demora son excesivos, es decir, dan paso a la presencia de baja movilidad, por la congestión vehicular alta en la intersección, debido al flujo inestable, provocando malestar y frustración a los usuarios, ya que están a una diferencia mínima de llegar al nivel F.

4.4.Propuesta de alternativa de solución

La nueva propuesta de solución a adoptar para mejorar el tránsito en la intersección es mejorar la sincronización de los semáforos, es decir, cambiando el tiempo de longitud del ciclo de 118 segundos a 102 segundos, reduciendo los tiempos de rojo y aumentando los tiempos de verde para cada fase semafórica, esto se realiza tomando en consideración los tiempos mínimos de verde para el cruce de peatones, para lo cual se emplea la ecuación 18 y tomando en consideración el procedimiento que indica en (Cal y Mayor Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007), con lo cual, el tiempo mínimo de verde en la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino deberá ser 21 segundos. En base a lo antes mencionado, se redujeron los tiempos de rojo para cada fase y se aumentó a un máximo de 25 segundos en tiempo verde, esto se realizó para cada fase, según el nivel de servicio presentado, logrando reducir las demoras medias hasta 46 segundos en la intersección, y así llegar a tener un nivel de servicio D, lo que permite mejorar la movilidad en el sector. No obstante, para la intersección de la Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo, pero no se han obtenidos resultados favorables, es decir, no se puede disminuir, ni alargar la longitud del ciclo semafórico debido a que la distancia del tramo en la intersección no es la más grande. Motivos, por los cuales, la alternativa más óptima sería la construcción de una nueva infraestructura, vale recalcar que no se toma en cuenta como una alternativa favorable la construcción de una rotonda, debido a que el espacio no es el más factible de acuerdo a las características del diseño geométrico para la construcción del mismo, por lo que se toma como alternativa óptima la construcción de un paso elevado sobre el tramo de las intersecciones analizadas, conjuntamente con una nueva asignación de un ciclo de semaforización óptima y el mejoramiento de los refugios peatonales. Esta alternativa permitirá reducir significativamente la duración del paso por las intersecciones, además, permitirá

mejorar el flujo vehicular, y así controlar el tema de sobresaturación de la capacidad vial y congestión vehicular en el sitio.

Tabla N° 27 Ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

Fase	Co	gi	Ai	TRi
I	102	24	3	1
II	102	25	3	1
III	102	24	3	1
IV	102	13	3	1

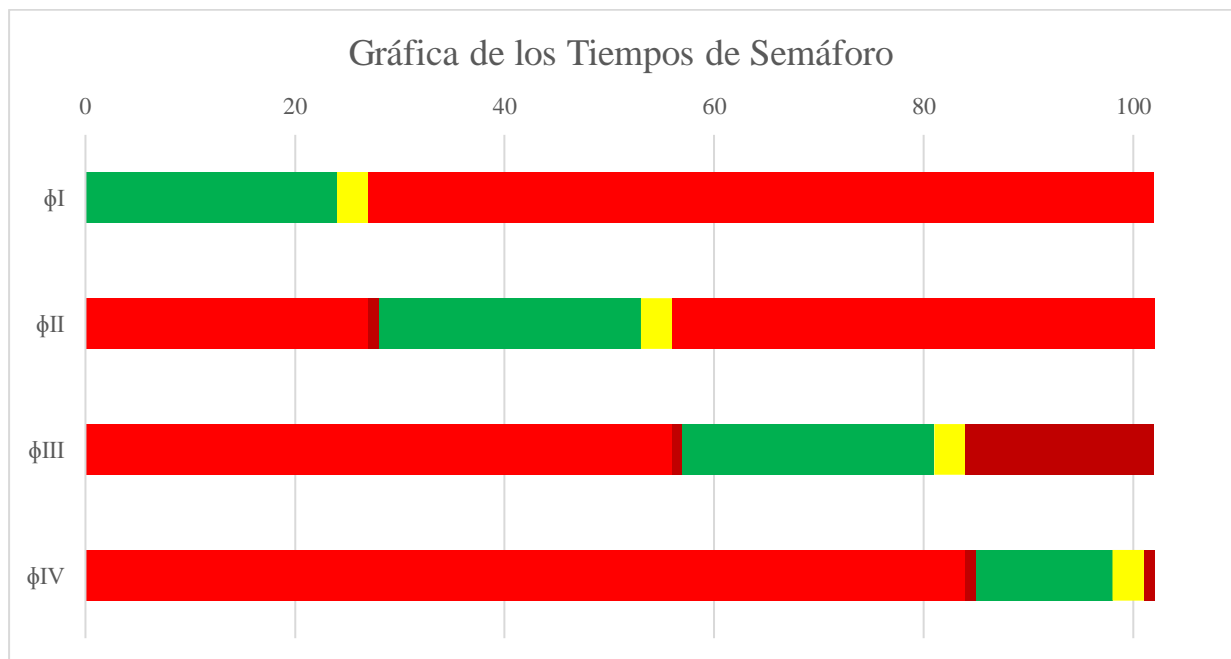
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 28 Tiempos de ciclo semafórico en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

Fase						
ϕI	102	24	3	75		
ϕII	102	27	1	25	3	46
ϕIII	102	56	1	24	3	18
ϕIV	102	84	1	13	3	1

Fuente: Elaboración propia

Gráfica N° 3 Diagrama de fases alternativa de intersección con semáforo (Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino)



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29 Niveles de servicios por sentidos e intersección de alternativa en la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Intersección:	Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino											
Sentido de circulación	Norte-Sur			Sur-Norte			Este-Oeste			Oeste-Este		
	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der
Demora media (seg)	54	39	67	49	35	35	52	37	43	54	49	45
Nivel de servicio de giro	D	D	E	D	D	C	D	D	D	D	D	D
Demora agregada (seg)	51			40			44			49		
Nivel de servicio por acceso	D			D			D			D		
Demora en intersección (seg)	46											
NIVEL SE SERVICIO DE LA INTERSECCIÓN	D											

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 30 Valores de tasa de flujo, capacidad de carriles y demoras en intersección de alternativas Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

	Norte-Sur			Sur-Norte			Este-Oeste			Oeste-Este		
	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der	Izq	Frente	Der
Tasa de flujo (veh/h)	332	521	401	322	454	124	312	341	254	131	227	72
Tasa de flujo en sentidos (veh/h)	1254			900			907			431		
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	383	777	368	383	777	368	368	621	368	199	349	199
Capacidad de grupo de carriles (veh/h)	1528			1528			1357			747		
Relación demanda/capacidad	0,87	0,67	0,94	0,84	0,58	0,34	0,85	0,55	0,69	0,66	0,65	0,36
Demora media (seg)	54	39	67	49	35	35	53	37	43	54	49	45
Demora agregada (seg)	51			40			44			49		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 31 Niveles de servicios alternativos en intersección Av. Colón Tinoco y Av. Juan Palomino

Sentidos de circulación	Nivel de servicio
Norte-Sur	D
Sur-Norte	D
Este-Oeste	D
Oeste-Este	D

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este proyecto se logró fundamentar cada uno de los factores de movilidad urbana, lo que permitió realizar el análisis de la capacidad vial de dos intersecciones, la intersección de la Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, y de la intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur. Se encontró que los carriles destinados a giros, tanto para la izquierda como a la derecha, presentan la mayor demanda vehicular, con relaciones v/c superiores a 1. Se sabe que los valores de v/c varían entre 0 a 1, siendo 1 la capacidad vial máxima que puede alcanzar una carretera. Por lo tanto, los valores superiores a 1 indican una demanda excesiva sobre la capacidad vial, como es el caso que se presentan en estas intersecciones. En cambio, los carriles en sentido recto presentan valores en rango de 0 a 1, manteniéndose dentro de un rango aceptable en cuanto a la capacidad vial.

Se han obtenido los niveles de servicio para cada uno de los sentidos de circulación en las intersecciones analizadas, los cuales oscilaron entre D y F. En la intersección de Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino, se ha registrado un nivel F para los sentidos de circulación norte-sur, y este-oeste, mientras que para el sentido sur-norte se registró un nivel de servicio E, no obstante, en el sentido oeste-este, se ha obtenido un nivel de servicio D, lo que ha resultado en una demora media total en la intersección de 75 segundos. En consecuencia, se puede concluir que dicha intersección presenta un nivel de servicio E. Por otro lado, en la intersección de Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur, se ha obtenido un nivel de servicio F para los sentidos de circulación norte-sur, mientras que, para el sentido sur-norte, oeste-este se ha obtenido un nivel de servicio E. En esta intersección se ha registrado una demora media total de 75 segundos, lo que indica que la intersección presenta un nivel de servicio E.

Finalmente, se llevó a cabo una simulación de tráfico vehicular utilizando el software Aimsun. Los resultados de esta simulación confirmaron que los valores obtenidos mediante la aplicación de los procesos del HCM 2000 son similares a los resultados obtenidos en la simulación vehicular.

Como recomendación, es fundamental revisar manuales, tutoriales o información sobre la instalación, configuración y transferencia de datos a una hoja de excel desde la aplicación de aforo vehicular TMC para evitar confusiones en el campo y ahorrar tiempo. Además, es aconsejable realizar pruebas previas antes de realizar la toma de datos para estar preparados y ahorrar tiempo en campo. Debido al peligro que actualmente se presenta en la ciudad, es crucial tomar medidas de seguridad necesarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abata, K., Artega, F., & Delgado, ; Daniel. (2022). ANÁLISIS DEL CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR EN DIFERENTES INTERSECCIONES EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO, ECUADOR. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 7(1). <https://doi.org/10.33936/RIEMAT.V7I1.4836>
- Afrin, T., & Yodo, N. (2020). A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability 2020, Vol. 12, Page 4660, 12(11)*, 4660. <https://doi.org/10.3390/SU12114660>
- Ahmed, A., Sadullah, A. F. M., & Yahya, A. S. (2021). Analysis of the effect of directional traffic volume and mix on road traffic crashes at three-legged unsignalized intersections. *Transportation Engineering*, 3, 100052. <https://doi.org/10.1016/J.TRENG.2021.100052>
- Alvarenga Rodríguez, J. M. (2021). Estudio comparativo entre la velocidad y la densidad en modelos macroscópicos del tráfico vehicular incorporando la variable espacial en la velocidad. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones, ISSN 2215-3373, Vol. 28, Nº. 1, 2021, Págs. 125-142*, 28(1), 125–142. <https://doi.org/10.15517/rmta.v28i1.41890>
- Base de Datos-Censo de Población y Vivienda 2010* /. (n.d.). Retrieved March 5, 2023, from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Boon, M., Janssen, G., van Leeuwen, J., & Timmerman, R. (2023). Optimal capacity allocation for heavy-traffic fixed-cycle traffic-light queues and intersections. *Transportation Research Part B: Methodological*, 167, 79–98. <https://doi.org/10.1016/J.TRB.2022.11.010>
- Builenko, V., Pakhomova, A., & Pakhomov, S. (2018). Optimization of the method for collecting source data to calculate the length of the traffic light control cycle. *Transportation Research Procedia*, 36, 90–94. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2018.12.048>
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, R. (2018). *Ingeniería de tránsito : fundamentos y aplicaciones*.
- Cal y Mayor Reyes Spíndola, Rafael., & Cárdenas Grisales, James. (2007). *Ingeniería de tránsito : fundamentos y aplicaciones*. Alfaomega.
- Campoverde Borja, I. S. (2017). *Modelado de tráfico vehicular en avenidas a partir de datos estadísticos*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14213>
- Chellapilla, H., Sivanandan, R., Chilukuri, B. R., & Rajendran, C. (2023a). Bi-objective optimization models for mitigating traffic congestion in urban road networks. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2021.09.006>

- Chellapilla, H., Sivanandan, R., Chilukuri, B. R., & Rajendran, C. (2023b). Bi-objective optimization models for mitigating traffic congestion in urban road networks. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. <https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2021.09.006>
- Das, A., Gomes, N., Araújo, E., Souza, O. M., Roberto, W., & Júnior, G. (2019). Urban mobility: service level and demand forecast study on a road in the city of São Paulo. *Independent Journal of Management & Production, ISSN-e 2236-269X, Vol. 10, N° 4 (July - August), 2019 (Ejemplar Dedicado a: Special Edition IFLOG), Págs. 1341-1356, 10(4), 1341–1356*. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v10i4.1000>
- Demoraes, F. (2001). *Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador : informe preliminar*. www.siise.gov.ec
- di Stasi, L. L., Angioi, F., Bassani, M., Diaz-Piedra, C., & Megias-Robles, A. (2022). The effect of traffic light spacing and signal congruency on drivers' responses at urban intersections. *Transportation Engineering, 8*, 100113. <https://doi.org/10.1016/J.TRENG.2022.100113>
- ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL Comisión de Investigación y Extensión. (n.d.).
- Fattah, M. A., Morshed, S. R., & Kafy, A. al. (2022). Insights into the socio-economic impacts of traffic congestion in the port and industrial areas of Chittagong city, Bangladesh. *Transportation Engineering, 9*, 100122. <https://doi.org/10.1016/J.TRENG.2022.100122>
- Huo, Y., Li, X., Guo, C., & Zhao, J. (2022). Using fuzzy clustering of user perception to determine the number of level-of-service categories for bus rapid transit. *Journal of Public Transportation, 24(2)*, 100017. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.23.2.3>
- Impedovo, D., Balducci, F., Dentamaro, V., & Pirlo, G. (2019). Vehicular Traffic Congestion Classification by Visual Features and Deep Learning Approaches: A Comparison. *Sensors (Basel, Switzerland), 19(23)*. <https://doi.org/10.3390/S19235213>
- Impedovo, D., Dentamaro, V., Pirlo, G., & Sarcinella, L. (2019). TrafficWave: Generative Deep Learning Architecture for Vehicular Traffic Flow Prediction. *Applied Sciences 2019, Vol. 9, Page 5504, 9(24), 5504*. <https://doi.org/10.3390/APP9245504>
- Keith, D. R., Naumov, S., Rakoff, H. E., Sanches, L. M., & Singh, A. (2022). The effect of increasing vehicle utilization on the automotive industry. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2022.10.030>
- Kumar, A., Kashiya, T., Maeda, H., Omata, H., & Sekimoto, Y. (2022). Real-time citywide reconstruction of traffic flow from moving cameras on lightweight edge devices. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 192*, 115–129. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2022.07.022>

- Leal, S. S., MacIel De Almeida, P. E., & Ribeiro, R. G. (2020). Calibrating Traffic Microscopic Simulation Model Parameters Using an Evolutionary Approach. *Transportation Research Procedia*, 48, 1038–1045. <https://doi.org/10.1016/J.TRPRO.2020.08.131>
- Loo, B. P. Y., & Huang, Z. (2022). Spatio-temporal variations of traffic congestion under work from home (WFH) arrangements: Lessons learned from COVID-19. *Cities*, 124, 103610. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.103610>
- Ma, B., Hu, D., Wang, Y., Sun, Q., He, L., & Chen, X. (2023). Time-dependent Vehicle Routing Problem with Departure Time and Speed Optimization for Shared Autonomous Electric Vehicle Service. *Applied Mathematical Modelling*, 113, 333–357. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2022.09.020>
- Medina-Salgado, B., Sánchez-DelaCruz, E., Pozos-Parra, P., & Sierra, J. E. (2022). Urban traffic flow prediction techniques: A review. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 35, 100739. <https://doi.org/10.1016/J.SUSCOM.2022.100739>
- Mohammed Almatar, K. (2023). Traffic congestion patterns in the urban road network: (Dammam metropolitan area). *Ain Shams Engineering Journal*, 14(3), 101886. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101886>
- National Research Council (U.S.). Transportation Research Board. (2000). *Highway capacity manual*. Transportation Research Board, National Research Council.
- Nguyen, J., Powers, S. T., Urquhart, N., Farrenkopf, T., & Guckert, M. (2021). An overview of agent-based traffic simulators. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 12, 100486. <https://doi.org/10.1016/J.TRIP.2021.100486>
- Oyola Estrada, E. J., Berrú Cabrera, J. C., Romero Valdiviezo, E. A., Carrión Romero, L. O., Aguirre Morales, F. A., & Tacuri Rivas, M. A. (2017). Evaluación de la congestión vehicular: Av. Castro Benítez y Vía Pajonal, Machala-Ecuador, año 2016. *Cumbres*, ISSN-e 1390-3365, ISSN 1390-9541, Vol. 3, N°. 1, 2017 (Ejemplar Dedicado a: Cumbres, Enero - Junio), Págs. 135-142, 3(1), 135–142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6550728&info=resumen&idioma=SPA>
- Pandey, A., & Biswas, S. (n.d.). *Draft Development of “Speed Ratio” Based Level of Service Criteria on Undivided Urban Streets in Mixed Traffic Context Development of “Speed Ratio” Based Level of Service Criteria on Undivided Urban Streets in Mixed Traffic Context*.
- Peixoto, M. L. M., Mota, E., Maia, A. H. O., Lobato, W., Salahuddin, M. A., Boutaba, R., & Villas, L. A. (2023). FogJam: A Fog Service for Detecting Traffic Congestion in a Continuous Data Stream VANET. *Ad Hoc Networks*, 140, 103046. <https://doi.org/10.1016/J.ADHOC.2022.103046>

- Pinto, A. G. P., Arrieta, V. M., & Colque, H. O. (2019). Nivel de congestamiento del tráfico vehicular de la zona comercial de la avenida Bolognesi, Tacna – 2019. *Ciencia & Desarrollo*, 0(25), 32–40. <https://doi.org/10.33326/26176033.2019.25.861>
- PLAN DE CONTINGENCIA POR INUNDACIONES Machala: Municipio de Machala. (2009). *PLAN DE CONTINGENCIA POR INUNDACIONES*.
- PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA*. (2019).
- PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA ACTUALIZACIÓN 2015 II CONTENIDO PÁGINA*. (2015).
- Por, P., Carpio, F., Avilés, J., & Morillo, D. (2018). Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM. *Maskana*, ISSN 1390-6143, ISSN-e 2477-8893, Vol. 9, N°. 1, 2018, Págs. 115-124, 9(1), 115–124. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.11>
- Ruata Aviles, S., Córdova Rizo, F. J., Cabeza Quintero, G., & Leyva Vázquez, M. Y. (2018). Evaluación tráfico vehicular para conocer nivel de servicio de Avenida Francisco de Orellana, Ciudad Guayaquil. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, ISSN 2528-8083, Vol. 3, N°. Extra 3, 2018 (Ejemplar Dedicado a: I International Conference on Civil Engineering - ICCE 2018), Págs. 69-73, 3(3), 69–73. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp84-89p>
- Saleem, M., Abbas, S., Ghazal, T. M., Adnan Khan, M., Sahawneh, N., & Ahmad, M. (2022). Smart cities: Fusion-based intelligent traffic congestion control system for vehicular networks using machine learning techniques. *Egyptian Informatics Journal*, 23(3), 417–426. <https://doi.org/10.1016/J.EIJ.2022.03.003>
- Sarango, P. G., & Díaz, B. M. (n.d.). Sistema web y móvil híbrido para la recolección muestral de datos sobre flujo vehicular en la zona de regeneración urbana de la ciudad de Loja, Ecuador Mobile and web hybrid system for Data sample collection on vehicular flow in the urban regeneration area in Loja city Contenido. *ISSN*, 41.
- Scandella, M., Ghosh, A., Bin, M., & Parisini, T. (2022). Traffic-light control in urban environment exploiting drivers' reaction to the expected red lights duration. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 145, 103910. <https://doi.org/10.1016/J.TRC.2022.103910>
- Teixeira, R., Sousa, R., Gonçalves, E. J. T., & Oliveira, M. de. (2021). An Agent-Based Simulation to Explore Communication in a System to Control Urban Traffic with Smart Traffic Lights. *ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, ISSN-e 2255-2863, Vol.

10, N°. 3, 2021, Págs. 209-225, 10(3), 209–225.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8468719&info=resumen&idioma=ENG>

Thenoux, G., & Lastra, S. (2004). *Aplicación y calibración del Highway Capacity Manual versión 2000 (HCM 2000) en una autopista chilena*. www.ing.puc.cl/ric

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONTRUCCIONES. (n.d.).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO PORTADA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA UNIDAD ACADÉMICA DE TITULACIÓN MAESTRÍA EN VÍAS TERRESTRES *Resolución de Problema Profesional*. (n.d.).

Valenzo Jiménez, M. A., Lazaro López, D. A., & Martínez Arroyo, J. A. (2019). Application of the SERVQUAL model to evaluate the quality in the transportation service in Morelia, Mexico. *DYNA: Revista de La Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, ISSN 0012-7353, Vol. 86, N°. 211, 2019, Págs. 64-74, 86(211), 64–74.*
<https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.78368>

WARDROP, J. G. (2015). ROAD PAPER. SOME THEORETICAL ASPECTS OF ROAD TRAFFIC RESEARCH. *Https://Doi.Org/10.1680/Ipeds.1952.11259, 1(3), 325–362.*
<https://doi.org/10.1680/IPEDS.1952.11259>

Yang, W., Sun, Y. E., Huang, H., Du, Y., Huang, D., Tao, T., & Luo, Y. (2021). Persistent transportation traffic volume estimation with differential privacy. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 12(1), 213–231.* <https://doi.org/10.1007/S12652-020-01692-X/FIGURES/7>

Zhu, C., Yu, C., & Huo, J. (2023). Research on spatio-temporal network prediction model of parallel-series traffic flow based on Transformer and GCAT. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications, 610, 128414.* <https://doi.org/10.1016/J.PHYSA.2022.128414>

Ziad, T., Verdezoto, A., Felix, F., Montes, C., Beatriz, O., & Medina, R. (2020a). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica, ISSN-e 1856-9560, Vol. 21, N°. 2, 2020, Págs. 4-23, 21(2), 4–23.*
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>

Ziad, T., Verdezoto, A., Felix, F., Montes, C., Beatriz, O., & Medina, R. (2020b). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica, 21(2), 4–23.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21905.04960>

ANEXOS

ANEXO 1. Memoria fotográfica

Imagen N° 28 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Circunvalación Sur



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 29 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Circunvalación Sur



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 30 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 31 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 32 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 33 Realización de aforos vehiculares manuales en intersección Avenida Colón
Tinoco y Avenida Juan Palomino



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 34 Congestionamiento vehicular en intersecciones



Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 35 Congestionamiento vehicular en intersecciones



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. Aforos vehiculares

Intersección: Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Conteo vehicular: Día 1

AFORO VEHICULAR DÍA 1														
Periodos 15 min		COLON TINOCO N-S			COLON TINOCO S-N			JUAN PALOMINO O-E			JUAN PALOMINO E-O			Total
		IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	Vehículos
7:30	7:45	14	16	11	11	33	17	24	31	0	23	27	6	213
7:45	8:00	9	35	8	18	28	6	19	28	0	26	39	9	225
8:00	8:15	19	41	52	10	38	19	18	35	0	39	18	5	294
8:15	8:30	20	37	71	17	47	30	27	49	0	31	35	6	370
8:30	8:45	15	45	77	18	28	14	25	37	0	23	27	2	311
8:45	9:00	25	43	67	26	26	10	28	46	0	21	26	2	320
9:00	9:15	4	46	8	54	27	5	16	44	10	27	40	2	283
9:15	9:30	6	67	16	81	24	9	13	57	9	22	35	4	343
9:30	9:45	17	56	44	99	48	26	18	58	12	15	48	5	446
9:45	10:00	10	77	14	95	66	13	15	45	7	25	33	1	401
10:00	10:15	9	80	24	77	67	16	23	30	2	18	33	1	380
10:15	10:30	22	70	25	91	60	21	16	45	2	30	34	1	417
10:30	10:45	14	67	19	77	68	13	15	46	0	27	15	10	371
10:45	11:00	10	79	16	78	87	12	14	38	3	25	24	5	391
11:00	11:15	8	74	18	85	56	13	21	24	0	24	36	3	362
11:15	11:30	12	89	19	110	69	20	14	32	2	32	28	3	430
11:30	11:45	2	75	29	95	51	6	2	7	0	37	38	6	348
11:45	12:00	10	56	16	79	57	13	6	17	1	35	40	5	335
12:00	12:15	7	91	29	91	71	16	13	20	0	40	52	4	434
12:15	12:30	12	99	18	98	89	21	20	28	1	18	45	1	450
12:30	12:45	11	17	9	38	34	7	13	16	0	60	75	10	290
12:45	13:00	9	32	6	49	32	7	16	16	0	120	74	12	373
13:00	13:15	13	78	22	87	50	12	11	28	1	91	63	8	464
13:15	13:30	7	97	29	90	62	15	14	39	2	77	71	11	514
13:30	13:45	8	85	16	71	71	21	6	17	2	91	59	11	458
13:45	14:00	18	58	19	77	60	11	14	31	3	32	29	4	356
14:00	14:15	19	57	11	86	54	28	2	7	0	45	40	5	354
14:15	14:30	20	32	11	28	47	26	8	18	0	42	42	6	280
14:30	14:45	15	32	19	11	39	14	15	20	0	47	54	4	270
14:45	15:00	19	30	36	18	33	17	24	28	0	21	44	2	272
15:00	15:15	7	19	42	10	28	6	12	21	0	49	21	6	221
15:15	15:30	20	58	90	6	90	19	22	40	0	121	72	12	550
15:30	15:45	26	50	82	8	114	30	28	40	0	99	89	24	590
15:45	16:00	29	57	79	14	85	31	11	35	0	96	83	17	537
16:00	16:15	33	62	87	18	111	22	30	38	0	127	89	20	637

16:15	16:30	20	50	85	11	85	19	28	34	0	110	70	12	524
16:30	16:45	12	49	61	7	85	26	13	39	0	121	77	12	502
16:45	17:00	2	15	34	12	59	15	4	11	0	52	49	6	259
17:00	17:15	4	42	8	46	25	4	14	48	0	25	35	2	253
17:15	17:30	6	69	15	80	25	10	13	55	0	21	35	4	333
17:30	17:45	20	57	45	97	46	30	19	56	0	15	49	4	438
17:45	18:00	13	78	15	93	69	15	15	44	0	24	33	2	401
18:00	18:15	13	83	24	86	69	15	28	31	0	23	35	2	409
18:15	18:30	25	77	30	87	64	24	20	46	0	39	38	1	451
18:30	18:45	18	72	19	88	69	15	20	49	0	35	17	12	414
18:45	19:00	13	77	19	80	83	14	18	39	0	32	26	6	407
19:00	19:15	15	53	18	67	70	14	4	11	0	47	33	2	334
19:15	19:30	20	40	23	38	60	13	14	48	0	21	35	2	314

Conteo vehicular: Día 2

AFORO VEHICULAR DÍA 2														
Periodos 15 min		Av. COLON TINOCO S-N			Av. JUAN PALOMINO E-O			Av. COLON TINOCO N-S			Av. JUAN PALOMINO O-E			Total Vehic es
		IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	
7:30	7:45	12	29	15	19	26	7	13	15	14	27	32	7	216
7:45	8:00	18	26	5	23	35	9	9	35	9	21	30	6	226
8:00	8:15	10	33	13	31	17	5	18	39	64	20	34	1	285
8:15	8:30	15	39	19	24	32	5	21	36	84	28	47	8	358
8:30	8:45	17	24	10	18	24	1	12	42	86	26	40	6	306
8:45	9:00	23	21	6	17	23	1	20	40	78	28	44	3	304
9:00	9:15	15	20	3	20	30	1	23	63	80	23	35	9	322
9:15	9:30	15	20	6	16	30	3	19	49	70	19	46	7	300
9:30	9:45	20	31	14	10	36	3	28	46	59	20	40	14	321
9:45	10:00	19	50	8	17	26	1	25	45	92	29	42	4	358
10:00	10:15	26	48	8	16	28	1	15	65	76	27	33	12	355
10:15	10:30	28	46	13	26	29	1	29	65	89	19	47	17	409
10:30	10:45	20	48	9	23	13	10	19	46	66	22	50	10	336
10:45	11:00	27	54	7	20	19	5	17	50	59	20	39	14	331
11:00	11:15	23	48	11	23	34	5	14	42	90	26	23	6	345
11:15	11:30	11	59	13	31	27	4	16	59	68	19	37	17	361
11:30	11:45	32	49	6	34	33	7	1	5	3	3	6	1	180
11:45	12:00	37	53	12	37	39	6	1	8	10	0	0	0	203
12:00	12:15	50	56	13	40	48	4	18	46	68	16	20	3	382
12:15	12:30	37	31	5	17	39	1	21	49	94	27	29	6	356
12:30	12:45	8	101	17	59	75	17	18	64	55	17	18	6	455
12:45	13:00	7	101	18	118	74	20	21	66	71	22	18	7	543
13:00	13:15	5	75	13	110	67	12	24	58	58	16	30	11	479

13:15	13:30	12	91	12	91	76	15	14	50	48	16	41	13	479
13:30	13:45	12	87	12	107	63	18	8	31	31	9	18	1	397
13:45	14:00	16	52	16	67	53	10	17	32	16	17	31	6	333
14:00	14:15	18	50	10	79	53	26	2	7	5	24	39	11	324
14:15	14:30	17	29	12	27	43	22	8	18	10	22	43	9	260
14:30	14:45	12	29	20	11	35	12	16	19	4	16	43	6	223
14:45	15:00	11	26	8	22	27	17	8	20	6	11	33	10	199
15:00	15:15	11	27	5	50	21	8	8	19	40	13	22	3	227
15:15	15:30	7	87	16	111	70	14	19	57	87	22	41	2	533
15:30	15:45	9	110	25	90	86	25	22	49	79	27	40	3	565
15:45	16:00	15	81	27	89	81	18	24	57	77	12	37	8	526
16:00	16:15	18	106	19	116	86	22	26	62	83	32	38	10	618
16:15	16:30	12	82	16	101	68	14	17	50	82	28	34	9	513
16:30	16:45	7	81	22	112	75	13	9	48	59	13	40	8	487
16:45	17:00	13	57	14	48	48	6	2	14	34	5	12	0	253
17:00	17:15	17	19	4	22	33	1	25	29	35	22	34	9	250
17:15	17:30	18	21	9	18	33	4	17	28	37	19	45	9	258
17:30	17:45	28	29	25	14	44	4	27	47	68	24	43	14	367
17:45	18:00	24	43	13	20	30	1	27	15	33	29	45	3	283
18:00	18:15	36	40	13	19	33	1	14	33	49	33	32	12	315
18:15	18:30	37	21	22	14	15	1	29	36	34	23	48	18	298
18:30	18:45	28	23	13	29	15	12	22	46	72	23	51	10	344
18:45	19:00	37	27	12	27	25	7	17	47	69	19	40	16	343
19:00	19:15	12	53	13	20	30	1	25	29	35	32	42	3	295
19:15	19:30	17	19	4	19	33	1	17	28	37	13	37	10	235

Conteo vehicular: Día 3

AFORO VEHICULAR DÍA 3														
Periodos 15 min		COLON TINOCO N-S			JUAN PALOMINO E-O			COLON TINOCO S-N			JUAN PALOMINO O-E			Total Vehic es
		IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	
7:30	7:45	11	15	13	29	27	50	12	16	12	7	9	2	203
7:45	8:00	8	34	10	37	38	58	10	34	8	5	8	2	252
8:00	8:15	80	68	13	4	12	24	15	73	10	12	25	1	337
8:15	8:30	112	73	11	4	24	19	9	112	21	18	34	4	441
8:30	8:45	106	72	11	1	19	14	16	96	18	18	27	4	402
8:45	9:00	93	78	16	1	18	13	16	100	19	19	35	2	410
9:00	9:15	58	63	23	1	23	16	20	72	15	13	22	4	330
9:15	9:30	90	94	15	2	24	13	13	89	17	12	32	4	405
9:30	9:45	82	77	14	3	32	10	16	75	16	14	28	6	373
9:45	10:00	97	70	10	1	22	15	21	86	21	17	31	2	393
10:00	10:15	101	65	5	1	24	15	13	94	19	19	21	7	384

10:15	10:30	60	44	14	0	20	19	9	42	8	10	26	6	258
10:30	10:45	100	74	15	9	12	21	17	84	13	13	34	5	397
10:45	11:00	90	66	9	5	17	21	16	96	12	11	28	7	378
11:00	11:15	85	75	13	3	26	19	3	86	14	18	16	2	360
11:15	11:30	86	67	19	2	28	30	12	88	16	8	23	3	382
11:30	11:45	109	94	14	14	22	34	7	94	16	15	17	1	437
11:45	12:00	18	8	2	25	23	41	4	13	10	1	5	2	152
12:00	12:15	81	70	10	4	14	20	9	98	24	10	17	3	360
12:15	12:30	78	21	12	6	10	19	10	24	13	3	8	1	205
12:30	12:45	19	65	66	54	74	39	17	101	18	4	5	2	464
12:45	13:00	21	67	85	29	74	45	7	101	16	6	5	3	459
13:00	13:15	23	57	70	20	67	26	6	75	13	4	8	4	373
13:15	13:30	14	50	56	8	76	35	13	90	12	4	12	4	374
13:30	13:45	8	30	36	63	63	35	11	87	10	3	5	0	351
13:45	14:00	16	33	15	29	55	25	18	55	17	4	8	2	277
14:00	14:15	2	7	4	17	54	62	20	54	10	6	11	3	250
14:15	14:30	7	17	10	8	45	53	19	32	12	5	12	3	223
14:30	14:45	41	38	2	9	12	13	7	39	5	1	0	0	167
14:45	15:00	80	105	19	28	60	73	10	113	22	26	64	9	609
15:00	15:15	114	98	20	23	78	84	15	128	33	24	28	4	649
15:15	15:30	118	91	17	17	74	71	10	110	28	19	47	9	611
15:30	15:45	79	87	12	22	75	86	14	102	22	22	32	9	562
15:45	16:00	82	50	7	14	34	45	8	57	26	21	37	8	389
16:00	16:15	103	83	7	13	46	29	12	127	21	18	37	4	500
16:15	16:30	111	96	14	9	40	36	15	83	19	10	25	3	461
16:30	16:45	115	79	18	11	52	33	12	83	19	13	34	12	481
16:45	17:00	83	75	16	9	28	48	16	92	16	7	9	0	399
17:00	17:15	58	65	29	8	34	56	22	72	16	5	10	3	378
17:15	17:30	90	96	18	17	33	45	16	88	18	5	13	3	442
17:30	17:45	82	79	17	17	47	33	18	75	17	6	12	4	407
17:45	18:00	95	71	12	8	32	53	24	85	21	7	13	1	422
18:00	18:15	100	67	6	8	34	50	13	93	20	8	9	3	411
18:15	18:30	59	44	17	3	37	84	10	42	8	5	14	5	328
18:30	18:45	99	75	17	54	17	75	18	84	13	5	14	3	474
18:45	19:00	89	68	11	29	25	70	18	95	12	4	12	4	437
19:00	19:15	13	57	15	91	32	5	26	29	29	8	12	1	318
19:15	19:30	17	23	4	88	34	5	18	27	30	3	11	3	263

Intersección: Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Conteo vehicular: Día 1

AFORO VEHICULAR DÍA 1														
Periodos 15 min		COLON TINOCO N-S			COLON TINOCO S-N			CIRC. SUR E-O			CIRC. SUR O-E			Total Vehic es
		IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	
7:30	7:45	0	91	0	25	71	0	0	0	0	75	0	10	344
7:45	8:00	0	108	0	54	74	0	0	0	0	112	0	32	481
8:00	8:15	0	94	0	57	69	0	0	0	0	110	0	40	432
8:15	8:30	0	120	0	42	79	0	0	0	0	108	0	29	433
8:30	8:45	0	140	0	32	104	0	0	0	0	95	0	22	446
8:45	9:00	0	206	0	41	97	0	0	0	0	92	0	19	529
9:00	9:15	0	281	0	41	95	0	0	0	0	88	0	12	574
9:15	9:30	0	327	0	30	101	0	0	0	0	72	0	28	605
9:30	9:45	0	239	0	39	85	0	0	0	0	76	0	23	520
9:45	10:00	0	133	0	29	236	0	0	0	0	87	0	16	564
10:00	10:15	0	148	0	26	233	0	0	0	0	64	0	27	564
10:15	10:30	0	126	0	30	192	0	0	0	0	45	0	20	458
10:30	10:45	0	129	0	10	107	0	0	0	0	35	0	10	312
10:45	11:00	0	113	0	5	65	0	0	0	0	81	0	22	353
11:00	11:15	0	48	0	14	63	0	0	0	0	31	0	14	182
11:15	11:30	0	24	0	22	96	0	0	0	0	69	0	17	267
11:30	11:45	0	41	0	41	89	0	0	0	0	62	0	25	308
11:45	12:00	0	50	0	30	132	0	0	0	0	90	0	32	380
12:00	12:15	0	27	0	23	87	0	0	0	0	111	0	30	325
12:15	12:30	0	26	0	25	84	0	0	0	0	83	0	24	321
12:30	12:45	0	39	0	34	80	0	0	0	0	100	0	24	323
12:45	13:00	0	33	0	28	91	0	0	0	0	98	0	21	313
13:00	13:15	0	48	0	53	110	0	0	0	0	99	0	21	378
13:15	13:30	0	29	0	40	81	0	0	0	0	116	0	34	352
13:30	13:45	0	28	0	44	71	0	0	0	0	88	0	16	304
13:45	14:00	0	29	0	34	59	0	0	0	0	102	0	16	293
14:00	14:15	0	26	0	22	67	0	0	0	0	89	0	33	279
14:15	14:30	0	20	0	18	75	0	0	0	0	79	0	18	237
14:30	14:45	0	9	0	38	66	0	0	0	0	76	0	25	271
14:45	15:00	0	53	0	23	83	0	0	0	0	73	0	13	281
15:00	15:15	0	71	0	24	78	0	0	0	0	92	0	43	363
15:15	15:30	0	23	0	12	16	0	0	0	0	63	0	19	161
15:30	15:45	0	58	0	13	13	0	0	0	0	64	0	17	195
15:45	16:00	0	66	0	35	56	0	0	0	0	41	0	37	267
16:00	16:15	0	100	0	51	81	0	0	0	0	104	0	36	439
16:15	16:30	0	99	0	43	85	0	0	0	0	109	0	28	418
16:30	16:45	0	90	0	33	112	0	0	0	0	95	0	21	404
16:45	17:00	0	169	0	41	103	0	0	0	0	90	0	18	494
17:00	17:15	0	233	0	42	102	0	0	0	0	89	0	13	537
17:15	17:30	0	136	0	30	108	0	0	0	0	72	0	28	420

17:30	17:45	0	150	0	39	91	0	0	0	0	74	0	23	433
17:45	18:00	0	143	0	30	214	0	0	0	0	88	0	17	554
18:00	18:15	0	159	0	25	195	0	0	0	0	62	0	27	531
18:15	18:30	0	134	0	30	145	0	0	0	0	45	0	18	417
18:30	18:45	0	138	0	10	114	0	0	0	0	30	0	10	322
18:45	19:00	0	121	0	5	69	0	0	0	0	81	0	23	366
19:00	19:15	0	106	0	7	58	0	0	0	0	63	0	22	284
19:15	19:30	0	107	0	25	66	0	0	0	0	36	0	13	282

Conteo vehicular: Día 2

AFORO VEHICULAR DÍA 2														
Periodos 15 min		COLON TINOCO N-S			CIRCUNVALACION SUR E-O			COLON TINOCO S-N			CIRCUNVALACION SUR O-E			Total
		IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	Vehic es
7:30	7:45	0	106	16	0	0	0	22	86	0	78	12	13	333
7:45	8:00	0	109	19	0	0	0	52	81	0	68	8	29	366
8:00	8:15	0	87	30	0	0	0	76	108	0	59	29	71	460
8:15	8:30	0	103	27	0	0	0	103	125	0	45	23	68	494
8:30	8:45	0	112	26	0	0	0	96	132	0	29	31	60	486
8:45	9:00	0	92	21	0	0	0	91	88	0	36	25	50	403
9:00	9:15	0	89	32	0	0	0	86	96	0	38	33	61	435
9:15	9:30	0	102	33	0	0	0	79	108	0	22	20	44	408
9:30	9:45	0	76	24	0	0	0	62	105	0	37	36	72	412
9:45	10:00	0	83	26	0	0	0	79	91	0	36	30	51	396
10:00	10:15	0	99	29	0	0	0	77	85	0	34	13	56	393
10:15	10:30	0	82	14	0	0	0	77	92	0	50	25	66	406
10:30	10:45	0	76	20	0	0	0	77	80	0	32	12	49	346
10:45	11:00	0	75	22	0	0	0	78	71	0	20	23	41	330
11:00	11:15	0	89	27	0	0	0	78	86	0	34	24	64	402
11:15	11:30	0	90	27	0	0	0	84	87	0	39	16	32	375
11:30	11:45	0	85	18	0	0	0	78	102	0	40	17	47	387
11:45	12:00	0	65	18	0	0	0	59	69	0	22	18	31	282
12:00	12:15	0	62	23	0	0	0	73	108	0	22	16	32	336
12:15	12:30	0	77	19	0	0	0	58	84	0	28	17	46	329
12:30	12:45	0	86	22	0	0	0	79	114	0	26	17	39	383
12:45	13:00	0	31	19	0	0	0	28	59	0	10	12	20	179
13:00	13:15	0	25	13	0	0	0	32	25	0	19	12	12	138
13:15	13:30	0	31	19	0	0	0	27	36	0	32	18	18	181
13:30	13:45	0	25	16	0	0	0	22	40	0	26	12	21	162
13:45	14:00	0	18	19	0	0	0	18	30	0	19	25	21	150
14:00	14:15	0	34	13	0	0	0	32	56	0	17	32	32	216
14:15	14:30	0	57	13	0	0	0	49	63	0	19	27	31	259

14:30	14:45	0	81	19	0	0	0	87	135	0	56	31	72	481
14:45	15:00	0	95	16	0	0	0	88	129	0	34	38	54	454
15:00	15:15	0	97	36	0	0	0	109	133	0	36	31	67	509
15:15	15:30	0	99	18	0	0	0	85	108	0	37	18	56	421
15:30	15:45	0	88	26	0	0	0	79	75	0	23	37	60	388
15:45	16:00	0	92	24	0	0	0	87	129	0	22	16	57	427
16:00	16:15	0	74	25	0	0	0	64	76	0	33	24	65	361
16:15	16:30	0	73	22	0	0	0	66	51	0	39	27	49	327
16:30	16:45	0	64	25	0	0	0	45	61	0	24	17	27	263
16:45	17:00	0	72	21	0	0	0	91	89	0	36	25	51	385
17:00	17:15	0	58	33	0	0	0	87	59	0	38	31	62	368
17:15	17:30	0	85	33	0	0	0	80	36	0	23	20	44	321
17:30	17:45	0	67	23	0	0	0	62	68	0	37	35	62	354
17:45	18:00	0	53	28	0	0	0	60	59	0	35	31	51	317
18:00	18:15	0	70	30	0	0	0	56	68	0	33	12	37	306
18:15	18:30	0	61	15	0	0	0	41	46	0	51	23	27	264
18:30	18:45	0	55	21	0	0	0	56	56	0	30	12	50	280
18:45	19:00	0	34	23	0	0	0	80	71	0	19	23	43	293
19:00	19:15	0	25	13	0	0	0	25	27	0	19	12	37	158
19:15	19:30	0	21	37	0	0	0	13	31	0	23	30	32	187

Conteo vehicular: Día 3

AFORO VEHICULAR DÍA 3														
Periodos 15 min		COLON TINOCO N-S			CIRCUNVALACION SUR E-O			COLON TINOCO S-N			CIRCUNVALACION SUR O-E			Total Vehic es
		IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	IZQ	FREN TE	DER	
7:30	7:45	0	108	15	0	0	0	21	85	0	76	11	13	329
7:45	8:00	0	111	17	0	0	0	51	81	0	67	8	28	363
8:00	8:15	0	116	34	0	0	0	122	115	0	61	24	60	532
8:15	8:30	0	106	33	0	0	0	98	97	0	40	21	68	463
8:30	8:45	1	110	33	0	0	0	83	101	0	44	28	64	464
8:45	9:00	0	92	30	0	0	0	94	110	0	52	26	65	470
9:00	9:15	0	92	17	0	0	0	82	81	0	40	11	43	366
9:15	9:30	0	93	33	0	0	0	72	92	0	34	26	46	396
9:30	9:45	0	94	30	0	0	0	68	105	0	26	27	61	411
9:45	10:00	0	96	22	0	0	0	74	102	0	29	20	58	401
10:00	10:15	0	133	26	0	0	0	86	106	0	39	15	46	451
10:15	10:30	0	103	22	0	0	0	43	105	0	32	24	63	392
10:30	10:45	0	102	24	0	0	0	56	93	0	30	34	70	409
10:45	11:00	0	110	24	0	0	0	89	85	0	28	15	40	391
11:00	11:15	0	97	31	0	0	0	73	77	0	34	12	56	380
11:15	11:30	0	126	34	0	0	0	88	97	0	32	19	39	435

11:30	11:45	0	102	24	0	0	0	81	90	0	20	21	41	379
11:45	12:00	0	68	23	0	0	0	52	91	0	30	25	62	351
12:00	12:15	0	92	25	0	0	0	91	89	0	29	31	43	400
12:15	12:30	0	73	25	0	0	0	75	83	0	37	30	41	364
12:30	12:45	0	56	22	0	0	0	83	73	0	23	32	47	336
12:45	13:00	0	34	42	0	0	0	38	81	0	26	29	47	297
13:00	13:15	0	30	19	0	0	0	29	59	0	30	13	20	200
13:15	13:30	0	21	12	0	0	0	31	25	0	19	11	13	132
13:30	13:45	0	32	17	0	0	0	26	36	0	33	17	18	179
13:45	14:00	0	25	15	0	0	0	21	38	0	25	13	13	150
14:00	14:15	0	18	17	0	0	0	19	30	0	19	26	20	149
14:15	14:30	0	34	12	0	0	0	31	56	0	16	31	31	211
14:30	14:45	0	37	12	0	0	0	49	63	0	19	27	38	245
14:45	15:00	0	17	17	0	0	0	29	14	0	13	13	10	113
15:00	15:15	0	126	35	0	0	0	78	111	0	30	19	49	448
15:15	15:30	0	114	20	0	0	0	96	88	0	52	40	55	465
15:30	15:45	0	134	20	0	0	0	98	113	0	43	32	67	507
15:45	16:00	0	137	31	0	0	0	93	98	0	51	32	38	480
16:00	16:15	0	93	27	0	0	0	66	105	0	36	37	70	434
16:15	16:30	0	92	38	0	0	0	109	100	0	26	34	58	457
16:30	16:45	0	107	20	0	0	0	74	109	0	38	26	28	402
16:45	17:00	0	91	29	0	0	0	91	90	0	40	39	47	427
17:00	17:15	0	73	16	0	0	0	81	81	0	40	10	44	345
17:15	17:30	0	74	25	0	0	0	71	91	0	33	27	46	367
17:30	17:45	0	85	15	0	0	0	67	83	0	26	27	60	363
17:45	18:00	0	97	20	0	0	0	74	65	0	30	20	58	364
18:00	18:15	0	94	26	0	0	0	86	75	0	38	14	46	379
18:15	18:30	0	94	22	0	0	0	42	75	0	33	25	62	353
18:30	18:45	0	84	24	0	0	0	56	93	0	30	33	69	389
18:45	19:00	0	111	24	0	0	0	90	85	0	28	14	40	392
19:00	19:15	0	68	20	0	0	0	46	56	0	18	17	10	235
19:15	19:30	0	57	36	0	0	0	51	61	0	30	18	49	302

ANEXO 2. Clasificación vehicular

Intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Clasificación vehicular día 1:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	151	8	22	32	213
7:45:00	8:00:00	160	7	22	36	225
8:00:00	8:15:00	204	13	30	47	294
8:15:00	8:30:00	260	18	38	54	370
8:30:00	8:45:00	219	15	31	46	311

8:45:00	9:00:00	224	16	33	47	320
9:00:00	9:15:00	193	19	30	41	283
9:15:00	9:30:00	250	18	35	40	343
9:30:00	9:45:00	322	15	49	60	446
9:45:00	10:00:00	277	15	36	73	401
10:00:00	10:15:00	288	13	29	50	380
10:15:00	10:30:00	320	8	38	51	417
10:30:00	10:45:00	291	12	33	35	371
10:45:00	11:00:00	288	5	26	72	391
11:00:00	11:15:00	272	12	39	39	362
11:15:00	11:30:00	313	6	45	66	430
11:30:00	11:45:00	258	8	25	57	348
11:45:00	12:00:00	248	11	20	56	335
12:00:00	12:15:00	309	9	28	88	434
12:15:00	12:30:00	316	8	49	77	450
12:30:00	12:45:00	224	2	10	54	290
12:45:00	13:00:00	282	7	6	78	373
13:00:00	13:15:00	359	9	22	74	464
13:15:00	13:30:00	390	11	37	76	514
13:30:00	13:45:00	343	11	34	70	458
13:45:00	14:00:00	251	6	37	62	356
14:00:00	14:15:00	254	9	28	63	354
14:15:00	14:30:00	197	10	25	48	280
14:30:00	14:45:00	192	8	23	47	270
14:45:00	15:00:00	191	11	28	42	272
15:00:00	15:15:00	154	7	22	38	221
15:15:00	15:30:00	383	19	53	95	550
15:30:00	15:45:00	414	22	59	95	590
15:45:00	16:00:00	377	18	52	90	537
16:00:00	16:15:00	444	22	63	108	637
16:15:00	16:30:00	363	20	50	91	524
16:30:00	16:45:00	351	17	46	88	502
16:45:00	17:00:00	184	7	23	45	259
17:00:00	17:15:00	181	7	24	41	253
17:15:00	17:30:00	239	11	32	51	333
17:30:00	17:45:00	313	17	43	65	438
17:45:00	18:00:00	286	14	37	64	401
18:00:00	18:15:00	288	17	40	64	409
18:15:00	18:30:00	320	17	42	72	451
18:30:00	18:45:00	291	16	43	64	414
18:45:00	19:00:00	288	16	39	64	407
19:00:00	19:15:00	235	12	31	56	334
19:15:00	19:30:00	223	11	31	49	314
TOTAL		13180	590	1638	2921	18329
TOTAL %		72%	3%	9%	16%	100%

Clasificación vehicular día 2:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	145	7	23	41	216
7:45:00	8:00:00	153	6	24	43	226
8:00:00	8:15:00	205	1	27	52	285
8:15:00	8:30:00	260	4	25	69	358
8:30:00	8:45:00	227	1	19	59	306
8:45:00	9:00:00	228	2	14	60	304
9:00:00	9:15:00	241	2	18	61	322
9:15:00	9:30:00	217	5	20	58	300
9:30:00	9:45:00	224	3	25	69	321
9:45:00	10:00:00	265	1	17	75	358
10:00:00	10:15:00	256	1	20	78	355
10:15:00	10:30:00	296	4	21	88	409
10:30:00	10:45:00	238	1	25	72	336
10:45:00	11:00:00	230	1	23	77	331
11:00:00	11:15:00	249	2	25	69	345
11:15:00	11:30:00	256	2	34	69	361
11:30:00	11:45:00	133	4	1	42	180
11:45:00	12:00:00	133	4	22	44	203
12:00:00	12:15:00	265	2	39	76	382
12:15:00	12:30:00	258	1	25	72	356
12:30:00	12:45:00	324	12	32	87	455
12:45:00	13:00:00	393	9	34	107	543
13:00:00	13:15:00	367	11	37	64	479
13:15:00	13:30:00	333	10	42	94	479
13:30:00	13:45:00	279	13	35	70	397
13:45:00	14:00:00	227	8	34	64	333
14:00:00	14:15:00	223	6	32	63	324
14:15:00	14:30:00	178	6	26	50	260
14:30:00	14:45:00	152	7	22	42	223
14:45:00	15:00:00	136	6	20	37	199
15:00:00	15:15:00	170	1	21	35	227
15:15:00	15:30:00	374	10	50	99	533
15:30:00	15:45:00	407	9	60	89	565
15:45:00	16:00:00	355	15	56	100	526
16:00:00	16:15:00	428	8	70	112	618
16:15:00	16:30:00	351	14	52	96	513
16:30:00	16:45:00	338	11	54	84	487
16:45:00	17:00:00	173	7	28	45	253
17:00:00	17:15:00	172	8	24	46	250
17:15:00	17:30:00	176	8	25	49	258
17:30:00	17:45:00	251	10	40	66	367
17:45:00	18:00:00	191	10	28	54	283

18:00:00	18:15:00	212	10	31	62	315
18:15:00	18:30:00	201	9	33	55	298
18:30:00	18:45:00	239	8	36	61	344
18:45:00	19:00:00	234	8	37	64	343
19:00:00	19:15:00	201	11	28	55	295
19:15:00	19:30:00	162	7	22	44	235
TOTAL		11726	306	1456	3168	16656
TOTAL %		70%	2%	9%	19%	100%

Clasificación vehicular día 3:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	139	7	21	36	203
7:45:00	8:00:00	178	9	22	43	252
8:00:00	8:15:00	250	5	16	66	337
8:15:00	8:30:00	336	7	28	70	441
8:30:00	8:45:00	299	10	28	65	402
8:45:00	9:00:00	298	9	33	70	410
9:00:00	9:15:00	250	6	19	55	330
9:15:00	9:30:00	307	8	35	55	405
9:30:00	9:45:00	267	9	26	71	373
9:45:00	10:00:00	287	11	41	54	393
10:00:00	10:15:00	282	6	44	52	384
10:15:00	10:30:00	201	9	17	31	258
10:30:00	10:45:00	299	13	25	60	397
10:45:00	11:00:00	277	12	21	68	378
11:00:00	11:15:00	246	13	39	62	360
11:15:00	11:30:00	250	15	41	76	382
11:30:00	11:45:00	320	14	33	70	437
11:45:00	12:00:00	109	8	13	22	152
12:00:00	12:15:00	249	7	39	65	360
12:15:00	12:30:00	168	1	9	27	205
12:30:00	12:45:00	331	18	40	75	464
12:45:00	13:00:00	327	17	39	76	459
13:00:00	13:15:00	263	12	34	64	373
13:15:00	13:30:00	264	12	33	65	374
13:30:00	13:45:00	254	14	28	55	351
13:45:00	14:00:00	195	11	24	47	277
14:00:00	14:15:00	176	8	22	44	250
14:15:00	14:30:00	153	7	23	40	223
14:30:00	14:45:00	129	3	9	26	167
14:45:00	15:00:00	455	11	54	89	609
15:00:00	15:15:00	473	14	61	101	649
15:15:00	15:30:00	452	12	44	103	611

15:30:00	15:45:00	406	9	49	98	562
15:45:00	16:00:00	275	16	33	65	389
16:00:00	16:15:00	349	14	46	91	500
16:15:00	16:30:00	315	8	46	92	461
16:30:00	16:45:00	356	10	46	69	481
16:45:00	17:00:00	300	2	21	76	399
17:00:00	17:15:00	265	12	35	66	378
17:15:00	17:30:00	311	13	41	77	442
17:30:00	17:45:00	283	14	38	72	407
17:45:00	18:00:00	298	12	40	72	422
18:00:00	18:15:00	292	10	38	71	411
18:15:00	18:30:00	229	10	31	58	328
18:30:00	18:45:00	336	14	45	79	474
18:45:00	19:00:00	309	14	41	73	437
19:00:00	19:15:00	215	14	33	56	318
19:15:00	19:30:00	178	13	30	42	263
19:30:00		0	0	0	0	0
TOTAL		13201	503	1574	3060	18338
TOTAL %		72%	3%	9%	17%	100%

Intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Clasificación vehicular día 1:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	256	3	15	70	344
7:45:00	8:00:00	334	16	33	98	481
8:00:00	8:15:00	296	15	25	96	432
8:15:00	8:30:00	291	7	30	105	433
8:30:00	8:45:00	316	8	36	86	446
8:45:00	9:00:00	356	23	38	112	529
9:00:00	9:15:00	443	2	33	96	574
9:15:00	9:30:00	431	9	36	129	605
9:30:00	9:45:00	327	22	50	121	520
9:45:00	10:00:00	415	8	35	106	564
10:00:00	10:15:00	387	33	34	110	564
10:15:00	10:30:00	322	18	23	95	458
10:30:00	10:45:00	241	7	22	42	312
10:45:00	11:00:00	247	6	25	75	353
11:00:00	11:15:00	134	4	13	31	182
11:15:00	11:30:00	175	10	20	62	267
11:30:00	11:45:00	203	9	32	64	308
11:45:00	12:00:00	250	12	19	99	380

12:00:00	12:15:00	220	4	22	79	325
12:15:00	12:30:00	207	10	32	72	321
12:30:00	12:45:00	217	9	18	79	323
12:45:00	13:00:00	214	8	15	76	313
13:00:00	13:15:00	231	8	24	115	378
13:15:00	13:30:00	232	4	27	89	352
13:30:00	13:45:00	208	7	18	71	304
13:45:00	14:00:00	173	12	23	85	293
14:00:00	14:15:00	183	12	25	59	279
14:15:00	14:30:00	152	8	25	52	237
14:30:00	14:45:00	174	12	27	58	271
14:45:00	15:00:00	200	10	16	55	281
15:00:00	15:15:00	242	13	41	67	363
15:15:00	15:30:00	114	1	16	30	161
15:30:00	15:45:00	133	7	16	39	195
15:45:00	16:00:00	180	10	20	57	267
16:00:00	16:15:00	296	15	35	93	439
16:15:00	16:30:00	281	15	33	89	418
16:30:00	16:45:00	270	15	30	89	404
16:45:00	17:00:00	331	21	38	104	494
17:00:00	17:15:00	357	27	40	113	537
17:15:00	17:30:00	281	17	30	92	420
17:30:00	17:45:00	290	19	33	91	433
17:45:00	18:00:00	367	22	39	126	554
18:00:00	18:15:00	352	23	37	119	531
18:15:00	18:30:00	277	19	28	93	417
18:30:00	18:45:00	212	18	21	71	322
18:45:00	19:00:00	247	15	29	75	366
19:00:00	19:15:00	190	13	21	60	284
19:15:00	19:30:00	187	14	21	60	282
TOTAL		12442	600	1319	3955	18316
TOTAL %		68%	3%	7%	22%	100%

Clasificación vehicular día 2:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	228	9	24	72	333
7:45:00	8:00:00	251	11	26	78	366
8:00:00	8:15:00	310	8	28	114	460
8:15:00	8:30:00	321	6	35	132	494
8:30:00	8:45:00	340	13	41	92	486
8:45:00	9:00:00	282	10	22	89	403
9:00:00	9:15:00	304	12	30	89	435
9:15:00	9:30:00	279	7	24	98	408

9:30:00	9:45:00	286	11	37	78	412
9:45:00	10:00:00	304	6	23	63	396
10:00:00	10:15:00	286	8	30	69	393
10:15:00	10:30:00	296	8	31	71	406
10:30:00	10:45:00	237	9	25	75	346
10:45:00	11:00:00	220	2	39	69	330
11:00:00	11:15:00	291	8	29	74	402
11:15:00	11:30:00	241	10	35	89	375
11:30:00	11:45:00	270	8	42	67	387
11:45:00	12:00:00	173	7	21	81	282
12:00:00	12:15:00	220	6	25	85	336
12:15:00	12:30:00	235	7	25	62	329
12:30:00	12:45:00	260	10	18	95	383
12:45:00	13:00:00	123	1	10	45	179
13:00:00	13:15:00	94	3	11	30	138
13:15:00	13:30:00	125	4	13	39	181
13:30:00	13:45:00	111	4	13	34	162
13:45:00	14:00:00	103	4	11	32	150
14:00:00	14:15:00	148	5	17	46	216
14:15:00	14:30:00	187	1	18	53	259
14:30:00	14:45:00	322	9	33	117	481
14:45:00	15:00:00	324	7	32	91	454
15:00:00	15:15:00	342	7	38	122	509
15:15:00	15:30:00	308	9	28	76	421
15:30:00	15:45:00	258	6	45	79	388
15:45:00	16:00:00	289	8	32	98	427
16:00:00	16:15:00	236	6	49	70	361
16:15:00	16:30:00	218	8	40	61	327
16:30:00	16:45:00	186	5	22	50	263
16:45:00	17:00:00	263	9	31	82	385
17:00:00	17:15:00	253	7	30	78	368
17:15:00	17:30:00	219	8	26	68	321
17:30:00	17:45:00	243	8	28	75	354
17:45:00	18:00:00	216	7	26	68	317
18:00:00	18:15:00	210	8	23	65	306
18:15:00	18:30:00	179	8	20	57	264
18:30:00	18:45:00	192	7	23	58	280
18:45:00	19:00:00	202	6	24	61	293
19:00:00	19:15:00	108	4	13	33	158
19:15:00	19:30:00	128	5	14	40	187
TOTAL		11221	340	1280	3470	16311
TOTAL %		69%	2%	8%	21%	100%

Clasificación vehicular día 3:

Periodos 15 min		AUTOS	BUSES	PESADOS	MOTOS	TOTAL
7:30:00	7:45:00	228	5	22	74	329
7:45:00	8:00:00	252	5	27	79	363
8:00:00	8:15:00	367	8	41	116	532
8:15:00	8:30:00	319	7	26	111	463
8:30:00	8:45:00	323	6	22	113	464
8:45:00	9:00:00	333	8	36	93	470
9:00:00	9:15:00	242	4	34	86	366
9:15:00	9:30:00	281	11	22	82	396
9:30:00	9:45:00	290	8	41	72	411
9:45:00	10:00:00	275	8	35	83	401
10:00:00	10:15:00	318	5	39	89	451
10:15:00	10:30:00	268	7	33	84	392
10:30:00	10:45:00	299	11	30	69	409
10:45:00	11:00:00	277	8	27	79	391
11:00:00	11:15:00	273	6	29	72	380
11:15:00	11:30:00	306	8	26	95	435
11:30:00	11:45:00	262	7	27	83	379
11:45:00	12:00:00	238	6	27	80	351
12:00:00	12:15:00	247	8	34	111	400
12:15:00	12:30:00	247	5	32	80	364
12:30:00	12:45:00	244	4	22	66	336
12:45:00	13:00:00	186	2	31	78	297
13:00:00	13:15:00	137	3	16	44	200
13:15:00	13:30:00	92	1	10	29	132
13:30:00	13:45:00	124	2	13	40	179
13:45:00	14:00:00	104	1	11	34	150
14:00:00	14:15:00	102	1	12	34	149
14:15:00	14:30:00	146	3	16	46	211
14:30:00	14:45:00	169	3	20	53	245
14:45:00	15:00:00	93	1	4	15	113
15:00:00	15:15:00	321	5	32	90	448
15:15:00	15:30:00	317	10	44	94	465
15:30:00	15:45:00	356	9	35	107	507
15:45:00	16:00:00	335	8	37	100	480
16:00:00	16:15:00	305	7	28	94	434
16:15:00	16:30:00	321	7	33	96	457
16:30:00	16:45:00	278	8	30	86	402
16:45:00	17:00:00	294	6	36	91	427
17:00:00	17:15:00	239	4	28	74	345
17:15:00	17:30:00	255	4	28	80	367
17:30:00	17:45:00	252	5	29	77	363
17:45:00	18:00:00	252	4	30	78	364

18:00:00	18:15:00	265	5	29	80	379
18:15:00	18:30:00	247	5	27	74	353
18:30:00	18:45:00	270	5	31	83	389
18:45:00	19:00:00	274	5	30	83	392
19:00:00	19:15:00	163	3	16	53	235
19:15:00	19:30:00	211	3	25	63	302
TOTAL		11997	265	1313	3693	17268
TOTAL %		69%	2%	8%	21%	100%

ANEXO 3. Volúmenes vehiculares por hora

Intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Juan Palomino

Volúmenes vehiculares por hora día 1:

HORAS	COLON TINOCO N-S			COLON TINOCO S-N			JUAN PALOMINO O-E			JUAN PALOMINO E-O		
	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER
7:30 - 8:30	62	129	142	56	146	72	88	143	0	119	119	26
8:30 - 9:30	50	201	168	179	105	38	82	184	19	93	128	10
9:30 - 10:30	58	283	107	362	241	76	72	178	23	88	148	8
10:30 - 11:30	44	309	72	350	280	58	64	140	5	108	103	21
11:30 - 12:30	31	321	92	363	268	56	41	72	2	130	175	16
12:30 - 13:30	40	224	66	264	178	41	54	99	3	348	283	41
13:30 - 14:30	65	232	57	262	232	86	30	73	5	210	170	26

14:30 - 15:30	61	139	187	45	190	56	73	109	0	238	191	24
15:30 - 16:30	108	219	333	51	395	102	97	147	0	432	331	73
16:30 - 17:30	24	175	118	145	194	55	44	153	0	219	196	24
17:30 - 18:30	71	295	114	363	248	84	82	177	0	101	155	9
18:30 - 17:30	66	242	79	273	282	56	56	147	0	135	111	22
V MÁXIMOS POR HORA	108	321	333	363	395	102	97	184	23	379	331	73

Volúmenes vehiculares por hora día 2:

HORAS	Av. COLON TINOCO S-N			Av. JUAN PALOMINO E-O			Av. COLON TINOCO N-S			Av. JUAN PALOMINO O-E		
	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER	IZQ	FRENTE	DER
7:30 - 8:30	55	127	52	97	110	26	61	125	171	96	143	22
8:30 - 9:30	70	85	25	71	107	6	74	194	314	96	165	25
9:30 - 10:30	93	175	43	69	119	6	97	221	316	95	162	47
10:30 - 11:30	81	209	40	97	93	24	66	197	283	87	149	47

11:30 - 12:30	156	189	36	128	159	18	41	108	175	46	55	10
12:30 - 13:30	32	368	60	378	292	64	77	238	232	71	107	37
13:30 - 14:30	63	218	50	280	212	76	35	88	62	72	131	27
14:30 - 15:30	41	169	49	194	153	51	51	115	137	62	139	21
15:30 - 16:30	54	379	87	396	321	79	89	218	321	99	149	30
16:30 - 17:30	55	178	49	200	189	24	53	119	165	59	131	26
17:30 - 18:30	125	133	73	67	122	7	97	131	184	109	168	47
18:30 - 17:30	94	122	42	95	103	21	81	150	213	87	170	39
V MÁXI MOS POR HORA	156	379	87	396	321	79	97	238	321	109	170	47

Volúmenes vehiculares por hora, día 3:

HORAS	COLON TINOCO N-S			JUAN PALOMINO E-O			COLON TINOCO S-N			JUAN PALOMINO O-E		
	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER
7:30 - 8:30	211	190	47	74	101	151	46	235	51	42	76	9
8:30 - 9:30	347	307	65	5	84	56	65	357	69	62	116	14
9:30 - 10:30	340	256	43	5	98	59	59	297	64	60	106	21
10:30 - 11:30	361	282	56	19	83	91	48	354	55	50	101	17
11:30 - 12:30	286	193	38	49	69	114	30	229	63	29	47	7
12:30 - 13:30	77	239	277	111	291	145	43	367	59	18	30	13
13:30 - 14:30	33	87	65	117	217	175	68	228	49	18	36	8
14:30 - 15:30	353	332	58	77	224	241	42	390	88	70	139	22
15:30 - 16:30	375	316	40	58	195	196	49	369	88	71	131	24
16:30 - 17:30	346	315	81	45	147	182	66	335	69	30	66	18

17:30 - 18:30	336	261	52	36	150	220	65	295	66	26	48	13
18:30 - 17:30	218	223	47	262	108	155	80	235	84	20	49	11
V MÁXI MOS POR HORA	375	332	277	262	291	241	80	390	88	71	139	24

Intersección Avenida Colón Tinoco y Avenida Circunvalación Sur

Volúmenes vehiculares por hora, día 1:

HORAS	COLON TINOCO N-S			COLON TINOCO S-N			CIRC. SUR E-O			CIRC. SUR O-E		
	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER
7:30 - 8:30	0	413	0	178	293	0	0	0	0	405	0	111
8:30 - 9:30	0	954	0	144	397	0	0	0	0	347	0	81
9:30 - 10:30	0	646	0	124	746	0	0	0	0	272	0	86
10:30 - 11:30	0	314	0	51	331	0	0	0	0	216	0	63
11:30 - 12:30	0	144	0	119	392	0	0	0	0	346	0	111
12:30 - 13:30	0	149	0	155	362	0	0	0	0	413	0	100

13:30 - 14:30	0	103	0	118	272	0	0	0	0	358	0	83
14:30 - 15:30	0	156	0	97	243	0	0	0	0	304	0	100
15:30 - 16:30	0	323	0	142	235	0	0	0	0	318	0	118
16:30 - 17:30	0	628	0	146	425	0	0	0	0	346	0	80
17:30 - 18:30	0	586	0	124	645	0	0	0	0	269	0	85
18:30 - 17:30	0	472	0	47	307	0	0	0	0	210	0	68
V MÁXIMOS POR HORA	0	954	0	178	746	0	0	0	0	413	0	118

Volúmenes vehiculares por hora, día 2:

HORAS	COLON TINOCO N-S			CIRCUNVALACION SUR E-O			COLON TINOCO S-N			CIRCUNVALACION SUR O-E		
	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER
7:30 - 8:30	0	405	92	0	0	0	253	400	0	250	72	181
8:30 - 9:30	0	395	112	0	0	0	352	424	0	125	109	215
	0	340	93	0	0	0	295	373	0	157	104	245

9:30 - 10:30												
10:30 - 11:30	0	330	96	0	0	0	317	324	0	125	75	186
11:30 - 12:30	0	289	78	0	0	0	268	363	0	112	68	156
12:30 - 13:30	0	173	73	0	0	0	166	234	0	87	59	89
13:30 - 14:30	0	134	61	0	0	0	121	189	0	81	96	105
14:30 - 15:30	0	372	89	0	0	0	369	505	0	163	118	249
15:30 - 16:30	0	327	97	0	0	0	296	331	0	117	104	231
16:30 - 17:30	0	279	112	0	0	0	303	245	0	121	93	184
17:30 - 18:30	0	251	96	0	0	0	219	241	0	156	101	177
18:30 - 17:30	0	135	94	0	0	0	174	185	0	91	77	162
V MÁXI MOS POR HORA	0	405	112	0	0	0	369	505	0	250	118	249

Volúmenes vehiculares por hora, día 3:

HORAS	COLON TINOCO N-S			CIRCUNVALACION SUR E-O			COLON TINOCO S-N			CIRCUNVALACION SUR O-E		
	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER	IZQ	FRENT E	DER
7:30 - 8:30	0	441	99	0	0	0	292	378	0	244	64	169
8:30 - 9:30	0	387	113	0	0	0	331	384	0	170	91	218
9:30 - 10:30	0	426	100	0	0	0	271	418	0	126	86	228
10:30 - 11:30	0	435	113	0	0	0	306	352	0	124	80	205
11:30 - 12:30	0	335	97	0	0	0	299	353	0	116	107	187
12:30 - 13:30	0	141	95	0	0	0	181	238	0	98	85	127
13:30 - 14:30	0	109	61	0	0	0	97	160	0	93	87	82
14:30 - 15:30	0	294	84	0	0	0	252	276	0	114	99	152
15:30 - 16:30	0	456	116	0	0	0	366	416	0	156	135	233
16:30 - 17:30	0	345	90	0	0	0	317	371	0	151	102	165

17:30 - 18:30	0	370	83	0	0	0	269	298	0	127	86	226
18:30 - 17:30	0	320	104	0	0	0	243	295	0	106	82	168
V MÁXI MOS POR HORA	0	456	116	0	0	0	366	418	0	244	135	233