

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias Matemáticas y Naturales**

MICROSIMULACIÓN DE TRÁFICO PARA EL ÁREA UBICADA ENTRE EL TERMINAL  
TERRESTRE Y TERMINAL METROVÍA

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Logística y Transporte**

Presentado por:

Mauricio Jamil Pazmiño Carló

Luis Patricio Paredes Franco

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres: Wendy Carló y Santiago Pazmiño, que me brindaron la oportunidad de ser parte de una familia que estuvo apoyándome en todo momento y sin duda alguna son pilar fundamental en mi día a día.

## DEDICATORIA

Para ti que me diste tu vida, para ti que me diste tu amor, para ti que me diste todo tu tiempo. Mi luchadora incansable, mi rayito de luz, mi angelito que me cuida desde el cielo.

Con mucho cariño, te lo dedico a ti, mi querida madre.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis padres por inculcarme la mejor educación y disciplina que alguien puede pedir. También agradecer a mis abuelos por siempre estar a mi lado y otorgarme su sabiduría. A mis tíos por encaminarme en el camino del conocimiento.

Agradezco a mis amigos y compañeros de carrera por hacer de estos años de estudio un momento inolvidable y crecer juntos hasta convertirnos en profesionales.

Por último, agradecer a la ESPOL y todo su personal docente, por instruirnos de manera académica y humana, siempre motivándonos a alcanzar nuestra mejor versión.

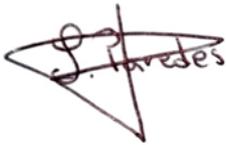
## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios que me brindó la fortaleza para poder continuar, a pesar de todas las circunstancias. A mis amigos, compañeros y docentes que me acompañaron a lo largo de la carrera. Por todas las enseñanzas que me brindaron y por las experiencias que pudimos compartir.

Quedo eternamente agradecido con las personas que me impulsaron a continuar y a luchar por mis sueños. Especialmente a mi madre, que siempre deseó este logro para mí; a mi hermana Karen, mi prima Gisel y a mi enamorada María José.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Luis Patricio Paredes Franco* y *Mauricio Jamil Pazmiño Carló* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'L. Paredes', enclosed within a hand-drawn triangular shape.

---

Luis Patricio Paredes  
Franco

A handwritten signature in black ink, reading 'Mauricio Pazmiño Carló' in a cursive script.

---

Mauricio Jamil Pazmiño  
Carló

# EVALUADORES

**Carlos Alfredo Ronquillo Franco**

PROFESOR DE LA MATERIA

**Erwin Joffre Delgado Bravo**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El crecimiento del sector urbano genera problemas de tráfico relacionados con la congestión vehicular. Los ingenieros en tránsito desarrollan planes de tráfico que mitigan externalidades negativas y cumplen con las necesidades del usuario. La implementación de un modelo de microsimulación de tráfico ejecutado en PTV VISSIM 2020 permite identificar patrones de movilidad dentro de la zona de estudio actual para someterla a parámetros de evaluación. Bajo las mismas métricas, se compara con la situación propuesta de modo que se mide su viabilidad de acuerdo con el impacto vehicular. El uso de un modelo de microsimulación facilita la reducción de recursos dentro de un proyecto, además de optimizar el tiempo para la toma de decisiones. La información del flujo vehicular fue recolectada por medio de la técnica conteo in-situ. La validación de la información se realizó con el estadístico GEH y su calibración con el modelo Wiedemann 74. La comparación de escenarios reveló que el cambio de ruta propuesto no aumenta los tiempos de viaje de los vehículos que transitan en la zona. Pese a que el número de colas vehiculares aumentó, no representa un valor significativo que afecte la nueva adecuación. Por último, el nivel de servicio de la nueva ruta demuestra que la situación propuesta es viable. La microsimulación facilita la comparación de escenarios para evaluar su implementación y tomar decisiones. El cambio de ruta propuesto no genera externalidades negativas que afectan la congestión vehicular.

**Palabras clave:** congestión vehicular, PTV VISSIM 2020, microsimulación, impacto vehicular

## **ABSTRACT**

*The growth of the urban sector generates traffic problems related to vehicular congestion. Traffic engineers develop traffic plans that mitigate negative externalities and meet user needs. The implementation of a traffic microsimulation model executed in PTV VISSIM 2020 allows the identification of mobility patterns within the current study area to submit it to evaluation parameters. Under the same metrics, it is compared with the proposed situation so that its feasibility is measured according to the vehicle impact. The use of a microsimulation model facilitates the reduction of resources within a project, in addition to optimizing the time for decision making. Vehicle flow information was collected using the in-situ counting technique. The validation of the information was carried out with the GEH statistic and its calibration with the Wiedemann 74 model. The comparison of scenarios revealed that the proposed change of route does not increase the travel times of the vehicles that travel in the area. Although the number of vehicle queues increased, it does not represent a significant value that affects the new adaptation. Finally, the service level of the new route shows that the proposed situation is feasible. Microsimulation makes it easy to compare scenarios to evaluate their implementation and make decisions. The proposed change of route does not generate negative externalities that affect vehicular congestion.*

*Key words: vehicular congestion, PTV VISSIM 2020, micro simulation, vehicular impact*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES .....	I
RESUMEN .....	II
<i>ABSTRACT</i> .....	III
ÍNDICE GENERAL .....	IV
ABREVIATURAS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	IX
CAPÍTULO 1 .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Descripción del problema .....	3
1.2 Justificación del problema .....	4
1.3 Objetivos .....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Marco teórico .....	5
1.4.1 Estado del arte .....	5
1.4.2 Marco conceptual .....	7
CAPÍTULO 2 .....	9
2. METODOLOGÍA .....	9
2.1 Técnicas de investigación .....	9
2.1.1 Levantamiento de información .....	9
2.1.2 Análisis de la información levantada: Situación actual .....	12
2.2 Recopilación de los datos .....	18
2.2.1 Datos del sector A .....	18
2.2.2 Datos del sector B .....	19
2.2.3 Datos del sector C .....	20
2.2.4 Datos del sector D .....	21
2.2.5 Datos del sector E .....	22
2.2.6 Datos del sector F .....	24
2.3 Descripción del modelo de microsimulación .....	25
2.3.1 Variables del modelo de micro simulación .....	25
2.4 Calibración del modelo de microsimulación .....	29

2.4.1 Estadístico GEH.....	29
2.4.2 Modelo de Seguimiento de auto Wiedemann 74.....	30
2.5 Uso de software .....	35
2.6 Consideraciones legales y éticas.....	36
2.7 Fases del proyecto .....	37
2.8 Cronograma de trabajo .....	38
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>40</b>
<b>3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
3.1 Parámetros de evaluación.....	40
3.2 Evaluación de la situación actual.....	41
3.2.1 Análisis del tiempo de viaje.....	41
3.2.2 Análisis de filas o colas vehiculares.....	43
3.2.3 Análisis de niveles de servicio .....	43
3.3 Comparación de escenarios.....	44
3.3.1 Comparación de tiempos de viaje vehicular .....	45
3.3.2 Comparación de filas o colas vehiculares.....	47
3.3.3 Comparación de niveles de servicio .....	50
3.4 Entregables .....	51
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>52</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
4.1 Conclusiones .....	52
4.2 Limitaciones del modelo de micro simulación.....	53
4.2.1 Ancho de la vía.....	53
4.2.2 Comportamiento de los peatones.....	53
4.2.3 Contexto de la información recopilada .....	53
4.2.4 Comportamiento vehicular variable .....	54
4.3 Recomendaciones .....	54
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>55</b>

## **ABREVIATURAS**

ATM Autoridad de Tránsito Municipal

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Zona de estudio abarcada dentro de la microsimulación de tráfico.....	10
Figura 2. 2 Herramientas utilizadas para el conteo in situ .....	12
Figura 2. 3 Salida e ingreso de vehículos interprovinciales .....	13
Figura 2. 4 Paso de vehículos en la estación de Metrovía Santa Leonor Este.....	14
Figura 2. 5 Salida de vehículos livianos del Terminal Terrestre .....	15
Figura 2. 6 Salida de transporte urbano del Terminal Terrestre .....	16
Figura 2. 7 Paso de vehículos por el Terminal Río Daule .....	17
Figura 2. 8 Paso de vehículos provenientes de la Av. de Las Américas .....	17
Figura 2. 9 Generación de vías o calles en PTV Vissim 2020.....	26
Figura 2. 10 Generación de rutas de decisión en PTV Vissim 2020.....	27
Figura 2. 11 Generación de vehículos en PTV Vissim 2020 .....	27
Figura 2. 12 Ingreso de flujo vehicular en PTV Vissim 2020 .....	28
Figura 2. 13 Generación de semáforos en PTV Vissim 2020 .....	29
Figura 2. 14 Comparación del estadístico GEH respecto a los buses de Durán .....	33
Figura 2. 15 Comparación del estadístico GEH respecto a los vehículos del sector F..	35
Figura 2. 16 Cronograma de las actividades realizadas durante el proyecto .....	39
Figura 3. 1 Comparación tiempo promedio de viaje entre situación actual y propuesta 46	
Figura 3. 2 Comparación tiempo promedio de viaje para buses de Durán .....	47
Figura 3. 3 Comparación de cola promedio de vehículos entre situación actual y propuesta.....	48
Figura 3. 4 Comparación longitud promedio de cola máxima entre situación actual y propuesta.....	49
Figura 3. 5 Comparación de promedio de paradas para situación actual y propuesta ..	50

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Tipos de vehículos considerados en la simulación de tráfico .....	11
Tabla 2. 2 Flujos registrados en campo para el sector A.....	19
Tabla 2. 3 Flujos registrados en campo para el sector B.....	20
Tabla 2. 4 Flujos registrados en campo para el sector C .....	21
Tabla 2. 5 Flujos registrados en campo para el sector D .....	22
Tabla 2. 6 Flujos registrados en campo para el sector E.....	23
Tabla 2. 7 Flujos registrados en campo para el sector F.....	25
Tabla 2. 8 Cálculo del estadístico GEH para los buses de Durán .....	32
Tabla 2. 9 Cálculo del estadístico GEH para vehículos del sector F .....	33
Tabla 3. 1 Matriz de evaluación de tiempos de viaje para la situación actual .....	42
Tabla 3. 2 Matriz de colas vehiculares para la situación actual.....	43
Tabla 3. 3 Matriz de evaluación de niveles de servicio para la situación actual .....	44
Tabla 3. 4 Matriz de evaluación de tiempos de viaje para la situación propuesta .....	45
Tabla 3. 5 Matriz de colas vehiculares para la situación propuesta.....	47
Tabla 3. 6 Matriz de evaluación de niveles de servicio para la situación propuesta .....	50

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2. 1 cálculo del estadístico GEH: .....	29
Ecuación 2. 2 distancia de seguridad .....	31
Ecuación 2. 3 parte aditiva y multiplicativa de la distancia de seguridad.....	31



# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

A medida que las urbes crecen en número de habitantes, de igual manera crecerá la infraestructura. Podemos notar cómo lugares anteriormente desolados, hoy en día ya han sido ocupados por el asentamiento humano. Pero no sólo es infraestructura lo que se levanta en nuestro entorno, sino también el uso de medios de transporte. El crecimiento de una ciudad obliga a sus habitantes a adquirir alternativas eficientes para trasladarse a sus destinos. Para ello los ingenieros en tránsito en conjunto con los municipios locales, deben crear planes de tráfico que permitan cumplir con las necesidades de la ciudadanía.

La Organización de las Naciones Unidas plantea objetivos para que la humanidad viva en desarrollo sostenible. Por ejemplo, asegurar el alimento a cada habitante, erradicar la pobreza, asegurar un sistema sanitario en perfectas condiciones, entre otros. Del mismo modo, los planes de desarrollo vial deben tener un enfoque que busque el desarrollo sostenible y sustentable del transporte. Proyectos que mitiguen externalidades negativas hacia el medio ambiente, la comunidad, la armonía del entorno y optimizar al máximo el uso del transporte público.

Como es de basto conocimiento la ciudad de Guayaquil, debido a su alto comercio y posición privilegiada recibe a numerosos visitantes de todo el país diariamente. Ya sea por motivos de turismo, negocio o estudios, la urbe porteña acoge una gran afluencia de tráfico proveniente de provincias y/o cantones. Ejemplo de ello es el cantón Durán, cuyos vehículos inician su ruta en la ciudadela El Recreo y tienen como destino final distintos puntos de la ciudad de Guayaquil, como lo son: la avenida Luis Urdaneta, el redondel de la academia Naval Guayaquil y la ciudadela El Condado. Mas, sin duda alguna estos tres sectores podrían unificarse en un solo punto para así potenciar las buenas prácticas del sistema de transporte.

Debido a ello, la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM) desea conocer qué impacto tendría tomar la decisión de cambio de ruta donde todos los buses que tengan como punto de origen el cantón Durán, se concentren únicamente en el Terminal Río Daule o terminal de la Metrovía. Una decisión como esta necesita un minucioso análisis

respecto a congestión vehicular, nivel de servicio, impacto en el transporte urbano y demás factores. Para lograr aquello, se va a utilizar un software de simulación de tráfico con el que se busca plantear un modelo microscópico exclusivamente de la zona comprendida en el Terminal Terrestre de Guayaquil.

Por lo tanto, el proyecto integrador comienza definiendo la problemática a resolver, los objetivos comprendidos con sus respectivas etapas definidas, la información conceptual necesaria para comprender terminología que se utiliza a lo largo del escrito, comparación con proyectos similares que sirven como sustento de nuestra información, evaluación de los resultados y para finalizar, un exhaustivo análisis que permite llegar a las conclusiones y debidas decisiones tomadas respecto al problema a resolver.

### **1.1 Descripción del problema**

La ciudad de Guayaquil, conocida como la capital económica del Ecuador, es una de las urbes más importantes del país, siendo centro de gran actividad burocrática. De la misma manera en que la ciudad atrae un sinnúmero de actividades por su gran importancia, ésta genera un gran afluente de personas que necesitan gestionar sus problemas o comercios en el sector. Este flujo de personas, incluyéndole el crecimiento poblacional, causa efectos adversos en las avenidas y en la gestión del tráfico.

Uno de los sectores más transitados de la ciudad es la avenida Benjamín Rosales, pues es una zona que conecta a Guayaquil con las demás provincias, por medio de su Terminal Terrestre, además, tiene la presencia de la estación de Metrovía Río Daule que, con su sistema articulado logra conectar con toda la ciudad; representando una gran importancia para la urbe. Por el mismo grado de relevancia, la zona tiene altos niveles de flujo vehicular, que producen problemas de congestionamiento en diversas horas del día. Y no solo la congestión es la problemática, también podemos observar malas prácticas por parte de los transeúntes, que, por su deseo de desplazarse en el menor tiempo, irrespetan los pasos peatonales, los semáforos y los puntos donde pueden unirse a un medio de transporte convencional; causando inseguridad e infracciones de tránsito para los transportistas.

## 1.2 Justificación del problema

En la actualidad, el desarrollo tecnológico nos brinda diversas facilidades que permiten reducir el impacto de nuestras decisiones ya sea en nuestro entorno o directamente en nuestra comunidad. Y así, como las nuevas tecnologías se centran en la disminución del uso de recursos y la optimización de tiempo implementado, de igual manera el sistema de transporte de una ciudad debe innovarse. De acuerdo a un estudio que realiza la planeación de infraestructura que integre aspectos seguros y sustentables para vehículos eléctricos autónomos tenemos lo siguiente:

El sistema de transporte juega un papel fundamental en el desarrollo socioeconómico al conectar ubicaciones donde ocurren varias actividades. Sin embargo, es completamente aceptado que, así como impacta a la sociedad y su economía, también lo hace con el medio ambiente lo que resalta mucho más la importancia de desarrollar un sistema sustentable. (Tallam et al., 2021, p.1)

Dejando ello en evidencia que para acceder a un transporte sostenible se debe tomar en cuenta todas las partes que comprenden el mismo.

Por otro lado, el uso de una microsimulación de tráfico se acopla a la necesidad de reducir el uso de recursos y optimizar el tiempo para la toma de decisiones. La simulación permite dar detalle a los aspectos más importantes dentro de una red vial, como lo son: comportamiento de vehículos, comportamiento de peatones, flujo vehicular, restricciones de vías, sistema de semaforización, entre otras variables. El acoplar esta herramienta, facilita no solo el estudio de la zona de interés, sino que brinda la posibilidad de realizar múltiples cambios en la misma de acuerdo a las necesidades que se presentan.

Lo antes mencionado, lleva a utilizar un software de simulación de tráfico ya que no solo trata una herramienta apta para analizar una red vial, sino que permite optimizar recursos y reducir costos de inversión para quien busca estudiar y/o evaluar una zona de interés. Además, la facilidad de ejecutar múltiples escenarios tomando en consideración todas las variables de interés que puede involucrar el modelo, reduce el margen de error antes previo a tomar una decisión, pues se puede conocer el impacto que esta tendrá y las externalidades que causará.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar el impacto que conlleva la modificación de las rutas provenientes del cantón Durán, en la zona ubicada entre el terminal terrestre de Guayaquil y la estación de Metrovía Río Daule; para la mitigación de las externalidades negativas que genera su operación, a través del uso de un modelo de simulación en PTV VISSIM 2020.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Identificar el aforo vehicular en la zona de estudio, por medio de la metodología Conteo- in situ.
2. Organizar la información recopilada mediante aspectos teóricos y técnicos para su posterior uso en el modelo de simulación.
3. Examinar patrones de movilidad, en base a los resultados obtenidos del conteo- in situ.
4. Modelar la situación actual del sector para la identificación de los diversos parámetros de medición y evaluación.
5. Diseñar un modelo de simulación con la propuesta de solución en PTV VISSIM 2020, para la evaluación del impacto en las externalidades negativas.
6. Evaluar las situaciones modeladas mediante los parámetros técnicos definidos para la determinación de la viabilidad de la propuesta considerada.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Estado del arte**

Dentro del desarrollo de nuestro proyecto integrador, una sección importante es la toma de datos en campo. Los datos que decidamos tomar en cuenta para nuestro modelo de simulación, serán aquellos que consideremos como los que tienen mayor impacto sobre la accesibilidad y sustentabilidad de nuestra red vial. Un proyecto de transporte con microsimulación en PTV Vissim llevado a cabo en la ciudad de Ostrava, República Checa buscaba evaluar el impacto que tiene un nodo de tránsito que conecta

enlaces de tranvía y bus por medio de un puente de varios niveles para el uso de los pasajeros. Para ello se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

Múltiples factores deben monitorearse para el uso de transporte público. Uno de ellos, por ejemplo, cómo el pasajero se ve afectado en decidir si tomar transporte público o no, teniendo en cuenta la distancia hacia la estación más cercana. El acceso a la parada también es determinante. Otros factores pueden ser el número de conexiones que tenga este transporte, el tiempo de espera y el número de enlaces de transporte público entre municipios individuales. (Krivda et al., 2021)

En el caso del presente proyecto, debido a que la zona de estudio será el terminal de la Metrovía como punto final del recorrido de los buses intraprovinciales, hemos considerado importante incluir los siguientes factores: flujo de vehículos de tipo liviano que circulan la Avenida Benjamín Rosales en dirección hacia la autopista Narcisa de Jesús y aquellos que van desde la autopista en dirección hacia la ciudadela La Atarazana. Flujo vehicular de transporte urbano que llega al Terminal Terrestre como también buses interprovinciales que acoge.

Otro ejemplo de la implementación de PTV Vissim para evaluar una zona específica fue en la avenida 27 en Saar, Reino de Bahrain. El objetivo de este estudio fue realizar una comparación entre la situación actual de dicha zona, con los datos oficiales y variables de interés junto con un modelo microscópico de simulación desarrollado en el software de tráfico. Se buscó demostrar que dicha herramienta tecnológica es útil para tomar decisiones respecto a la congestión en una vía o problemas generales que involucren accidentes de tráfico. La investigación utilizó como parámetros clave el tiempo promedio de viaje y la velocidad promedio de viaje para realizar la comparativa. Al finalizar el caso de estudio, los resultados alcanzados fueron más que positivos, pues el software de simulación difería de manera mínima con los resultados tomados en campo, demostrando que la vía tanto de manera experimental como real, tenía un nivel de servicio tipo A. (Gazder et al., 2018)

Un estudio adicional se llevó a cabo en la ciudad de Toronto, Canadá. La investigación tuvo como objetivo realizar un modelo de microsimulación en una intersección conflictiva la cual era conocida por sus constantes choques automovilísticos. El estudio tenía como finalidad encontrar una relación estadística entre la información que brinda el software de tráfico PTV Vissim respecto a conflictos en la zona junto con

la información in situ acerca de la tasa de choques diarios. Una vez encontrada dicha relación, el modelo de microsimulación permitió no sólo brindar soporte estadístico sino también como una herramienta de decisión para poder implementar un plan que mejora el desempeño de las normas de seguridad en la intersección. A parte, permitió validar la hipótesis que los modelos de simulación de tráfico representan una herramienta de mayor alcance en comparación a un método de observación tradicional que por lo general cuenta con información limitada. (Shahdah et al., 2015)

## **1.4.2 Marco conceptual**

### **1.4.2.1 Congestión**

Es el punto específico donde la demanda de transporte supera a la oferta de transporte en un espacio y periodo de tiempo dentro del sistema de transporte.

### **1.4.2.2 Simulación**

Es una imitación de los procesos que ocurren en un sistema. Es usada para analizar los comportamientos que cada una de las operaciones o integrantes tienen sobre el mismo. Con una simulación, se puede analizar escenarios imaginarios, para que, a posterior se puedan implementar en la vida real.

### **1.4.2.3 Modelo**

Herramienta analítica usualmente matemático utilizado por planeadores de transporte para ayudar en el uso de tierra, actividad económica, impacto en recursos.

### **1.4.2.4 Hora Pico**

Periodo de tiempo de mayor uso del sistema de transporte.

### **1.4.2.5 Transporte público**

Servicios de transporte para pasajeros disponible para cualquier persona que paga una tarifa preestablecida. Opera en rutas y horarios establecidos con paradas específicas y capacidad para un gran número de personas.

### **1.4.2.6 Terminal**

Cualquier ubicación donde ya sea carga y/o pasajeros donde se originan, culminan o cruzan en el proceso de transportación. Suelen ser ubicaciones centrales o

intermediarias para el movimiento de pasajeros y carga. Requieren de instalaciones para funcionar.

#### **1.4.2.7 Tiempo de viaje**

Es el tiempo en que un objeto tarda en desplazarse entre un punto A, a un punto B.

#### **1.4.2.8 Tiempo de cola**

Es el tiempo en el cual un objeto espera para ingresar al sistema, debido a que hay otros participantes.

#### **1.4.2.9 Nivel de servicio**

Se refiere a una clasificación cualitativa de las condiciones de tráfico experimentadas por los usuarios en una vía, control de tráfico o congestión. Se divide en seis niveles, desde el A al F, donde el primero representa las mejores y el último las peores condiciones.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

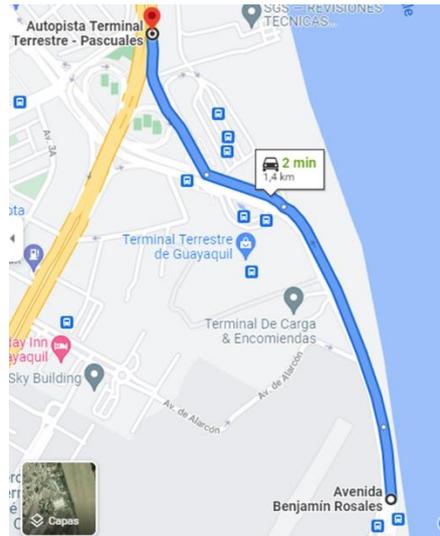
Dentro de esta sección se llevó a cabo la ejecución del procedimiento que fue necesario para la obtención de la información utilizada dentro del entorno virtual del software. Queda en detalle el paso a paso correspondiente a la toma de datos en campo, la evaluación y desarrollo de la información encontrada, como también su respectiva adaptación al software de simulación PTV Vissim versión 2020. Por último, previo al desarrollo del escenario de la situación actual en conjunto con la situación deseada, se calibra los datos a partir de un criterio estadístico utilizado para estudios de simulación.

### 2.1 Técnicas de investigación

El enfoque otorgado a esta investigación fue de carácter cuantitativo y cualitativo. La decisión de ello se basó en las técnicas empleadas para la recopilación de datos y su respectivo procesamiento. El marco cuantitativo engloba el manejo de datos numéricos cuyo análisis fue necesario para conocer la situación actual de la problemática a resolver. Mientras que el cualitativo se relacionó con el procedimiento realizado para obtener dicha información por medio de la toma de datos en campo, lugar donde ocurre el hecho de interés.

#### 2.1.1 Levantamiento de información

Parte fundamental para el desarrollo de la comprensión de la problemática fue la recopilación de la información. Para ello, se llevó a cabo una reunión de carácter virtual junto con un colaborador de la ATM. Dentro de dicha reunión, se dejó planteada el área de estudio, como se aprecia en la figura 2.1, que engloba el proyecto. De esta manera se tienen claras todas las variables necesarias a analizar durante el desarrollo de la problemática.



**Figura 2. 1 Zona de estudio abarcada dentro de la microsimulación de tráfico**

**Fuente: Representación de la zona de estudio. Imagen tomada de Google Maps**

Además, se identificaron posibles puntos conflictivos dentro del tránsito de la zona para así adecuar el modelo de microsimulación hacia una representación mucho más real a la situación actual.

Como primera decisión se planteó la definición de múltiples puntos estratégicos dentro de la zona de estudio. Dichos puntos fueron los lugares de registro de toma de datos en campo. Estos cuentan con una o varias de las siguientes características:

- Lugar de ingreso de vehículos
- Lugar de salida de vehículos
- Lugar de concentración masiva de vehículos
- Lugar con tendencia a la congestión

Una vez tomada la decisión, lo siguiente fue considerar qué tipos de vehículos serían de sumo interés al momento de recopilar el flujo vehicular de cada uno de ellos en los sectores previamente asignados. Es decir, en ciertos lugares se consideró el flujo vehicular de uno o varios tipos de vehículo y en otros tan solo se consideró una clase de vehículo. Los vehículos analizados se muestran en la tabla 2.1 y son:

**Tabla 2. 1 Tipos de vehículos considerados en la simulación de tráfico**

Fuente: Elaborado por autores

Tipo de Vehículo	Descripción
Buses Urbanos	
Vehículos livianos	
Vehículos pesados	
Transporte interprovincial	

Por último, se estableció un cronograma de trabajo donde fue necesario plantear el número de días necesarios para la toma de datos en campo, la cantidad de horas diarias dedicadas, franjas horarias y la frecuencia con la que se registraría la información. Esta operación fue realizada en un día, donde se invirtió un total de 12 horas. Este tiempo se dividió en 3 franjas o turnos, de 4 horas cada uno, de manera que la cantidad de información recopilada sea la suficiente. Además, el registro de información se llevó a cabo cada 15 minutos. Para facilitar el dinamismo dentro de la recopilación de información, se generó una plantilla para el registro de datos y se utilizó un contador analógico como se lo puede apreciar en la figura 2.2.

Sector "-"			
Hora	Tipo de vehículo	Hora	Tipo de vehículo
7:00:00	7:15:00	13:00:00	13:15:00
7:15:00	7:30:00	13:15:00	13:30:00
7:30:00	7:45:00	13:30:00	13:45:00
7:45:00	8:00:00	13:45:00	14:00:00
8:00:00	8:15:00	14:00:00	14:15:00
8:15:00	8:30:00	14:15:00	14:30:00
8:30:00	8:45:00	14:30:00	14:45:00
8:45:00	9:00:00	14:45:00	15:00:00
9:00:00	9:15:00	15:00:00	15:15:00
9:15:00	9:30:00	15:15:00	15:30:00
9:30:00	9:45:00	15:30:00	15:45:00
9:45:00	10:00:00	15:45:00	16:00:00
10:00:00	10:15:00	16:00:00	16:15:00
10:15:00	10:30:00	16:15:00	16:30:00
10:30:00	10:45:00	16:30:00	16:45:00
10:45:00	11:00:00	16:45:00	17:00:00
11:00:00	11:15:00	17:00:00	17:15:00
11:15:00	11:30:00	17:15:00	17:30:00
11:30:00	11:45:00	17:30:00	17:45:00
11:45:00	12:00:00	17:45:00	18:00:00
12:00:00	12:15:00	18:00:00	18:15:00
12:15:00	12:30:00	18:15:00	18:30:00
12:30:00	12:45:00	18:30:00	18:45:00
12:45:00	13:00:00	18:45:00	19:00:00



**Figura 2. 2 Herramientas utilizadas para el conteo in situ**

Fuente: Elaborado por autores.

### 2.1.2 Análisis de la información levantada: Situación actual

Dentro de esta sección se realiza una descripción a detalle de cada una de las zonas de donde se recopiló la información en campo. Se tomó en cuenta el comportamiento del tipo de vehículo en dicha zona, decisiones dentro de la selección de rutas, posibles tendencias en el flujo y posibles cruces conflictivos con otras rutas que podrían derivar en congestión. Además, es importante aclarar que el análisis correspondiente a esta situación actual está basado en el comportamiento de las fechas en las que se capturó la información y no necesariamente refleja el estado general de la zona de estudio.

### 2.1.2.1 Sector A



**Figura 2. 3 Salida e ingreso de vehículos interprovinciales**

**Fuente: Imagen tomada de Google Maps.**

En la figura 2.3 se aprecia el sector A el cual comprende el lugar de ingreso y salida de vehículos interprovinciales que se concentran en el Terminal Terrestre de Guayaquil. Para este sector fue necesario registrar la llegada y salida de buses en simultáneo de manera que se pueda comprender mejor el comportamiento del flujo vehicular. Además, se consideró una observación adicional. En caso de los vehículos que salían del Terminal Terrestre, diferenciar aquellos que tomaban la decisión de escoger la ruta de la Av. Benjamín Rosales en dirección norte o la ruta de la Av. Benjamín Rosales en dirección hacia la autopista Terminal – Pascuales. Del mismo modo se diferenciaron aquellos vehículos que llegaban al Terminal Terrestre. Por un lado, se tiene a los que se aproximaban desde el norte, bajando por la Av. Benjamín Rosales y los que se aproximaban desde la autopista Terminal - Pascuales.

### 2.1.2.2 Sector B



**Figura 2. 4 Paso de vehículos en la estación de Metrovía Santa Leonor Este**

**Fuente: Imagen tomada de Google Maps.**

El sector B, presente en la figura 2.4, comprende el lugar de inicio de nuestra zona de estudio, pues es la entrada de flujo de vehículos que se dirigen hacia los otros puntos de interés. La toma de datos en este caso fue realizada dentro la estación de la Metrovía. El vehículo de interés del cual se llevó registro fue aquel de características pesadas, como lo son los buses articulados de la Metrovía. Su elección se basó mediante métodos de observación. Este tipo de vehículo dentro de las horas pico, aporta a la congestión de la zona debido a su extensa longitud y su necesidad de cambiar de carril. La ruta de dicho vehículo inicia en la Av. Benjamín Rosales y en su llegada al Terminal Río Daule.

### 2.1.2.3 Sector C



**Figura 2. 5 Salida de vehículos livianos del Terminal Terrestre**

**Fuente:** Imagen tomada de Google Maps.

La figura 2.5 muestra el sector C el cual se encuentra dentro del Terminal Terrestre y aquí se consideró únicamente a los buses de transporte urbano como también los alimentadores pertenecientes a la Metrovía. El registro de datos se realiza en la zona salida de los buses del Terminal. La única decisión considera fue su incorporación hacia la Av. Benjamín Rosales en dirección hacia la autopista Terminal – Pascuales. Este se considera un sector clave pues dicha ruta se conectará con aquellos vehículos provenientes del sector B, mencionado anteriormente y junto con los buses interprovinciales que parten del sector A.

#### 2.1.2.4 Sector D



**Figura 2. 6 Salida de transporte urbano del Terminal Terrestre**

**Fuente: Imagen tomada de Google Maps.**

El sector D, representado en la figura 2.6, se encuentra en la misma zona del sector C, es decir dentro del Terminal Terrestre. La diferencia varía en que aquí se registró aquellos vehículos de características livianas, como lo son taxis y autos particulares que salen por un carril adyacente a aquel de transporte urbano y alimentadores de la Metrovía. La decisión de ruta de estos vehículos, al igual que los buses urbanos, es única. Se incorporan a la Av. Benjamín Rosales en dirección hacia la autopista. De igual manera, esta ruta conectaría con aquellos vehículos provenientes de los sectores anteriormente mencionados.

### 2.1.2.5 Sector E



**Figura 2. 7 Paso de vehículos por el Terminal Río Daule**

Fuente: Imagen tomada de Google Maps.

Para el sector E, mostrado en la figura 2.7, se llevó el registro de los vehículos que se incorporaron desde la Av. Benjamín Rosales y que buscan vía de acceso hacia la Autopista Terminal – Pascuales. Este sector es de suma importancia puesto que se validó los buses articulados de la Metrovía que ingresan al terminal Río Daule y los vehículos tanto livianos como interprovinciales que ingresan hacia la autopista.

### 2.1.2.6 Sector F



**Figura 2. 8 Paso de vehículos provenientes de la Av. de Las Américas**

Fuente: Imagen tomada de Google Maps.

La adición del sector F, como se muestra en la figura 2.8, está fundamentada en un cambio realizado en la vía que conecta los vehículos livianos que ingresan desde el

punto de la Avenida de las Américas con la autopista Terminal – Pascuales. En la actualidad, los vehículos que bajan desde el puente tienen la oportunidad de tomar dos decisiones. La primera, continuar recto en el tramo de la vía, incorporándose así a la autopista. La segunda decisión trata de cruzar hacia el carril en que se encuentran nuestros vehículos del sector E. Sin duda, este cambio impactó en el flujo del sector, creando congestión. Para ello, la información que se recopiló fue el conteo de vehículos que no cambian de carril y junto con aquellos que se mantienen.

## **2.2 Recopilación de los datos**

Una vez comprendida la situación actual y explicada cada una de las características de la zona de estudio, se organizó la información recopilada en tablas que faciliten su interpretación y a su vez el procesamiento cuando se implementó dentro del software de la simulación.

### **2.2.1 Datos del sector A**

Para el sector A como se puede observar en la tabla 2.2, la toma de datos se diferenció entre vehículos que ingresaban al Terminal Terrestre junto con aquellos que salían del mismo lugar. Dentro del sector, se observó que tanto los interprovinciales que ingresaban al terminal como los que salían, tenían dos tipos de decisiones de rutas. Aquellos vehículos que ingresan, pueden proceder desde la avenida Benjamín Rosales o el Puente de la Unidad Nacional. Dicho esto, al salir del terminal podrían tomar cualquiera de las rutas mencionadas como su destino de interés. Tener esto en cuenta es vital, debido a que la diferenciación de esas decisiones tendrá un impacto en el modelo de simulación y sus flujos relativos.

**Tabla 2. 2 Flujos registrados en campo para el sector A**

Fuente: Elaborado por los autores

SETOR A							
Hora		Entrada	Salida	Hora		Entrada	Salida
7:00	7:15	34	32	13:00	13:15	32	43
7:15	7:30	37	57	13:15	13:30	45	39
7:30	7:45	50	52	13:30	13:45	41	43
7:45	8:00	39	61	13:45	14:00	47	40
8:00	8:15	37	44	14:00	14:15	47	51
8:15	8:30	50	49	14:15	14:30	39	32
8:30	8:45	49	48	14:30	14:45	39	45
8:45	9:00	47	39	14:45	15:00	44	45
9:00	9:15	45	44	15:00	15:15	40	49
9:15	9:30	50	45	15:15	15:30	50	46
9:30	9:45	45	43	15:30	15:45	42	49
9:45	10:00	50	35	15:45	16:00	31	50
10:00	10:15	47	32	16:00	16:15	32	44
10:15	10:30	46	49	16:15	16:30	41	42
10:30	10:45	23	34	16:30	16:45	43	44
10:45	11:00	24	47	16:45	17:00	40	49
11:00	11:15	50	39	17:00	17:15	38	43
11:15	11:30	52	62	17:15	17:30	35	44
11:30	11:45	42	38	17:30	17:45	41	35
11:45	12:00	44	43	17:45	18:00	50	41
12:00	12:15	11	57	18:00	18:15	41	42
12:15	12:30	38	49	18:15	18:30	44	44
12:30	12:45	50	60	18:30	18:45	54	43
12:30	12:45	34	59	18:45	19:00	37	32

### 2.2.2 Datos del sector B

Como se mencionó anteriormente, el sector B es el punto de partida de la zona de estudio, así como lo es de la microsimulación. De acuerdo con la tabla 2.3, este sector abarcó el conteo de cuatro tipos de vehículo de interés. La decisión de ruta de todos los vehículos será continuar recto por la avenida Benjamín Rosales en dirección hacia el Terminal Terrestre. El flujo del transporte de pasajeros es mucho más uniforme a lo largo del día, sin evidenciarse picos de acuerdo a la hora. En cambio, para los vehículos particulares o autos, en horarios matutinos que comprenden de 7 de la mañana a 9 de la mañana se nota un alto flujo. Dicho flujo, se reduce levemente hasta llegar a horas como lo son las 12 del mediodía. En campo se apreció que, a pesar del alto flujo vehicular, los embotellamientos no eran comunes.

**Tabla 2. 3 Flujos registrados en campo para el sector B**

Fuente: Elaborado por autores.

SECTOR B					
HORA		AUTO	INTERPOVINCIAL	BUSES DURÁN	METROVÍA
7:00:00	7:15:00	649	25	7	5
7:15:00	7:30:00	679	19	10	6
7:30:00	7:45:00	654	14	7	5
7:45:00	8:00:00	676	15	6	6
8:00:00	8:15:00	708	23	6	5
8:15:00	8:30:00	664	21	9	5
8:30:00	8:45:00	690	28	10	5
8:45:00	9:00:00	668	33	7	3
9:00:00	9:15:00	651	21	11	6
9:15:00	9:30:00	648	23	7	5
9:30:00	9:45:00	642	34	8	4
9:45:00	10:00:00	620	21	8	6
10:00:00	10:15:00	667	23	7	6
10:15:00	10:30:00	633	21	5	4
10:30:00	10:45:00	637	23	6	5
10:45:00	11:00:00	670	25	8	5
11:00:00	11:15:00	681	29	9	6
11:15:00	11:30:00	674	21	12	5
11:30:00	11:45:00	645	18	10	3
11:45:00	12:00:00	696	32	6	5
12:00:00	12:15:00	641	27	8	5
12:15:00	12:30:00	665	20	8	4
12:30:00	12:45:00	680	36	5	6
12:45:00	13:00:00	669	23	7	4
13:00:00	13:15:00	657	25	4	4
13:15:00	13:30:00	685	29	11	4
13:30:00	13:45:00	641	24	6	2
13:45:00	14:00:00	652	33	5	5
14:00:00	14:15:00	677	19	5	3
14:15:00	14:30:00	695	24	9	3
14:30:00	14:45:00	698	34	5	6
14:45:00	15:00:00	640	20	7	4
15:00:00	15:15:00	649	19	8	3
15:15:00	15:30:00	661	25	6	4
15:30:00	15:45:00	674	18	4	6
15:45:00	16:00:00	690	29	9	5
16:00:00	16:15:00	720	22	11	3
16:15:00	16:30:00	711	17	9	3
16:30:00	16:45:00	670	34	13	5
16:45:00	17:00:00	707	28	12	4
17:00:00	17:15:00	697	24	6	5
17:15:00	17:30:00	664	18	6	4
17:30:00	17:45:00	703	31	7	5
17:45:00	18:00:00	706	25	6	4
18:00:00	18:15:00	692	36	4	6
18:15:00	18:30:00	711	34	8	6
18:30:00	18:45:00	653	21	5	3
18:45:00	19:00:00	680	18	5	6

### 2.2.3 Datos del sector C

El flujo de este punto para el transporte urbano no variaba de acuerdo a la hora. Como se observa en la tabla 2.4, la mayoría de tiempo era a constante. Esto se debe a que el transporte urbano cuenta con un flujo definido y regular. Mientras que el flujo de

los alimentadores de la Metrovía era irregular. Durante la recopilación de datos en este sector, se observó que en el instante que los vehículos se incorporan hacia el carril de enfrente para tomar la avenida Benjamín Rosales en dirección hacia la autopista, se generan zonas de conflicto. El motivo de ello se da a que una parte de los buses urbanos desea incorporarse a la autopista y para ello debe atravesar varios carriles que le permitan su incorporación.

**Tabla 2. 4 Flujos registrados en campo para el sector C**

Fuente: Elaborado por autores.

SECTOR C							
HORA		URBANO	METROVÍA	HORA		URBANO	METROVÍA
7:00:00	7:15:00	51	6	13:00:00	13:15:00	42	8
7:15:00	7:30:00	39	1	13:15:00	13:30:00	42	4
7:30:00	7:45:00	44	6	13:30:00	13:45:00	37	10
7:45:00	8:00:00	34	2	13:45:00	14:00:00	51	9
8:00:00	8:15:00	39	4	14:00:00	14:15:00	35	7
8:15:00	8:30:00	36	3	14:15:00	14:30:00	39	8
8:30:00	8:45:00	56	5	14:30:00	14:45:00	37	6
8:45:00	9:00:00	48	5	14:45:00	15:00:00	48	9
9:00:00	9:15:00	43	4	15:00:00	15:15:00	45	10
9:15:00	9:30:00	49	3	15:15:00	15:30:00	46	5
9:30:00	9:45:00	46	3	15:30:00	15:45:00	49	8
9:45:00	10:00:00	47	4	15:45:00	16:00:00	39	3
10:00:00	10:15:00	40	4	16:00:00	16:15:00	35	3
10:15:00	10:30:00	42	7	16:15:00	16:30:00	33	10
10:30:00	10:45:00	37	11	16:30:00	16:45:00	43	7
10:45:00	11:00:00	42	7	16:45:00	17:00:00	40	5
11:00:00	11:15:00	55	5	17:00:00	17:15:00	46	3
11:15:00	11:30:00	49	9	17:15:00	17:30:00	48	3
11:30:00	11:45:00	43	9	17:30:00	17:45:00	49	6
11:45:00	12:00:00	32	4	17:45:00	18:00:00	35	8
12:00:00	12:15:00	35	7	18:00:00	18:15:00	51	9
12:15:00	12:30:00	54	10	18:15:00	18:30:00	36	10
12:30:00	12:45:00	50	5	18:30:00	18:45:00	52	6
12:45:00	13:00:00	40	4	18:45:00	19:00:00	48	6

#### 2.2.4 Datos del sector D

La tabla 2.5 corresponde a la contabilización de vehículos livianos que tienen un carril adyacente al del transporte urbano y de igual manera salen del Terminal Terrestre de Guayaquil con la posibilidad única de incorporarse a la ruta que se dirige hacia la autopista Terminal – Pascuales. Se observa que entre las 12 del mediodía hasta las 2

de la tarde, existen incrementos en el flujo vehicular, esto posiblemente se deba a que trata de una hora pico dentro del tránsito del sector.

**Tabla 2. 5 Flujos registrados en campo para el sector D**

Fuente: Elaborado por autores.

SECTOR D					
HORA		AUTO	HORA		AUTO
7:00:00	7:15:00	82	13:00:00	13:15:00	130
7:15:00	7:30:00	84	13:15:00	13:30:00	92
7:30:00	7:45:00	108	13:30:00	13:45:00	127
7:45:00	8:00:00	119	13:45:00	14:00:00	88
8:00:00	8:15:00	123	14:00:00	14:15:00	96
8:15:00	8:30:00	127	14:15:00	14:30:00	110
8:30:00	8:45:00	137	14:30:00	14:45:00	112
8:45:00	9:00:00	127	14:45:00	15:00:00	135
9:00:00	9:15:00	103	15:00:00	15:15:00	117
9:15:00	9:30:00	124	15:15:00	15:30:00	90
9:30:00	9:45:00	108	15:30:00	15:45:00	130
9:45:00	10:00:00	114	15:45:00	16:00:00	94
10:00:00	10:15:00	99	16:00:00	16:15:00	129
10:15:00	10:30:00	114	16:15:00	16:30:00	99
10:30:00	10:45:00	106	16:30:00	16:45:00	103
10:45:00	11:00:00	104	16:45:00	17:00:00	106
11:00:00	11:15:00	116	17:00:00	17:15:00	92
11:15:00	11:30:00	125	17:15:00	17:30:00	118
11:30:00	11:45:00	88	17:30:00	17:45:00	127
11:45:00	12:00:00	120	17:45:00	18:00:00	114
12:00:00	12:15:00	96	18:00:00	18:15:00	130
12:15:00	12:30:00	124	18:15:00	18:30:00	125
12:30:00	12:45:00	133	18:30:00	18:45:00	100
12:45:00	13:00:00	111	18:45:00	19:00:00	121

### 2.2.5 Datos del sector E

Dentro del sector E, se contabilizó todos los tipos de vehículo pues este lugar es cercano al final de la zona de estudio. Ha dicho sector se incorporan buses interprovinciales provenientes del Terminal Terrestre, al igual que los buses urbanos. Por otro lado, tenemos autos que pueden tener como ruta de origen el Terminal o la avenida Benjamín Rosales. La tabla 2.6 muestra el flujo de cada uno de ellos. Durante la toma de información in situ, se apreció que este sector tiene una tendencia muy alta a la congestión. A parte de ser por la cantidad de vehículos que acoge, esta ruta de

incorporación trata de una vía de dos carriles, lo cual genera con facilidad un embotellamiento.

**Tabla 2. 6 Flujos registrados en campo para el sector E**

Fuente: Elaborado por autores.

SECTOR E					
HORA		AUTO	INTERPROVINCIAL	URBANO	METROVÍA
7:00:00	7:15:00	384	29	13	11
7:15:00	7:30:00	263	28	10	7
7:30:00	7:45:00	281	31	11	11
7:45:00	8:00:00	303	20	12	8
8:00:00	8:15:00	294	25	13	9
8:15:00	8:30:00	291	22	14	8
8:30:00	8:45:00	287	22	22	10
8:45:00	9:00:00	302	19	16	8
9:00:00	9:15:00	298	22	14	10
9:15:00	9:30:00	227	22	17	8
9:30:00	9:45:00	255	17	11	7
9:45:00	10:00:00	302	15	16	10
10:00:00	10:15:00	229	23	12	10
10:15:00	10:30:00	266	18	9	11
10:30:00	10:45:00	302	28	11	16
10:45:00	11:00:00	242	17	13	12
11:00:00	11:15:00	276	26	8	13
11:15:00	11:30:00	354	30	21	9
11:30:00	11:45:00	253	23	24	8
11:45:00	12:00:00	340	15	17	15
12:00:00	12:15:00	367	14	20	11
12:15:00	12:30:00	259	24	15	7
12:30:00	12:45:00	381	26	9	14
12:45:00	13:00:00	369	15	13	10

HORA		AUTO	INTERPROVINCIAL	URBANO	METROVÍA
13:00:00	13:15:00	319	31	18	5
13:15:00	13:30:00	336	18	25	13
13:30:00	13:45:00	250	31	22	7
13:45:00	14:00:00	277	21	14	6
14:00:00	14:15:00	314	17	13	15
14:15:00	14:30:00	273	22	13	15
14:30:00	14:45:00	369	15	9	12
14:45:00	15:00:00	372	25	11	8
15:00:00	15:15:00	345	28	17	9
15:15:00	15:30:00	328	19	22	12
15:30:00	15:45:00	256	23	19	10
15:45:00	16:00:00	301	29	13	14
16:00:00	16:15:00	342	18	22	6
16:15:00	16:30:00	357	14	18	7
16:30:00	16:45:00	260	21	24	12
16:45:00	17:00:00	267	27	7	12
17:00:00	17:15:00	380	25	12	11
17:15:00	17:30:00	295	28	20	10
17:30:00	17:45:00	292	23	10	15
17:45:00	18:00:00	339	15	10	7
18:00:00	18:15:00	345	19	8	8
18:15:00	18:30:00	325	32	15	5
18:30:00	18:45:00	264	31	17	5
18:45:00	19:00:00	321	20	23	9

## 2.2.6 Datos del sector F

Finalmente, en el sector F también se diferencié el conteo de vehículos de acuerdo a las decisiones que estos tomaban. Como se aprecia en la tabla 2.7, el tipo de vehículo contabilizado fue únicamente de tipo liviano, es decir autos particulares y taxis. Se observó una mayor tendencia en a incorporarse al carril aledaño, a continuar recto por la autopista. Este sector fue añadido como consideración adicional debido que existió un cambio dentro del diseño de la vía en dicho sector. Aquellos vehículos que descienden del paso desnivel y desean incorporarse al carril derecho de la autopista tiene prioridad, mientras que los vehículos del sector E deben realizar un detenimiento forzado. Esto impacta aún más en la congestión de este sector, el cual anteriormente se mencionó es un área conflictiva y de embotellamiento.

**Tabla 2. 7 Flujos registrados en campo para el sector F**

Fuente: Elaborado por autores.

Sector F							
HORA		<i>Recto</i>	<i>Cruce</i>	HORA		<i>Recto</i>	<i>Cruce</i>
7:00:00	7:15:00	189	287	13:00:00	13:15:00	184	303
7:15:00	7:30:00	194	261	13:15:00	13:30:00	163	300
7:30:00	7:45:00	191	281	13:30:00	13:45:00	190	253
7:45:00	8:00:00	180	296	13:45:00	14:00:00	141	295
8:00:00	8:15:00	195	266	14:00:00	14:15:00	188	301
8:15:00	8:30:00	191	265	14:15:00	14:30:00	155	267
8:30:00	8:45:00	185	258	14:30:00	14:45:00	160	308
8:45:00	9:00:00	193	299	14:45:00	15:00:00	142	293
9:00:00	9:15:00	181	262	15:00:00	15:15:00	191	294
9:15:00	9:30:00	177	260	15:15:00	15:30:00	175	289
9:30:00	9:45:00	196	295	15:30:00	15:45:00	193	271
9:45:00	10:00:00	200	244	15:45:00	16:00:00	204	276
10:00:00	10:15:00	188	298	16:00:00	16:15:00	181	252
10:15:00	10:30:00	166	279	16:15:00	16:30:00	165	297
10:30:00	10:45:00	151	252	16:30:00	16:45:00	202	245
10:45:00	11:00:00	197	280	16:45:00	17:00:00	161	308
11:00:00	11:15:00	152	258	17:00:00	17:15:00	178	264
11:15:00	11:30:00	171	273	17:15:00	17:30:00	207	272
11:30:00	11:45:00	157	297	17:30:00	17:45:00	209	245
11:45:00	12:00:00	179	289	17:45:00	18:00:00	174	295
12:00:00	12:15:00	156	305	18:00:00	18:15:00	186	289
12:15:00	12:30:00	145	262	18:15:00	18:30:00	172	266
12:30:00	12:45:00	169	276	18:30:00	18:45:00	180	291
12:45:00	13:00:00	177	287	18:45:00	19:00:00	205	304

## 2.3 Descripción del modelo de microsimulación

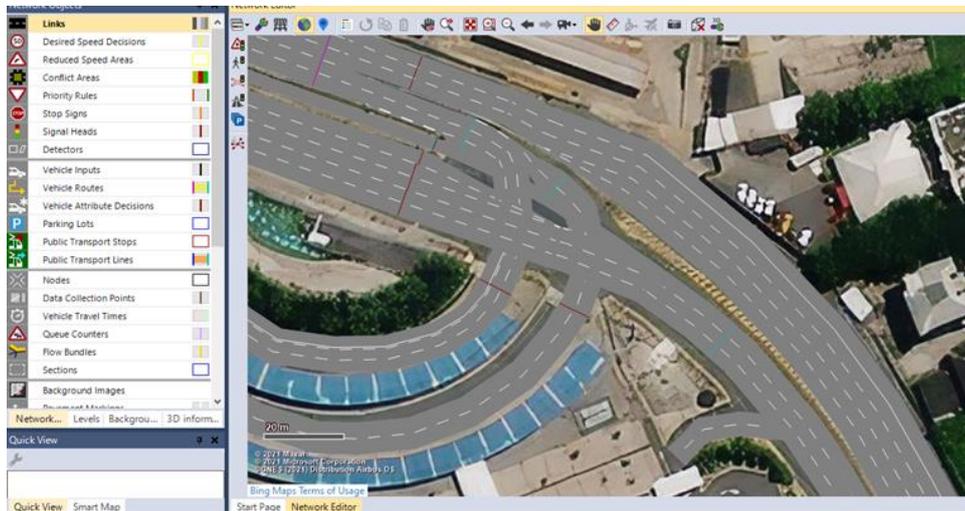
A lo largo de esta sección, se describen todos los aspectos que engloban el modelo de micro simulación. Entre ellos tenemos: las variables a considerar, la generación de zona de estudio, la generación de las rutas planteadas, generación de vehículos de interés.

### 2.3.1 Variables del modelo de micro simulación

#### 2.3.1.1 Generación de vías o calles

La figura 2.9 muestra el entorno de simulación en el software PTV Vissim 2020. En principio se generaron conectores en las vías de la zona de estudio elegida. Cada conector tiene una longitud estándar por carril de 3.5m, con ciertas excepciones. Dichos

conectores simulan las calles: avenida Benjamín Rosales, autopista Terminal - Pascuales, carriles internos de la estación de metrovía Río Daule, Terminal Terrestre de Guayaquil de buses interprovinciales.

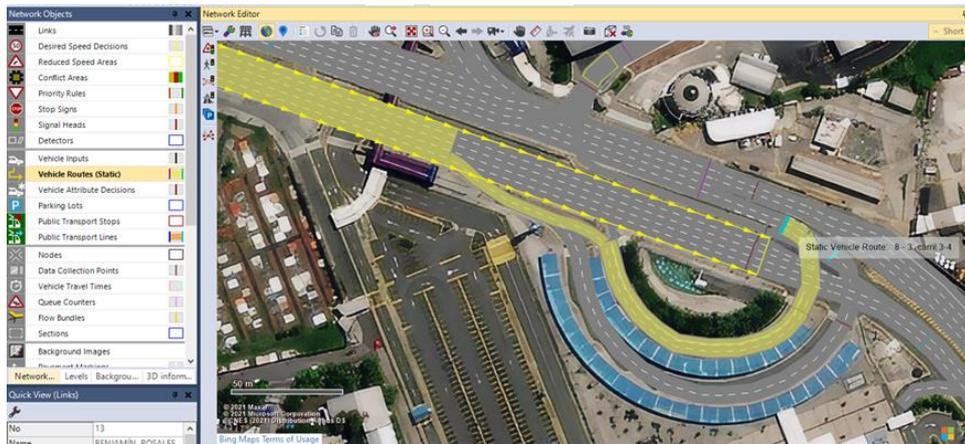


**Figura 2. 9 Generación de vías o calles en PTV Vissim 2020**

Fuente: Elaborado por autores.

### 2.3.1.2 Generación de rutas

Una vez que se han generado las calles que sirven como conectores para la zona de estudio, el siguiente paso fue definir las rutas de cada sector. Para ello se toma en cuenta las decisiones de ruta que toma cada vehículo identificado. En la figura 2.10 se puede apreciar la decisión o alternativa de ruta que tienen los vehículos livianos que se acercan hacia el Terminal Terrestre de Guayaquil y desean ingresar en el sector que anteriormente se denominó como “C”. Además, la decisión final es integrarse nuevamente a la avenida Benjamín Rosales en dirección a la autopista Terminal – Pascuales.



**Figura 2. 10 Generación de rutas de decisión en PTV Vissim 2020**

Fuente: Elaborado por autores.

### 2.3.1.3 Generación de tipos de vehículos

Antes de procesar los datos registrados durante el conteo vehicular, se definió el tipo de vehículo que es parte de la simulación, como se observa en la figura 2.11. A pesar que el simulador PTV Vissim cuenta con una lista de distintos vehículos predeterminados a su disposición, también brindó la posibilidad de editar sus características para de este modo representar mejor la situación desea, incluso de manera visual.



**Figura 2. 11 Generación de vehículos en PTV Vissim 2020**

Fuente: Elaborado por autores.

### 2.3.1.4 Ingreso del flujo vehicular

El procesamiento de los datos recolectados in situ, fue uno de los pasos dentro del modelo que debía ejecutarse con mayor cuidado. Aunque el software permite ingresar la información en intervalos de 15 minutos o 900 segundos como se observa en la figura 2.12, referenciando a la columna “Timeint”, de todos modos, el flujo vehicular debió ser ingresado en unidades de vehículos por hora. Por lo tanto, todos los flujos contabilizados debieron ser cuatriplicados, lo que se ejemplifica en la columna denotada por “Volume”.

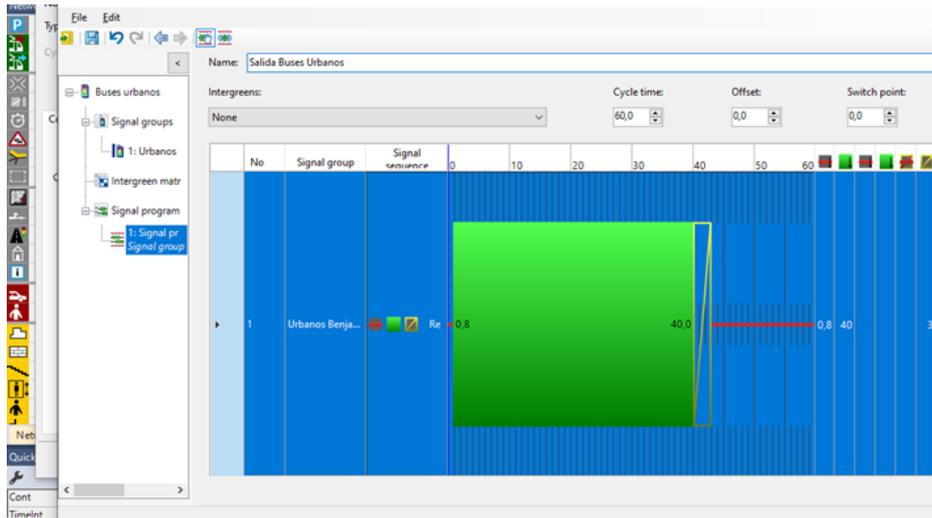
Count	Cont	Timeint	Volume	VehComp	VolType
1	3	0-900	228.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
2	4	900-1800	228.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
3	5	1800-2700	184.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
4	7	2700-3600	224.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
5	8	3600-4500	216.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
6		4500-5400	276.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
7		5400-6300	260.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
8		6300-7200	240.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
9		7200-8100	264.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
10		8100-9000	264.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
11		9000-9900	184.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
12		9900-10800	236.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
13		10800-11700	232.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
14		11700-12600	236.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
15		12600-13500	220.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
16		13500-14400	196.0	3: Buses Urbanos	Stochastic
17		14400-MAX	232.0	3: Buses Urbanos	Stochastic

Figura 2. 12 Ingreso de flujo vehicular en PTV Vissim 2020

Fuente: Elaborado por autores.

### 2.3.1.5 Semaforización

Finalmente, una vez se establecieron las rutas de la zona de estudio, los vehículos que son parte de dichas rutas, su flujo vehicular, se agregó la semaforización. Al igual que la vida cotidiana, la semaforización cumple el mismo rol dentro de la simulación, brindar orden dentro del tránsito. Para ello se utilizó la función de semáforo, como se aprecia en la figura 2.13, dándole un tiempo de ciclo total de 60 segundos. El tiempo de ciclo se divide en 40 segundos para el verde, 3 segundos para el amarillo y 17 segundos para el rojo.



**Figura 2. 13 Generación de semáforos en PTV Vissim 2020**

Fuente: Elaborado por autores.

## 2.4 Calibración del modelo de microsimulación

Dentro de esta sección se explica qué criterio fue utilizado para que la validación de la información tomada en campo sea representada con mayor exactitud dentro del modelo de microsimulación. Además, se demuestra el proceso utilizado para calibrar los datos aberrantes y que el sesgo entre la información real y la simulada cuente con una menor diferencia posible.

### 2.4.1 Estadístico GEH

El objetivo de la calibración de un modelo mediante la validación de sus datos es representar por medio de la simulación, con la mayor exactitud, la situación actual de la zona de estudio. Un modelo de microsimulación correctamente calibrado entrega resultados con un menor margen de error, lo cual permite tomar las decisiones convenientes dentro del tema de investigación. El proceso de calibración para modelos de tráfico es realizado bajo parámetros de interés. Uno de ellos es el flujo vehicular, para el cual se utiliza el estadístico GEH. (Oketch & Carrick, 2005) El GEH es una versión modificada de un modelo Chi-cuadrado y se basa en comparar los flujos o volúmenes vehiculares observados con los flujos o volúmenes vehiculares simulados. Se muestra la Ecuación 2. 1 cálculo del estadístico GEH:

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - O)^2}{M + O}} \quad (2.1)$$

donde:

*M*: flujo o volumen simulado

*O*: flujo o volumen observado

La interpretación del valor resultante del GEH se debe interpretar de la siguiente forma:

GEH < 5 Flujos correctamente ajustados

5 < GEH < 10 Flujos que requieren revisión

10 < GEH Flujos erróneos

Quiere decir que todo valor GEH mayor a 5, será considerado como pendiente de revisión o incorrecto. Es decir que se debe modificar parámetros dentro del modelo de microsimulación para que, de esta manera, el criterio estadístico implementado se cumpla. Además, para una colección de datos, donde existe probabilidad que una proporción de la información no cumpla con el criterio GEH, hay una excepción. La regla establece que desde el 85% o más de los datos que cumplan con el criterio GEH, se puede concluir que la muestra tomada en campo tiene una calibración aceptable y por lo tanto la validación es correcta.

#### **2.4.2 Modelo de Seguimiento de auto Wiedemann 74**

La calibración de la información se la realiza sobre los datos que el simulador procesa a partir de la información en campo ingresada. Pero dicha información simulada, a la cual llamaremos flujo o volumen vehicular simulado, no siempre cumple con el criterio GEH, puesto que se ve influenciada por determinados parámetros de comportamiento vehicular. Es por ello que la calibración de los datos es un paso fundamental previo a la evaluación de la zona de estudio.

La calibración del flujo simulado se la realizó a partir del modelo de seguimiento de auto Wiedemann 74 el cual es recomendado para la calibración de datos que fueron recolectados dentro de condiciones urbanas. Dicho modelo se establece de la siguiente manera:

“Este modelo contempla la variabilidad del comportamiento del conductor respecto a cómo conduce si circula a determina velocidad y se acerca a otro conductor con una velocidad inferior y como se dan esos cambios de aceleración, desaceleración, cambio de carril.” (Belloti, 2019)

Dentro del software de simulación PTV Vissim 2020 los parámetros modificados de manera aleatoria fueron los siguientes:

- Distancia de detención promedio: Se define como la distancia promedio deseada entre dos vehículos consecutivos.
- Parte aditiva de la distancia de seguridad: Valor utilizado para la distancia de seguridad. A mayor valor, mayor distancia de detención promedio y menor capacidad de vehículos.
- Parte multiplicativa de la distancia de seguridad: Valor utilizado para la distancia de seguridad. A mayor valor, mayor distancia de detención promedio y menor capacidad de vehículos.

Dichos valores se modifican dentro de la Ecuación 2. 2 distancia de seguridad

$$d = ax + bx \quad (2.2)$$

donde:

ax: distancia de detención

$$bx = (bx \text{ add} + bx \text{ mult}) * \sqrt{v} \quad (2.3)$$

donde v es la velocidad del vehículo en metros por segundo y z es un número real entre 0 y 1 con media 0.5 y desviación estándar 0.1, como se aprecia en la Ecuación 2. 3 parte aditiva y multiplicativa de la distancia de seguridad.

Dentro del software existen “semillas” que son arreglos de valores aleatorios que contienen estos parámetros. Por lo tanto, para tener una calibración de la información mucho más exacta, se realizó 10 pruebas de simulación con diferentes semillas por cada

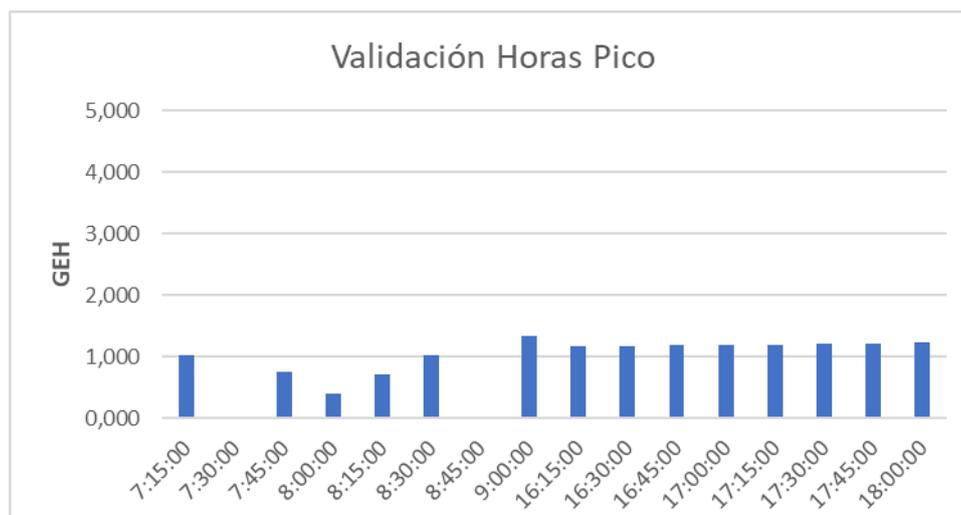
ejecución. A estos valores se les estimó un promedio y se los comparó mediante el estadístico GEH. Se evidencia en el siguiente ejemplo, dentro de la Tabla 2.8, el conjunto de datos tomados dentro de las horas picos de la estación de buses de Durán. Dentro de la tabla encontramos tres columnas de interés. La primera columna llamada flujo observado que refleja el flujo vehicular tomado en campo, promedio del flujo simulado refleja un promedio entre los datos obtenidos luego de las diez simulaciones y por último el cálculo del GEH.

**Tabla 2. 8 Cálculo del estadístico GEH para los buses de Durán**

Fuente: Elaborado por autores.

Hora	Zona de recolección	Flujo observado	Promedio Flujo simulado	GEH	Hora	Flujo observado	Promedio Flujo simulado	GEH
7:15:00 - 7:30:00	Estación Durán	10	7	1,029	16:15:00 - 16:30:00	9	7	0,707
7:30:00 - 7:45:00	Estación Durán	7	7	0,000	16:30:00 - 16:45:00	13	6	2,271
7:45:00 - 8:00:00	Estación Durán	6	8	0,756	16:45:00 - 17:00:00	12	7	1,622
8:00:00 - 8:15:00	Estación Durán	6	7	0,392	17:00:00 - 17:15:00	6	6	0,000
8:15:00 - 8:30:00	Estación Durán	9	7	0,707	17:15:00 - 17:30:00	6	6	0,000
8:30:00 - 8:45:00	Estación Durán	10	7	1,029	17:30:00 - 17:45:00	7	6	0,392
8:45:00 - 9:00:00	Estación Durán	7	7	0,000	17:45:00 - 18:00:00	6	7	0,392
9:00:00 - 9:15:00	Estación Durán	11	7	1,333	18:00:00 - 18:15:00	4	6	0,894

Posterior a la agrupación de la información, se llevó a cabo un gráfico de barras para visualizar aquellos datos que tienen un valor mayor a 5 para el GEH. La figura 2.14 muestra que el 100% de nuestros datos cumplen con el criterio, por lo tanto, la información fue calibrada con éxito y está correctamente validada.



**Figura 2. 14 Comparación del estadístico GEH respecto a los buses de Durán**

Fuente: Elaborado por autores.

Por otro lado, dentro de la Tabla 2.9, el conjunto de datos tomados dentro de las horas picos para aquellos vehículos que ingresan al sector F o autopista Narcisca de Jesús. La diferencia está en que la calibración se realizó para las dos rutas de decisión que pueden elegir los vehículos dentro de dicho sector.

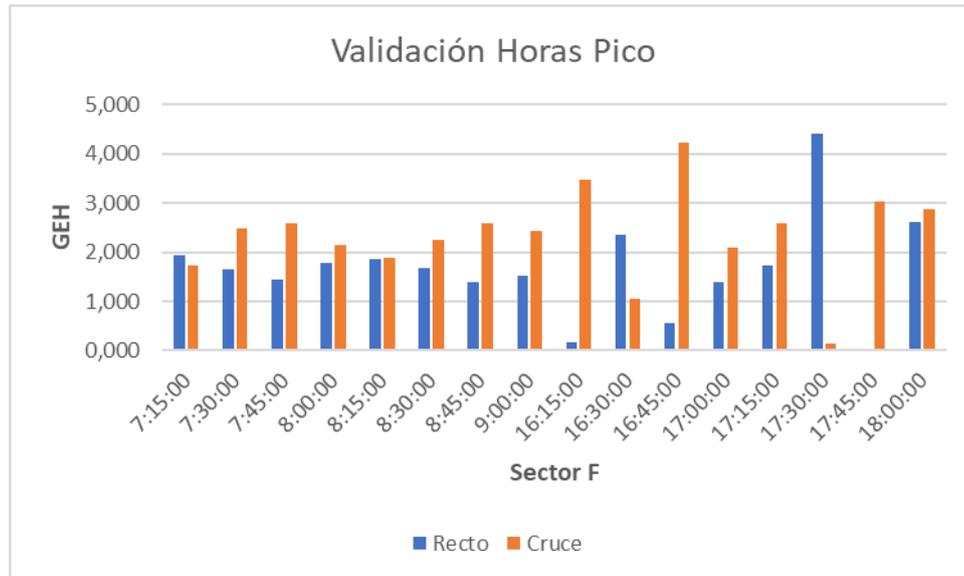
**Tabla 2. 9 Cálculo del estadístico GEH para vehículos del sector F**

Fuente: Elaborado por autores.

Hora	Zona de recolección	Flujo observado	Promedio Flujo simulado	GEH	Hora	Flujo observado	Promedio Flujo simulado	GEH
7:15:00 - 7:30:00	Sector F (cruce)	261	234	1,716	16:15:00 - 16:30:00	297	240	3,479
7:15:00 - 7:30:00	Sector F (recto)	194	168	1,933	16:15:00 - 16:30:00	165	167	0,155
7:30:00 - 7:45:00	Sector F (cruce)	281	241	2,476	16:30:00 - 16:45:00	245	229	1,039
7:30:00 - 7:45:00	Sector F (recto)	191	169	1,640	16:30:00 - 16:45:00	202	170	2,346
7:45:00 - 8:00:00	Sector F (cruce)	296	253	2,595	16:45:00 - 17:00:00	308	238	4,237

7:45:00 - 8:00:00	Sector F (recto)	180	161	1,455	16:45:00 - 17:00:00	161	154	0,558
8:00:00 - 8:15:00	Sector F (cruce)	266	232	2,155	17:00:00 - 17:15:00	264	231	2,098
8:00:00 - 8:15:00	Sector F (recto)	195	171	1,774	17:00:00 - 17:15:00	178	160	1,385
8:15:00 - 8:30:00	Sector F (cruce)	265	235	1,897	17:15:00 - 17:30:00	272	231	2,585
8:15:00 - 8:30:00	Sector F (recto)	191	166	1,871	17:15:00 - 17:30:00	207	183	1,719
8:30:00 - 8:45:00	Sector F (cruce)	258	223	2,257	17:30:00 - 17:45:00	245	243	0,128
8:30:00 - 8:45:00	Sector F (recto)	185	163	1,668	17:30:00 - 17:45:00	209	150	4,404
8:45:00 - 9:00:00	Sector F (cruce)	299	256	2,581	17:45:00 - 18:00:00	295	245	3,043
8:45:00 - 9:00:00	Sector F (recto)	193	174	1,403	17:45:00 - 18:00:00	174	174	0,000
9:00:00 - 9:15:00	Sector F (cruce)	262	224	2,438	18:00:00 - 18:15:00	289	242	2,884
9:00:00 - 9:15:00	Sector F (recto)	181	161	1,529	18:00:00 - 18:15:00	186	152	2,615

Luego de organizar la información, se realizó un gráfico de barras para visualizar aquellos datos que tienen un valor mayor a 5 para el GEH. La figura 2.15 muestra que el 100% de nuestros datos cumplen con el criterio, por lo tanto, la información fue calibrada con éxito y está correctamente validada.



**Figura 2. 15 Comparación del estadístico GEH respecto a los vehículos del sector F**

Fuente: Elaborado por autores.

## 2.5 Uso de software

A lo largo de este capítulo se comentó acerca del proceso que conlleva el levantamiento de la información, su procesamiento y todas las demás variables consideradas. Es importante mencionar las herramientas que se utilizaron en el proceso de metodología y el aporte de cada una de ellas.

- Microsoft Excel: Es un programa de software desarrollado por Microsoft que utiliza hojas de cálculo para organizar información con la ayuda de ecuaciones/fórmulas y funciones. Entre sus usos comunes se destacan: ingreso de datos, manejo de datos, análisis financiero, manejo de cronogramas, etc.

Con respecto al proyecto, esta herramienta fue utilizada explícitamente para la recopilación y respaldo de la información de manera detallada y ordenada por medio de tablas de datos.

- Google Maps: Es un servicio basado en la web que provee información detallada sobre la ubicación geográfica de una región o cualquier sitio alrededor del mundo.

Dentro de este proyecto, permitió utilizar las imágenes extraídas para el desarrollo el entorno de la zona de estudio. Brindó la capacidad de representar las calles de manera más exacta, tomando en cuenta cada detalle.

- PTV Vissim: Software de simulación de tráfico comprobado por ser realista y detallado. Permite representar el comportamiento de tráfico de una zona y determinar todos sus impactos. Además, por medio de modificaciones, se pueden generar distintos escenarios para resolver una problemática puntual.

El software en mención, trata de la herramienta principal para el desarrollo de este tema. Por medio del mismo, se representó la situación actual de la zona de estudio y todas las características y consideraciones que le conciernen. Además, permite modificar distintos aspectos del tránsito de la zona para conocer sus posibles impactos relacionados a la congestión.

## **2.6 Consideraciones legales y éticas**

Una vez fue abarcado todo el proceso que lleva a la obtención de la información relevante, su correcto procesamiento y todas las herramientas que intervinieron durante la metodología, es necesario presentar el marco legal por el cual se rige la problemática y su objetivo.

A partir del 1 de agosto de 2015, la Autoridad de Tránsito Municipal (ATM) está encargada de planificar, regular y controlar el tránsito vehicular y peatonal de la ciudad de Guayaquil (¿Qué trámites y funciones cumple la Autoridad de Tránsito de Guayaquil?, 2015). Con estas premisas y con la disposición del artículo 54 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial que cita específicamente en los incisos c) y d):

“Art. 54.- La prestación del servicio de transporte atenderá los siguientes aspectos:

c) La protección ambiental; y,

d) La prevalencia del interés general por sobre el particular.” (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2008)

Y a su vez con lo enunciado por medio del artículo 88 inciso h):

“Art. 88.- En materia de tránsito y seguridad vial, la presente Ley tiene por objetivo, entre otros, los siguientes:

h) La reducción de la contaminación ambiental, producida por ruidos y emisiones de gases emanados de los vehículos a motor; así como la visual ocasionada por la ocupación indiscriminada y masiva de los espacios de la vía pública;” (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2008)

La Autoridad de Tránsito Municipal pone marcha un plan de ordenamiento vial a partir del mes de noviembre que tiene como objetivo modificar las rutas de aquellos buses que provienen del cantón Durán. Su decisión de cambio de recorrido fue tomada al margen de constantes quejas por parte de los transeúntes que afirman que ciertos sectores se ven afectados por el exceso de ruido, congestionamiento y contaminación ambiental.

## 2.7 Fases del proyecto

Esta sección describirá cada actividad fundamental dentro del proyecto integrador que encamina a cumplir con los objetivos y entregables definidos anteriormente.

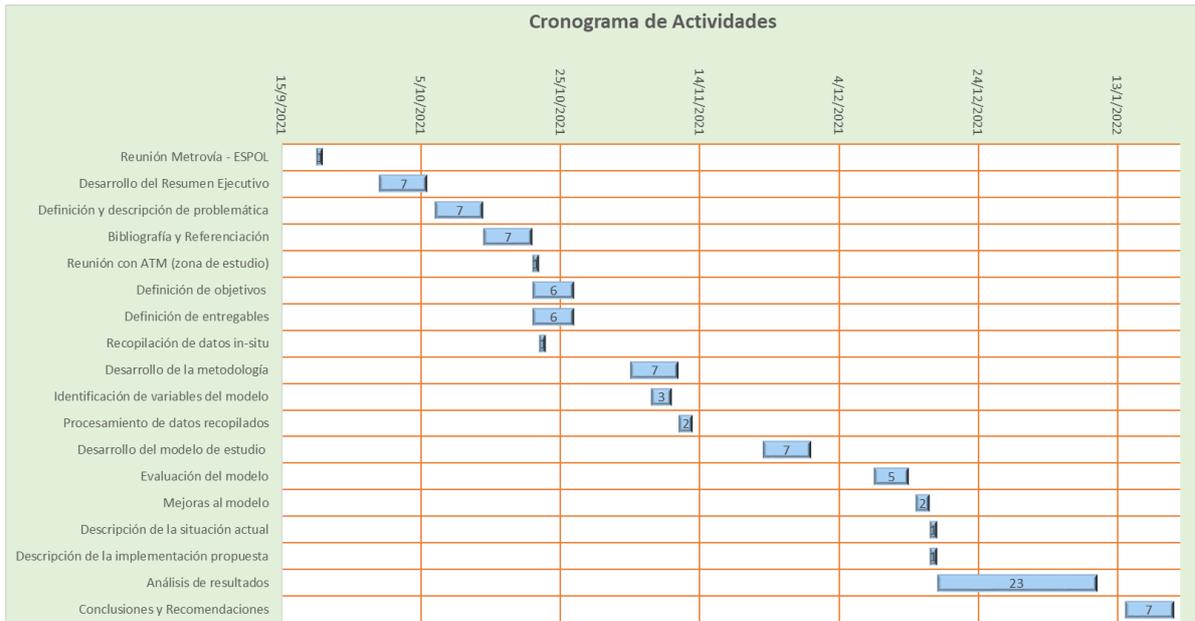
- **Reunión virtual con funcionario de la ATM:** Esta actividad permitió definir la zona de estudio que es de interés por parte del cliente para de esta manera conocer su impacto en el tránsito vehicular. Además, será el lugar donde se implemente la propuesta de cambio de ruta.
- **Recolección de datos:** Se realizó el conteo de datos in situ en seis diferentes sectores definidos dentro de la zona de estudio. En cada sector se tomó registro del flujo vehicular cada 15 minutos de acuerdo al vehículo de interés definido en el sector y la decisión de ruta que elegía.
- **Procesamiento y organización de datos:** Luego de registrada la información, se procedió a organizarla en distintas tablas para que de esta manera su comprensión y visualización se ejecuten con facilidad. De igual manera, esto optimizó la incorporación de dichos datos al software de simulación.
- **Desarrollo de la simulación con la situación actual:** En esta instancia se desarrolló la generación de la zona de estudio con todas sus características como

lo son calles, tipos de vehículo, rutas, entre otras. Además, se ingresó la información recopilada en campo de acuerdo al formato que permite procesar los datos el simulador.

- **Interpretación de resultados de la simulación:** Una vez representada la zona de estudio e introducida la información pertinente, se debe reproducir los resultados para conocer el nivel de congestión de las vías. A partir de ello se identificará(n) el/los sector(es) que representan mayor conflicto y cómo esto afectaría a la propuesta de implementación de cambio de ruta.
- **Implementación de la situación de microsimulación propuesta:** Luego de conocer el comportamiento de tráfico dentro del marco de la situación actual, se incorporará el cambio con la nueva ruta dentro de la simulación.
- **Análisis de resultados con la nueva incorporación:** Con la implementación del nuevo flujo vehicular que será parte de la zona de estudio debido al cambio de ruta de los buses que vienen del cantón Durán, se debe evaluar el impacto que tendrá esta nueva decisión dentro de la congestión vial y si resulta como una alternativa viable para reducir problemas de tráfico en la ciudad.

## 2.8 Cronograma de trabajo

El cronograma de trabajo en la figura 2.16, evidencia todas las actividades que fueron llevadas a cabo para el desarrollo de este proyecto de investigación. Además, no solo se encarga de detallar el nombre de cada fase, sino que también establece el tiempo que tomó cada una de ellas. Se puede apreciar que la actividad que requiere de mayor demanda de recursos es el análisis de los resultados. El motivo de ello radica a que previo de llegar a la comparación de escenarios y establecimiento de los parámetros para dicho proceso comparativo, se realizó la validación de la información tomada en campo. Sin haberse llevada esto a cabo, los resultados encontrados no reflejarían la situación actual con exactitud.



**Figura 2. 16 Cronograma de las actividades realizadas durante el proyecto**

Fuente: Elaborado por autores.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La sección actual describe los resultados obtenidos luego de aplicar la metodología del capítulo anterior. Además, se realizó un exhaustivo análisis que detalla los resultados de la evaluación de la situación actual dentro de la zona de estudio y la respectiva comparación con la situación propuesta de cambio de ruta para los vehículos provenientes del cantón Durán. Donde se evidencia el impacto que tiene la situación propuesta dentro de la zona de estudio.

### 3.1 Parámetros de evaluación

Previo al desglose de los resultados, es importante aclarar las métricas de evaluación utilizadas para medir niveles de congestión dentro del estudio de la situación actual, las cuales también fueron utilizadas para su comparación con la situación propuesta. Por lo tanto, se procedió a definir las unidades y conceptos de dichas métricas.

1. Tiempo de viaje: Cantidad de tiempo, usualmente medido en segundos, que toma a un vehículo en llegar desde un punto de origen y destino previamente definidos.
2. Volumen vehicular total: Sus unidades son número de vehículos contabilizados dentro de un intervalo de tiempo, que usualmente es definido en horas. Permite conocer el total de vehículos que transitaron por una vía dentro de una franja horaria previamente definida.
3. Fila o cola de vehículos: Este concepto refleja la cantidad de vehículos que estuvieron detenidos generando congestión dentro de una vía. Existen condiciones como velocidad mínima y máxima de un vehículo o distancia con el vehículo consecutivo para considerar si una fila de vehículos está en cola.
4. Longitud máxima de cola: Es la medición, dada en metros generalmente, de la mayor longitud registrada por vehículos que estuvieron en cola dentro de una franja horaria.
5. Total de detenimientos o paradas: Contabiliza el número de veces que un vehículo debió detenerse debido a que se encontraba en condiciones de cola.

6. Retraso o demora de vehículo: Tiempo adicional fuera del tiempo de viaje deseado que debe experimentar un conductor para llegar a su destino.
7. Nivel de servicio: Describe de manera cualitativa el estado de tránsito de una vía a partir de la satisfacción del usuario. Toma en cuenta factores como velocidad, congestión, flujo vehicular, composición vehicular.

### **3.2 Evaluación de la situación actual**

Para la evaluación de la situación actual se efectuó tres tipos diferentes de alcances: el primer alcance realiza un análisis de las métricas anteriormente mencionadas a partir de un enfoque de resultados de *tiempo de viaje de los vehículos*, el segundo enfoque menciona los resultados *estudio de fila o cola de vehículos*. Por último, se tiene los resultados del *estudio de nodos de una zona*.

#### **3.2.1 Análisis del tiempo de viaje**

La herramienta de simulación PTV Vissim 2020 permite definir zonas de estudio sobre las cuales se realizó la evaluación de los tiempos de viaje de los vehículos. Para ello, se escogió tres zonas de alto flujo vehicular que tuvieron impacto al momento que se realizó el cambio de decisión en lo que es la situación propuesta de modificación de ruta. La primera zona abarcó todos los vehículos con origen desde la estación Santa Eleonor este o sector B, como también se lo define, hacia el destino de la estación o paradero actual de las líneas de Durán. La siguiente zona de estudio abarcó dos los vehículos con origen desde la estación Santa Eleonor y que desean ingresar hacia la autopista Narcisa de Jesús. La última zona de estudio tomó en cuenta todos los vehículos de tipo urbano que salen del Terminal Terrestre y tuvieron como destino final incorporarse al carril que los dirige hacia la autopista Narcisa de Jesús o sector E, como se lo definió previamente. La tabla 3.1 muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 3. 1 Matriz de evaluación de tiempos de viaje para la situación actual**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Promedio de vehículos	Promedio de vehículos (Durán)	Promedio de tiempo de viaje	Promedio de tiempo de viaje (Durán)
7:15-11:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6871	115	44	68
7:15-11:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4188	0	56	-
7:15-11:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	4885	0	16	-
11:15-15:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6431	115	45	72
11:15-15:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4707	0	57	-
11:15-15:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	5376	0	16	-
15:15-19:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6646	109	45	70
15:15-19:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4858	0	57	-
15:15-19:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	5548	0	16	-

Se aprecia que, para la situación actual, la mayor cantidad de vehículos promedio que realizan viajes dentro de las franjas horarias establecidas, son aquellos que pertenecen a la zona de estudio 1 y la zona de estudio 3. Mientras que el flujo vehicular de los vehículos de Durán tiene una ligera disminución en la franja final del día, que abarca entre las 15h15 hasta las 19h15.

El análisis del tiempo de viaje promedio reflejó que el mayor tiempo corresponde a los vehículos de la zona de estudio 2, dando un total para 56 segundos para la primera franja horaria y 57 segundos de viaje para las siguientes franjas. Un motivo de esto, además que la distancia de recorrido para esta ruta es mayor, se debe a que los vehículos que transitan este tramo deben cruzar varias zonas de conflicto que tienden a la congestión. Por último, se apreció que los buses intraprovinciales de Durán cuentan con un mayor tiempo de viaje para realizar su recorrido en comparación a los vehículos particulares, a pesar de que cubren la misma distancia en la zona 1. Este

comportamiento se debe a que la velocidad máxima permitida para este tipo de vehículo es menor a la de un auto liviano.

### 3.2.2 Análisis de filas o colas vehiculares

Para el análisis de colas vehiculares de la situación actual, se tomó a consideración la avenida con mayor flujo vehicular para zona de estudio. Esta avenida es la Benjamín Rosales en sentido Sur – Norte. Quiere decir que la evaluación considera a todos los vehículos que provienen de la estación Santa Eleonor este y circulan recto por la avenida mencionada.

De acuerdo a la tabla 3.2, se observó que, en la franja horaria matutina, que va de 7h15 a 11h15 el promedio de vehículos en cola, es decir que estuvieron detenidos en simultaneo tiene un valor de 11 vehículos. Con esto, la longitud de cola máxima fue de 163 metros registrados con promedio de detenciones o paradas contabilizadas de 1906. Contrario a este comportamiento, la franja horaria tomada desde las 15h15 hasta las 19h15 cuenta con los valores registrados más altos. El motivo de esto tiene como consecuencia un mayor flujo vehicular registrado en las vías.

**Tabla 3. 2 Matriz de colas vehiculares para la situación actual**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Promedio vehículos en cola	Promedio Longitud máxima cola	Promedio de paradas
7:15-11:15	Benjamín Rosales	11	163	1906
11:15-15:15	Benjamín Rosales	13	156	2073
15:15-19:15	Benjamín Rosales	14	170	2283

### 3.2.3 Análisis de niveles de servicio

Dentro del cálculo de nivel de servicio que mide la respuesta de una calle ante un escenario de congestión, se consideró aquellas rutas que fueron necesarias a posterior para la comparación de escenarios. Las zonas de estudio escogidas fueron la zona 1 identificada como estación Durán, donde en la actualidad arriban todos los buses del cantón Durán. Como Zona 2 se estableció los vehículos que vienen desde la avenida Benjamín Rosales hacia la estación Río Daule o estación de la Metrovía. La Zona 3 toma

en cuenta los vehículos que se interceptan con aquellos que cruzan desde el paso desnivel de la avenida de Las Américas.

Como se evidencia en la tabla 3.3, durante la situación actual, el nivel de servicio que se maneja en la estación Durán es de tipo C. Esto quiere decir que, en condiciones de flujo normal o estable, donde la capacidad de la vía no está en su pico máximo, las condiciones de tránsito son limitadas, lo que causa tiempos de retraso durante los viajes. La zona 2, cuenta con un nivel de servicio de tipo A debido a que el flujo por dicho sector es nulo, pues en este caso aún la ruta de los buses de Durán no se incorpora al terminal Río Daule. Un nivel de servicio A indica una circulación vehicular a libre flujo donde el volumen de tráfico es muy bajo y las condiciones de tráfico sólo se verían afectadas por la geometría de las vías. Finalmente, la zona 3 muestra como menor nivel de servicio el tipo B para las dos últimas franjas horarias. Quiere decir que, aunque existen interrupciones debido al cruce de vehículos, no son suficientes para generar congestión significativa dentro del sector.

**Tabla 3. 3 Matriz de evaluación de niveles de servicio para la situación actual**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Cola máxima	Nivel de servicio	Retraso de vehículos
7:15-11:15	Z1: Estación Durán	135	LOS_C	25
7:15-11:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	135	LOS_A	0
7:15-11:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	119	LOS_A	7
11:15-15:15	Z1: Estación Durán	113	LOS_C	28
11:15-15:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	113	LOS_A	0
11:15-15:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	129	LOS_B	12
15:15-19:15	Z1: Estación Durán	149	LOS_C	27
15:15-19:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	149	LOS_A	0
15:15-19:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	129	LOS_B	12

### 3.3 Comparación de escenarios

Posterior a la explicación del escenario actual y la evaluación de sus métricas, se procedió a realizar la comparación bajo los mismos parámetros en conjunto con la situación propuesta. La situación propuesta, como se aclaró en secciones

anteriores, refleja el cambio de decisión de ruta que realizan los buses provenientes del cantón Durán. Esto quiere decir que se midió el impacto que tendrá su cambio de ruta con el ingreso a la estación Río Daule o estación de la Metrovía, con respecto a los niveles de congestión vehicular.

### 3.3.1 Comparación de tiempos de viaje vehicular

Para la comparación entre escenarios se generó la información bajo los mismos parámetros que la situación actual, considerando las mismas zonas de estudio. La tabla 12 muestra la recopilación de los datos simulados. Como se observa, los buses intraprovinciales ya no se dirigen más a la estación Durán debido al cambio de ruta realizado, sino que ahora tienen como destino final incorporarse a la autopista Narcisa de Jesús debido a que desean ingresar al Terminal Río Daule.

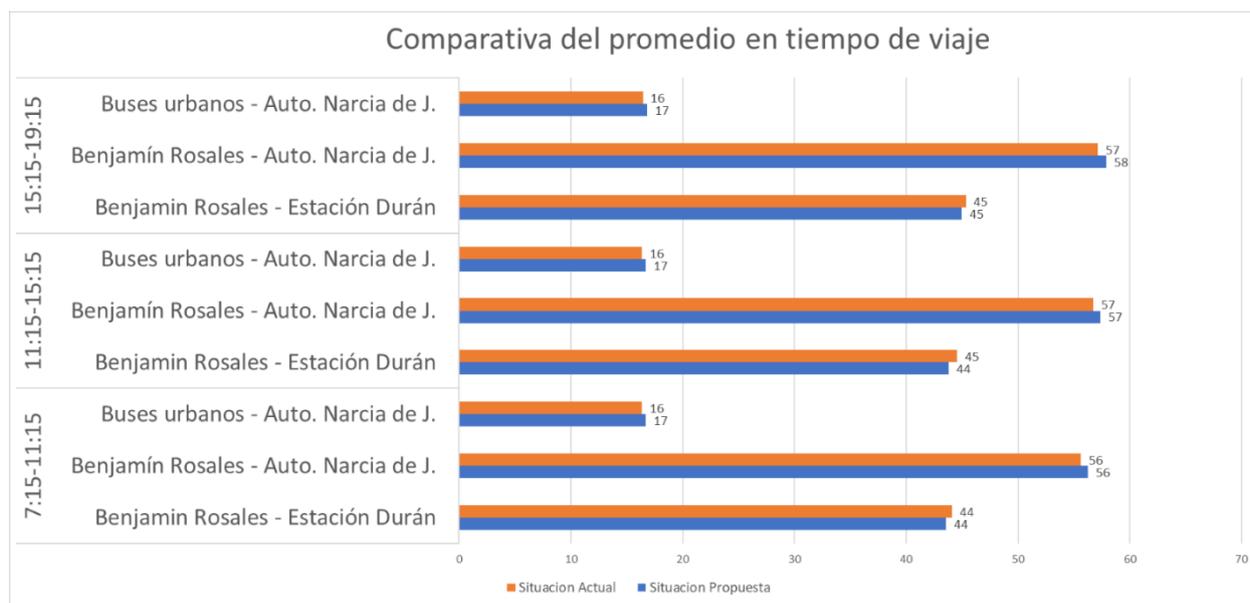
**Tabla 3. 4 Matriz de evaluación de tiempos de viaje para la situación propuesta**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Promedio de vehículos	Promedio de vehículos (Durán)	Promedio de tiempo de viaje	Promedio de tiempo de viaje (Durán)
7:15-11:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6756	0	44	-
7:15-11:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4303	115	56	76
7:15-11:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	4885	0	17	-
11:15-15:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6316	0	44	-
11:15-15:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4822	115	57	77
11:15-15:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	5376	0	17	-
15:15-19:15	Z1: Benjamín Rosales - Estación Durán	6537	0	45	-

15:15-19:15	Z2: Benjamín Rosales - Auto. Narcisa de J.	4967	109	58	77
15:15-19:15	Z3: Buses urbanos - Auto. Narcisa de J.	5547	0	17	-

En la figura 3.1 se observó tres zonas de estudio: Benjamín Rosales- Autopista Narcisa de Jesús, Buses Urbanos-Autopista Narcisa de Jesús y Benjamín Rosales- Estación Buses de Durán. Las barras de color naranja representan la situación actual mientras que las barras azules representan la situación propuesta. Con la nueva decisión no se evidencia un cambio significativo dentro de los tiempos de viaje de los vehículos que provienen de la Benjamín Rosales y pertenecen a las tres zonas. Esto demuestra que, a pesar de existir un cambio dentro de la ruta de los buses de Durán, esto no genera un efecto adverso en los tiempos de viaje de los otros vehículos de la ruta.

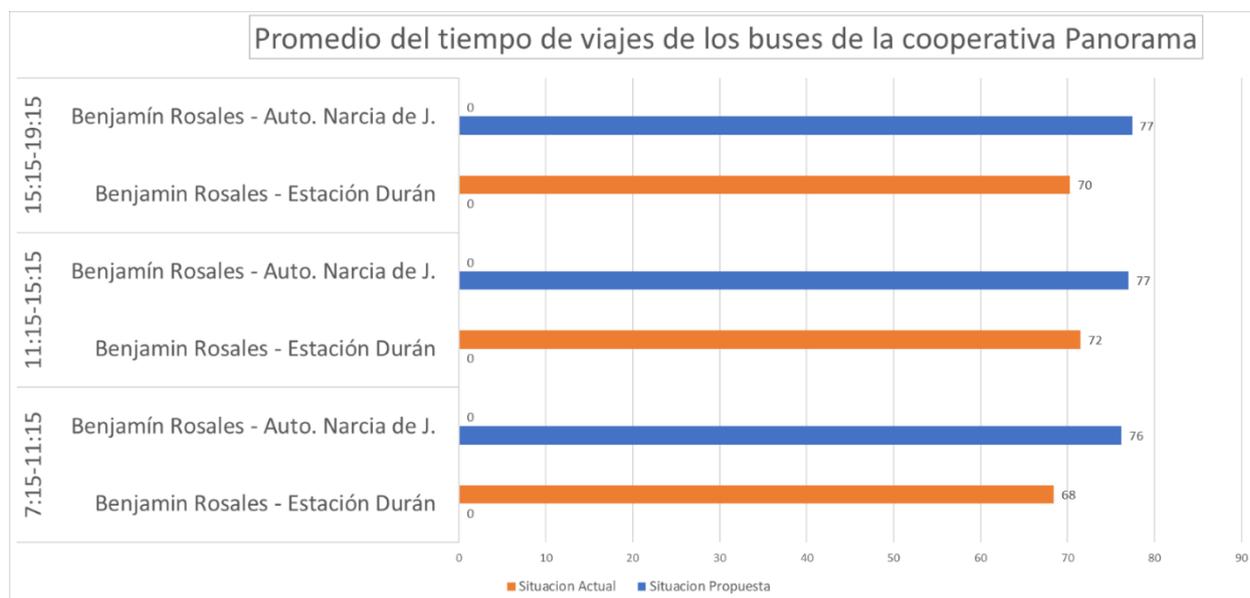


**Figura 3. 1 Comparación tiempo promedio de viaje entre situación actual y propuesta**

Fuente: Elaborado por autores.

Por otro lado, la figura 3.2 se observó el comportamiento que tendrían los buses del cantón Durán ante este cambio de ruta, en conceptos de promedio de tiempo de viaje. Se nota un incremento en los tiempos de viajes para todas las franjas horarias planteadas, más lo destacable es que la mayor diferencia en tiempos de viaje es de tan

solo 8 segundos. Esto se interpreta en que el cambio de ruta hacia la estación Río Daule no genera retrasos significativos dentro del viaje de los buses de Durán.



**Figura 3. 2 Comparación tiempo promedio de viaje para buses de Durán**

Fuente: Elaborado por autores.

### 3.3.2 Comparación de filas o colas vehiculares

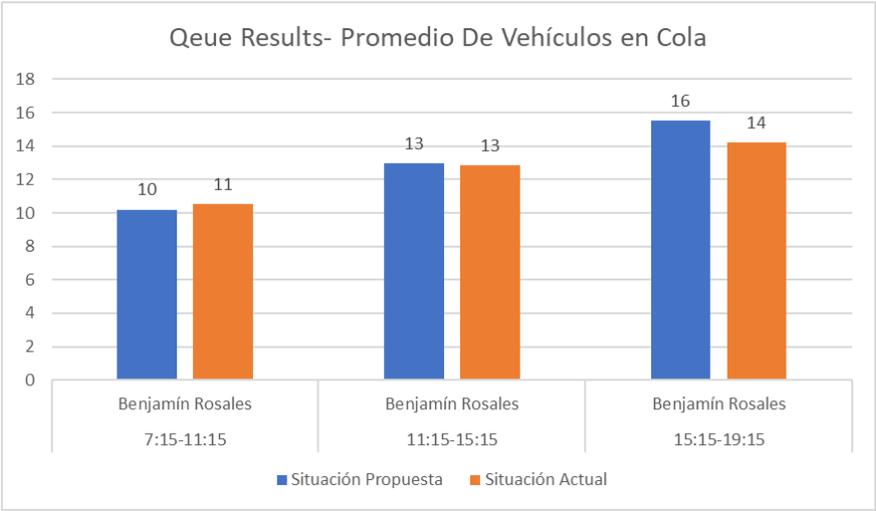
La tabla 3.5 muestra la información correspondiente al escenario propuesto con el cambio de ruta. Dentro de ella, para realizar la comparación, se establecieron las mismas franjas horarias con la zona de estudio similar, que abarcan los vehículos que circulan por la avenida Benjamín Rosales.

**Tabla 3. 5 Matriz de colas vehiculares para la situación propuesta**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Promedio vehículos en cola	Promedio Longitud máxima cola	Promedio de paradas
7:15-11:15	Benjamín Rosales	10	162	1790
11:15-15:15	Benjamín Rosales	13	155	2056
15:15-19:15	Benjamín Rosales	16	174	2505

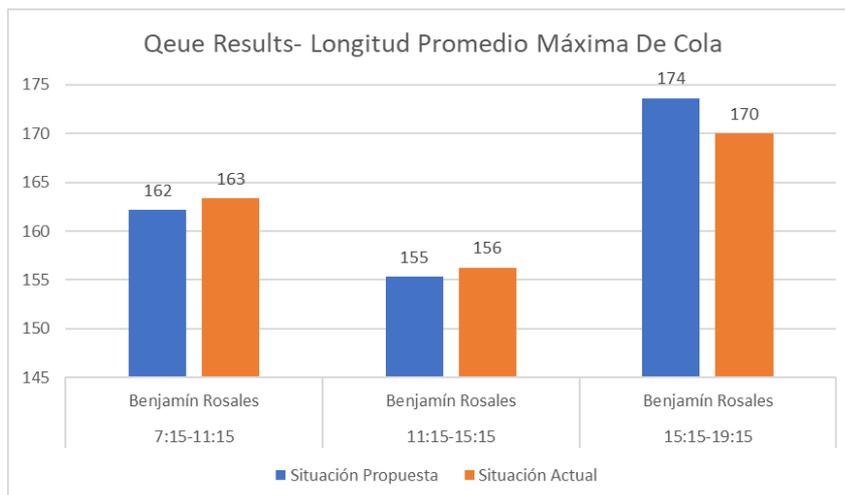
La figura 3.3 compara el promedio de los vehículos que estuvieron en cola durante el intervalo de tiempo escogido. Se observó que los valores para la intersección de la Benjamín Rosales con el sector E, carril de entrada de vehículos hacia la avenida Narcisca de Jesús, produce niveles similares en la cola entre la situación propuesta y la situación actual. Esto demuestra que a pesar que la nueva ruta de los buses de Durán tiene como nuevo objetivo viajar hacia ese sector, el hecho que ocupe un carril preferencial para su entrada al terminal, no afecta los parámetros de la situación base.



**Figura 3. 3 Comparación de cola promedio de vehículos entre situación actual y propuesta**

**Fuente: Elaborado por autores.**

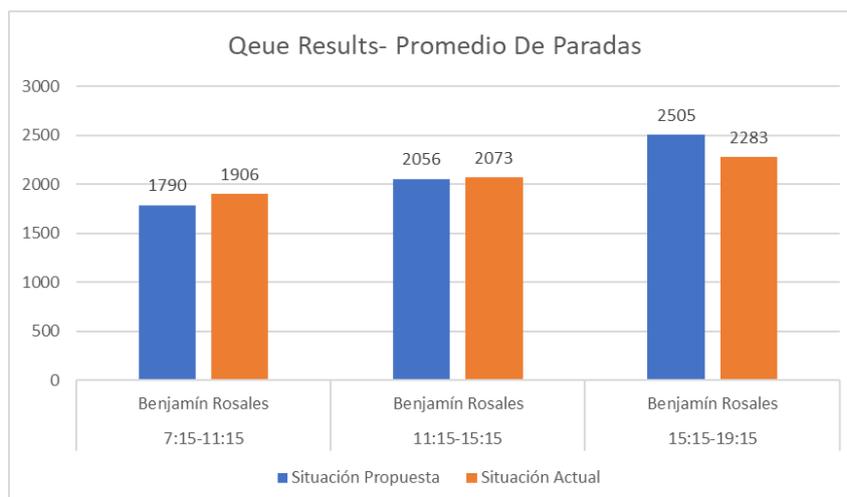
Por otro lado, la figura 3.4 reafirma lo evidenciado en el concepto de longitud promedio de cola. Pese a que existe un incremento, aunque no significativo, también se evidencia un leve crecimiento en la longitud máxima de cola durante los horarios de estudio establecidos. El mayor crecimiento de cola se evidencia en el último intervalo de la simulación donde existe una diferencia de 4 metros más en la situación propuesta. De todas maneras, ese cambio no es determinante para considerar la inviabilidad del cambio de ruta.



**Figura 3. 4 Comparación longitud promedio de cola máxima entre situación actual y propuesta**

**Fuente: Elaborado por autores.**

Finalmente, la figura 3.5 muestra la cantidad promedio de paradas o detenimientos que tienen los vehículos que circulan por este sector. Se observa que, para las dos primeras franjas horarias establecidas, el número de vehículos que se detuvieron no difiere de manera significativa para ninguno de los escenarios. Ocurre lo contrario dentro del último intervalo de estudio, en el cual se observa un incremento de 267 paradas más dentro de la situación propuesta, en comparación de la situación actual. Esto se debe a que ahora los vehículos de Durán deben salir de la estación Río Daule para incorporarse a la autopista Narcisa de Jesús. Con ello, todos los vehículos livianos que pasan por el sector E deben cederles el paso a los buses de Durán, lo que genera mayores detenimientos.



**Figura 3. 5 Comparación de promedio de paradas para situación actual y propuesta**

Fuente: Elaborado por autores.

### 3.3.3 Comparación de niveles de servicio

Para la comparación de niveles de servicio, se registró la misma información bajo las mismas métricas de estudio, dentro de la situación propuesta. La tabla 3.6 evidencia los resultados recolectados luego de someter la situación propuesta a evaluación. Se observa cambios o modificaciones dentro de los niveles de servicio entre las situaciones planteadas.

**Tabla 3. 6 Matriz de evaluación de niveles de servicio para la situación propuesta**

Fuente: Elaborado por autores.

Franja Horaria	Zona de estudio	Cola máxima	Nivel de servicio	Retraso de vehículos
7:15-11:15	Z1: Estación Durán	145	LOS_A	0
7:15-11:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	145	LOS_A	10
7:15-11:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	267	LOS_C	16
11:15-15:15	Z1: Estación Durán	107	LOS_A	0
11:15-15:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	107	LOS_B	11
11:15-15:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	325	LOS_D	26
15:15-19:15	Z1: Estación Durán	160	LOS_A	0
15:15-19:15	Z2: Benjamín Rosales - Estación Río Daule	160	LOS_B	11
15:15-19:15	Z3: Sector E - Auto. Narcisa de Jesús	363	LOS_D	26

Al comparar los niveles de servicio de la situación actual con la situación propuesta se observó lo siguiente. Dentro de la zona 1, para las tres franjas horarias, el nivel de servicio mejora de un tipo C hacia un nivel de servicio tipo A. Esto se debe a que ya no se dirigen más vehículos ni se detienen en la estación Durán. El análisis del nivel de servicio para la zona 2 muestra un cambio de nivel de servicio tipo A hacia nivel de servicio tipo B en las dos últimas franjas horarias. El motivo de ello se debe a que ahora los vehículos que circulan por esa ruta deben detenerse por unos instantes para habilitar el paso a los buses de Durán que salen del Terminal Río Daule. Por último, la zona 3 presenta cambios mucho más drásticos. Para los dos últimos horarios el cambio de nivel de servicio pasa a ser del tipo B al tipo D. Un nivel de servicio tipo D refleja una densidad de flujo elevada en condiciones inestables, donde el conductor experimenta incomodidad al volante pues se ve restringido en realizar maniobras a libre flujo y tomar una velocidad habitual. Este comportamiento se genera debido a que los buses de Durán, debido a sus dimensiones, estarían generando un mayor congestionamiento al momento de encontrarse en la zona de cruce con los vehículos que descienden por el paso desnivel de la avenida de Las Américas.

### **3.4 Entregables**

Dentro de los productos entregables para la ATM, se tiene un video dinámico de la microsimulación de tráfico mostrando ambos escenarios en una visión 3D. La simulación presentará la información recopilada dentro de las 12 horas de estudio que corresponden a la toma de datos. La velocidad en la que se reproduzca el proceso de simulación podrá modificarse de acuerdo al interés en que se desee visualizar. Dicho video mostrará el entorno real de la zona de estudio, donde se puede identificar las calles que abarcan el Terminal Terrestre y el Terminal Río Daule. Además, se diferencian los vehículos de interés y sus comportamientos como por ejemplo los buses de Durán, sobre la cual se realiza el cambio de ruta.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- La metodología de conteo in-situ proporcionó información respecto a los flujos vehiculares dentro de la zona de estudio. Dentro de ellos, se evidenció patrones de movilidad de ciertos tipos de vehículos como por ejemplo su preferencia para tomar rutas de acceso hacia la autopista Narcisa de Jesús.
- Se identificó que las zonas de mayor congestión vehicular son aquellas que conectan la avenida Benjamín Rosales con el carril de entrada hacia la Narcisa de Jesús y la zona que conecta el paso desnivel de la avenida de Las Américas con la misma autopista. Esto se debe a que ambas proponen opciones de cruce para vehículos que desean cambiarse hacia otro carril.
- La ruta actual que manejan los buses de Durán, genera congestión vehicular en el paradero asignado. Esto se evidencia con el nivel de servicio tipo C encontrado en dicha zona.
- El cambio de ruta esperado para los buses de Durán, genera un impacto positivo dentro la zona donde se encuentra la estación actual, puesto que el nivel de servicio mejoraría, reduciendo la congestión vehicular. Además, el colocar la nueva ruta de destino, como lo sería el Terminal Río Daule, comprobó que no provocaría externalidades negativas dentro del tráfico de la zona.
- La salida de los vehículos de Durán del Terminal Río Daule, causan congestión debido a que los vehículos de la zona deben darles la preferencia para incorporarse a la vía. Esto genera un impacto dentro del nivel de servicio de dicho sector. Sin embargo, el colocar una señal de tráfico podría generar un impacto positivo ante este escenario

## **4.2 Limitaciones del modelo de micro simulación**

Es de suma relevancia dar a conocer aquellos aspectos a los que no se tiene alcance dentro de este proyecto. Aquellos factores que debido a su complejidad de cálculo o acceso a la información serán reflejados por medio de valores predeterminados o se consideraron ciertos supuestos. Estos aspectos también conocidos como limitaciones se explican a continuación.

### **4.2.1 Ancho de la vía**

Una de las características que permite manejar el software de simulación PTV Vissim, es el ancho de la calle medido en metros. Cada carril tiene una medida predeterminada, la cual es proporcionada por el programa. Dicha medida podría ser alterada de acuerdo a la necesidad del modelo.

### **4.2.2 Comportamiento de los peatones**

Uno de los tantos aspectos que no está siendo considerado para el problema de estudio, es la influencia que tienen los peatones dentro del tráfico. Para la investigación, la única información recopilada y de interés fue la mencionada anteriormente, el comportamiento de los vehículos y sus decisiones. Mas, los patrones o decisiones que toman los peatones al cruzar una calle, al tomar el transporte público o transporte particular, entre otras cosas, tratan de factores que sin duda alguna tienen un impacto sobre el tráfico de una zona.

### **4.2.3 Contexto de la información recopilada**

Durante la recolección de datos en campo, se consideraron distintos factores como los mencionados anteriormente: tipo de vehículo, flujo vehicular, decisiones de rutas, en otras. Mas, es importante mencionar que la información recaudada debe ser contextualizada en la fecha que fue adquirida y comprender que no necesariamente engloba una visión general de lo que es el comportamiento de tráfico dentro de la zona de estudio. Un ejemplo de lo mencionado es que, durante la toma de datos en campo, por motivos de la pandemia por el SARS-Cov-2, varios colegios de la ciudad de

Guayaquil se encuentran en modalidad virtual. Esto lleva a que el flujo que antes existía de vehículos que ofrecían el servicio de expresos o familias que movilizaban a sus hijos hacia los centros educativos, se vea reducido y no impacte de igual manera en la congestión de la zona de estudio.

#### **4.2.4 Comportamiento vehicular variable**

Pese a que se diseñó la zona de estudio en la que se integró los vehículos de interés y sus rutas correspondientes, no todas las decisiones de los conductores pueden ser representadas. Existen decisiones de cambio de carril que son a criterio del conductor, como también pueden estar influenciadas a partir de la experiencia del mismo. Por lo tanto, cambios de ruta drásticos o incorporaciones a otros carriles que no son necesariamente los adyacentes, no serán parte del modelo en cuestión.

#### **4.3 Recomendaciones**

- El conteo in-situ para la toma de datos reales, debería realizarse con herramientas especializadas que permitan llevar un registro más dinámico de la información.
- El registro de flujo vehicular debe realizarse en un periodo de tiempo más prolongado para de esta manera contar con mayor cantidad de datos y eliminar la desviación que estos tienen.
- Realizar un análisis más detallado sobre las características propias de los vehículos de interés como lo son: velocidad máxima, peso promedio, dimensiones, pues estos son factores que pueden modificarse dentro de la simulación.
- Realizar un análisis más detallado sobre las características propias de las vías de interés dentro de la zona de estudio como lo son: dimensiones de la vía, geometría, capacidad máxima de la vía, pues estos son factores que pueden modificarse dentro de la simulación y tienen un impacto para medir los niveles de congestión.

## BIBLIOGRAFÍA

- Gazder, U., Hamid, M., & Yazan, M. (2018). Traffic microsimulation model for Bahrain: A step towards smart traffic system. *IET Conference Publications*, 2018(CP747).
- Shahdah, U., Saccomanno, F., & Persaud, B. (2015). Application of traffic microsimulation for evaluating safety performance of urban signalized intersections. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.06.010>
- Tallam, T., Yallabandi, H., & Naveen Kumar, C. (2021). *Determination of Level-of-Service for Public Transport: A Case Study for Hyderabad Metro* (Vol. 83). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-5644-9\\_33](https://doi.org/10.1007/978-981-15-5644-9_33)
- Krivda, V., Petru, J., Macha, D., & Novak, J. (2021). Use of microsimulation traffic models as means for ensuring public transport sustainability and accessibility. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–38. <https://doi.org/10.3390/su13052709>
- ¿Qué trámites y funciones cumple la Autoridad de Tránsito de Guayaquil? (Agosto de 4 de 2015). *Diario El Universo*.
- (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*.
- Belloti, M. (2019). Repositorio Digital de la UNC: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/12702/ITF%20Mariana%20Belloti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>