

RESEARCH ARTICLE

Simulación y análisis del tráfico vehicular en las avenidas Salvador Bustamante Celi e Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador utilizando SUMO

Adriana Natali Chamba González ¹   Jenny María Yaguana Condoy ¹ 

¹ Departamento de Logística y Transporte, Universidad Técnica Particular de Loja, Calle San Cayetano, Loja 110107, Ecuador.

 Correspondencia: anchamba1@utpl.edu.ec  + 593 997632032

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj62064>

Resumen: El congestionamiento vehicular es la aglomeración de vehículos producido por la capacidad insuficiente de las vías para satisfacer la demanda de estas, provocando así: (1) estrés por tiempos de espera, (2) sonidos molestos (3) retrasos en tiempos de viaje (4) contaminación ambiental (5) consumo de combustible y (6) accidentes de tránsito. Por tal razón, el caso de estudio presenta una simulación del flujo vehicular en la intersección de la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador. La simulación pretende mejorar la circulación de vehículos incrementando el tiempo de duración de la luz verde en los semáforos ubicados en la mencionada intersección. Para realizar la simulación se utilizó el software "Simulation of Urban Mobility" (SUMO), en el cual se desarrollaron dos escenarios: El primero, es de 90 segundos que corresponde al tiempo actual de duración del semáforo en luz verde y el segundo, es de 120 segundos correspondiente a la nueva propuesta de incremento del tiempo de duración de la luz verde de los semáforos. Los resultados de la simulación mostraron mejoras en el flujo de vehicular y se las evidencia en la reducción de los tiempos de espera, así como también se identificó un ligero aumento en la velocidad media.

Palabras claves: Flujo vehicular, intersección, semáforo; SUMO, congestionamiento vehicular, automóvil

Simulation and analysis of vehicular traffic on Salvador Bustamante Celi and Isidro Ayora avenues in Loja-Ecuador using SUMO



Cita: Chamba González, A. N., & Yaguana Condoy, J. M. (2023). Simulación y análisis del tráfico vehicular en las avenidas Salvador Bustamante Celi e Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador utilizando SUMO. Green World Journal, 6(2), 64. <https://doi.org/10.53313/gwj62064>

Received: 12/Mar/2023

Accepted: 22/May/2023

Published: 28/May/2023

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor-in-Chief / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Editor's note: CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2023 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

Abstract: Vehicular congestion is the agglomeration of vehicles produced by the insufficient capacity of the roads to satisfy the demand of these, thus causing: (1) stress due to waiting times, (2) annoying sounds (3) delays in travel times (4) environmental pollution (5) fuel consumption and (6) traffic accidents. For this reason, the case study presents a simulation of the vehicular flow at the intersection of Av. Salvador Bustamante Celi and Av. Isidro Ayora in the city of Loja–Ecuador. The purpose of this simulation is to improve the circulation of vehicles by increasing the duration of the green light at the traffic lights located at that intersection. To run the simulation, the "Simulation of Urban Mobility" (SUMO) software was used, in which two scenarios were developed: The first, is 90 seconds, which corresponds to the current duration time of the green light and the second, is of 120 seconds corresponding to the new proposal to increase the duration of the green light for traffic lights. The simulation results showed improvements in the flow of vehicles and are evidenced in the reduction of waiting times, as well as a slight increase in average speed.

Keywords: Intersection, traffic light, traffic, simulation, SUMO, traffic congestion, car.

1. Introducción

La congestión vehicular es uno de los problemas que afectan la calidad de vida de la sociedad día con día, un claro ejemplo de ello es la acumulación de gran cantidad de vehículos en una vía, lo cual genera una obstrucción que dificulta la libre circulación y aumenta el tiempo de llegada de los vehículos a su destino [1],[2]. El problema se lo evidencia con mayor frecuencia en las horas pico, cuando la mayoría de los conductores están en la vía.

Generalmente, es una situación que ocurre debido a que la oferta vial es menor a la demanda existente, es decir que la capacidad de las vías es insuficiente para abastecer al flujo de vehículos que transitan por las vías, por ello las autoridades recomiendan utilizar el transporte público con el fin de evitar la presencia de vehículos particulares, aunque también es importante la mejora de la infraestructura vial.

El rozamiento de los vehículos es una de las causas fundamentales de la congestión vehicular, puesto que la cantidad de vehículos presentes en una vía determina la velocidad a la que pueden circular libremente los vehículos, además se ven condicionadas por factores como límites de velocidad establecidos y las intersecciones existentes en la vía. Cuando existe un flujo vehicular mayor cada vehículo constituye una barrera para el desplazamiento de los demás vehículos y es ahí donde empieza la congestión vehicular [3],[4].

A más de ello, la congestión vehicular tiene una manifestación física relacionada con demoras, colas y detenciones. Regularmente, ese tipo de situaciones aparecen como consecuencia de que el flujo de vehículos supera a la capacidad que tiene el sistema vial del sector, generando demoras en los tiempos de viaje, colas de vehículos y detenciones constantes.

En el estudio realizado por [5] menciona que el fenómeno de acumulación de vehículos conoce como "sistema de colas", el cual se compone de varios factores:

- **Proceso de llegada de los usuarios:** Especifica la manera en la que los usuarios llegan al sistema vial.
- **Mecanismo de atención:** Especifica el número de servidores existentes y el tiempo que le toma atender a cada usuario.
- **Disciplina en cola:** Hace referencia al criterio que se utiliza para seleccionar a un usuario que se encuentra en cola para ser atendido.

Las consecuencias que se derivan de la congestión vehicular son el estrés por el tiempo de espera, sonidos molestos que emiten los vehículos, retrasos en los tiempos de viaje, contaminación ambiental, consumo de combustible y en algunos casos accidentes de tránsito [6]. En el Ecuador,

los accidentes de tránsito ocurren por varias causas una de ellas es el corto tiempo de duración en el cambio de luces del semáforo, esta situación está vinculada con el hecho de que conductores jóvenes necesitan que el tiempo de duración de la luz amarilla en el semáforo sea de 1 segundo, mientras que, los conductores mayores a 60 años requieren de 2 segundos para poder percibir y reaccionar al cambio de la luz amarilla [7], [8].

La simulación del tráfico del caso de estudio se realiza en el software de Simulación de Movilidad Urbana, conocido por sus siglas en inglés "SUMO", el cual es una plataforma de simulación de tráfico multimodal útil para obtener información acerca de la previsión de tráfico, análisis de rutas o evaluación de semáforos [9]. Además, cuenta con una gran variedad de herramientas de apoyo que permiten realizar tareas complementarias como importación de redes, cálculo de emisiones, modelos personalizados, entre otros.

Para el caso de estudio, se considera importante hacer uso de este software debido a que ayuda a simular un escenario vial de forma real y microscópica, permitiendo integrar diferentes medios de transporte. Su fácil manejo lo hace ideal para obtener información adicional acerca del flujo vehicular a analizar, a través de líneas de comandos, que pueden ser consultados fácilmente desde la página web del software. Además, posee una interfaz interactiva con el usuario que permite simular elementos que forman parte del tráfico vehicular, tales como semáforos, señalización de tránsito vertical y horizontal, paradas de buses, peatones, entre otros.

El escenario comprende dos tiempos de duración del semáforo en luz verde de 90 segundos y 120 segundos respectivamente. Los 90 segundos corresponden al tiempo de duración, con el que están configurados actualmente los semáforos de la intersección en luz verde, mientras que, los 120 segundos están asociados con la nueva propuesta de ampliar el tiempo de duración de semáforo en luz verde.

La función Summary es un output del software SUMO que presenta datos referentes a: número de vehículos presentes en la simulación que están insertados, cargados, en marcha, a la espera de ser insertados, que han llegado a su destino y el tiempo que necesitaron para terminar la ruta. Además, contiene información referente al tiempo de espera y tiempo de viaje promedio de cada uno de los vehículos [10].

Para el desarrollo de la simulación inicialmente se realizó la configuración del tiempo de duración de los semáforos en luz verde, así mismo se insertaron diferentes categorías de vehículos como automóviles, buses, camiones y motocicletas, así como la ruta por la cual los vehículos circulan. Una vez ejecutada la simulación se introduce la función "Summary" a través de la línea de comandos, dicha función es útil para obtener un reporte sobre el tiempo medio de espera y la velocidad media del viaje del flujo vehicular analizado.

Una alternativa a futuro sería la implementación de semáforos inteligentes, los cuales toman decisiones por sí mismos, es decir, que saben cuándo es mejor que los ciclos de paso de los vehículos se extiendan o cuando mostrar lo contrario. Por lo general, se integran cámaras que controlan el flujo vehicular, así mismo se puede incorporar el sistema de GPS el cual inspecciona el volumen del tráfico [11]. Algunas ciudades de Europa y Latinoamérica ya han implementado los semáforos inteligentes, la ciudad de Viena es un ejemplo de ello, debido a que ha encontrado una solución a la congestión vehicular mediante la implementación de semáforos inteligentes. Su sistema detecta cuando existe mayor afluencia de vehículos, así como también de peatones y sabe cuál es el momento indicado para cambiar de luz [12].

Por tal motivo, el objetivo de este caso de estudio es llevar a cabo simulaciones que se ajusten al comportamiento real de la movilidad en la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja- Ecuador, para obtener información útil que permita conocer el flujo vehicular de la zona, así como, las principales dificultades que se derivan de este problema.

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

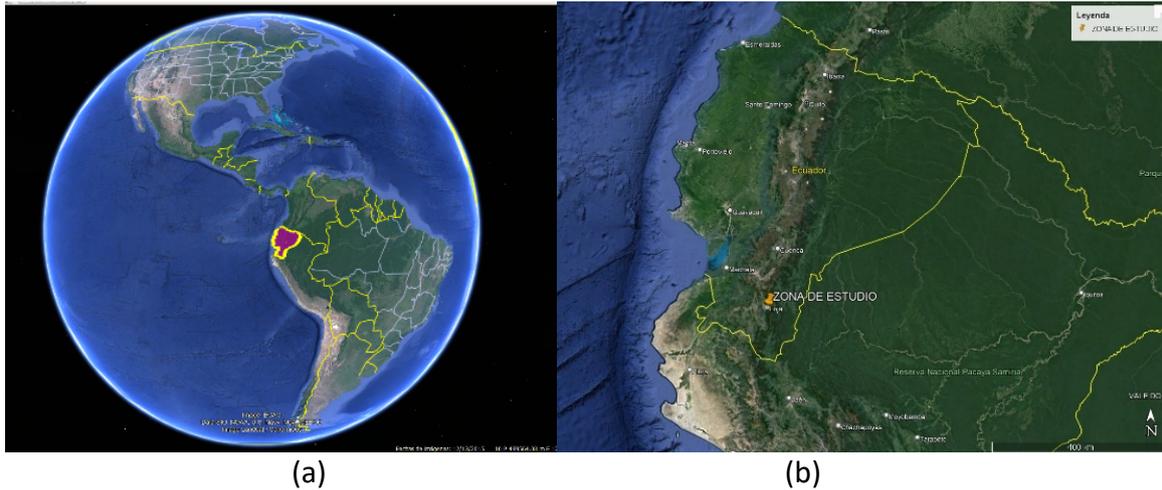


Figura 1. (a) Zona de estudio a nivel global: Ecuador y (b) Zona de estudio a nivel local: Loja

El estudio se lo realizó en Ecuador país ubicado en Latinoamérica (Ver Figura 1a). Específicamente en la ciudad de Loja, provincia ubicada al sur del país (Ver Figura 1b). La zona de estudio comprende la intersección de la Av. Isidro Ayora y Av. Salvador Bustamante Celi, siendo esta una de las principales vías conectoras entre el norte y el centro de la ciudad y, que diariamente permite la movilidad de un gran volumen de vehículos.

2.2. Materiales

Para la toma de datos se realizó un estudio de campo donde a través de la observación directa se pudo registrar todos los aspectos y características inherentes al flujo vehicular que existe en la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora de la ciudad de Loja-Ecuador en el horario de 10:30 am a 11:30 am, debido a que, es una hora valle y permite contabilizar de mejor manera los vehículos.

Para realizar la simulación se empleó el software SUMO el mismo que permitió realizar una simulación en tiempo real y microscópica sobre el flujo vehicular que se evidencia diariamente en la zona. Para la simulación se utilizaron los datos recolectados por los autores, los cuales fueron útiles para evidenciar la realidad y los efectos que tiene el incremento del tiempo de la luz verde en los semáforos en la intersección.

2.3. Método

Para el desarrollo de este caso de estudio se realizó una investigación de campo donde se contabilizó la cantidad y el tipo de vehículos que transitan diariamente por la intersección durante el lapso de una hora. El caso de estudio es de tipo cuantitativo, debido a que, se recolectaron datos y en base a ello, con ayuda del software SUMO se realizaron simulaciones del flujo vehicular observado en la zona.

Además, para poder realizar las configuraciones en el software se midió el tiempo que tarda la luz verde del semáforo en cambiar de color con la finalidad de que esta simulación sea acorde a la realidad que se evidencia en esta intersección y a partir de ello, plantear alguna solución de acuerdo a la perspectiva de los autores, de modo que, su eficacia pueda ser probada a través del software antes mencionado.

El tiempo medio de espera hace referencia al espacio de tiempo en el que el vehículo se encuentra parado (se excluye la parada voluntaria) hasta su nueva partida. Por su parte, la velocidad media describe la media aritmética de las velocidades de recorrido de todos los vehículos que circulan por un determinado tramo de carretera [13].

La gestión del tiempo de los semáforos puede lograrse a través de la inteligencia artificial, cuya función estaría orientada a detectar por medio de cámaras y sensores la cantidad de vehículos presentes en la vía, así como, la existencia de peatones cerca o cruzando la calle, así con ayuda de algoritmos y el cruce de datos captados por las cámaras, se asignará el tiempo de los semáforos en función de la necesidad presentada [14].

Para el correcto funcionamiento y descongestión de las vías, se debe tomar en cuenta la programación de semáforos inteligentes considerando aspectos como la importancia de las vías y la cantidad de vehículos que circulan en la zona. Actualmente, los semáforos inteligentes son una solución de movilidad ante el creciente flujo vehicular como es el caso en estudio [15].

Construcción de escenarios viales

Con el fin de desarrollar la simulación en SUMO, se han elaborado varios pasos para la construcción de escenarios viales. El primero de ellos llamado: (a) Obtención de las coordenadas de la intersección en las que se toma en cuenta la latitud y longitud (b) Descarga del mapa de la intersección la consiste en insertar las coordenadas de la zona de estudio en Open Street Map, el tercero llamado (c) Configuración de los semáforos que consiste modificar en tiempo que tardan en cambiar de luz los semáforos a luz verde y el cuarto denominado (d) Creación del flujo vehicular en donde se evidencia la inserción de los tipos de vehículos y el trazado de la ruta que van a seguir. A continuación, se explica el proceso y las características de cada uno de los pasos.

a) Obtención de las coordenadas de la intersección

Se utilizó la herramienta Google Earth Pro para obtener las coordenadas de la intersección correspondientes a latitud y longitud. A través de la opción "marca de posición" ubicada en la barra de herramientas del software, como se muestra en la Figura 2.

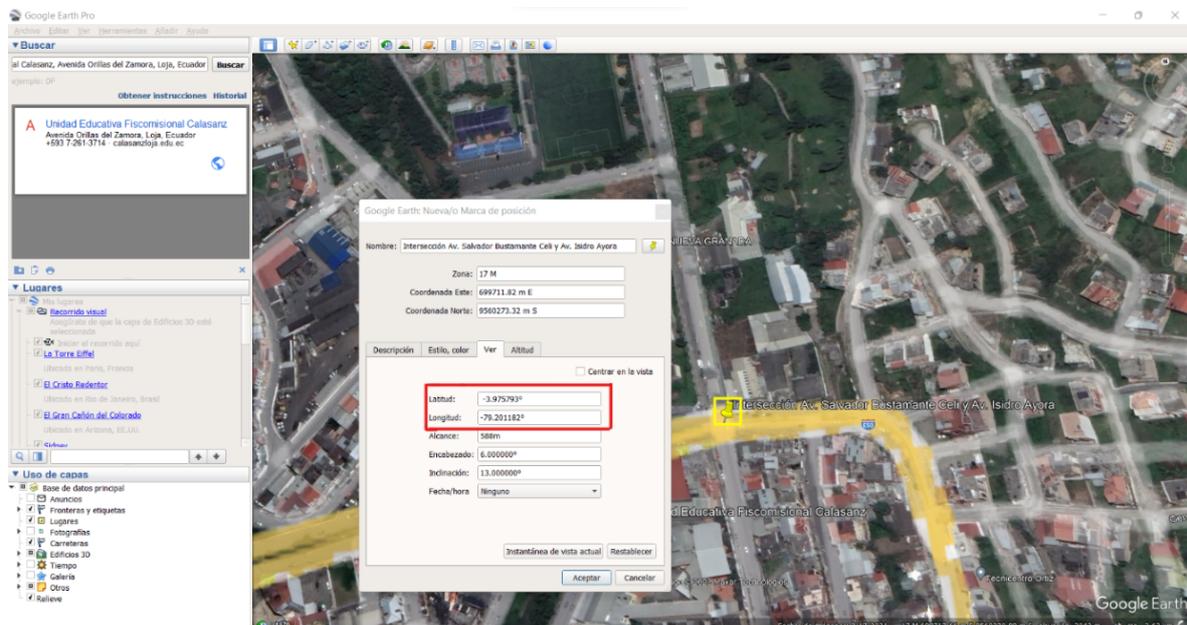


Figura 2. Herramienta de obtención de coordenadas geográficas.

b) Descarga del mapa de la intersección

Luego de obtener las coordenadas pertenecientes a la intersección en la herramienta Google Earth Pro, se procede a ingresar dichas coordenadas en el apartado derecho de la página de Open Street Map colocando primero la latitud y luego la longitud separados por un espacio. Seguidamente, se descarga el escenario vial en la opción "Generate scenario" (Ver Figura 3).

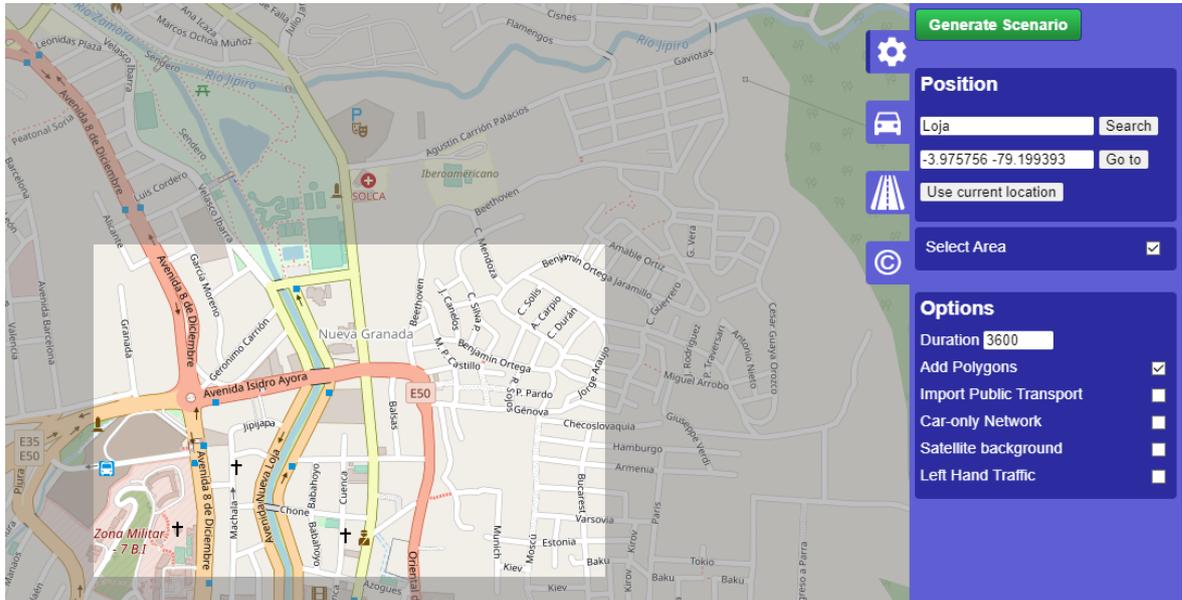


Figura 3. Herramienta Open Street Map para descargar escenario.

c) Configuración de los semáforos

Para realizar la configuración de los semáforos es necesario configurar el tiempo que tardan los semáforos en cambiar la luz verde, para ello se modificaron los valores que aparecen en la parte izquierda del software en la columna denominada "dur" de acuerdo con los tiempos requeridos, para el caso de estudio se modificó el campo de luz verde pasando de 90 segundos a 120 segundos (Ver Figura 4).

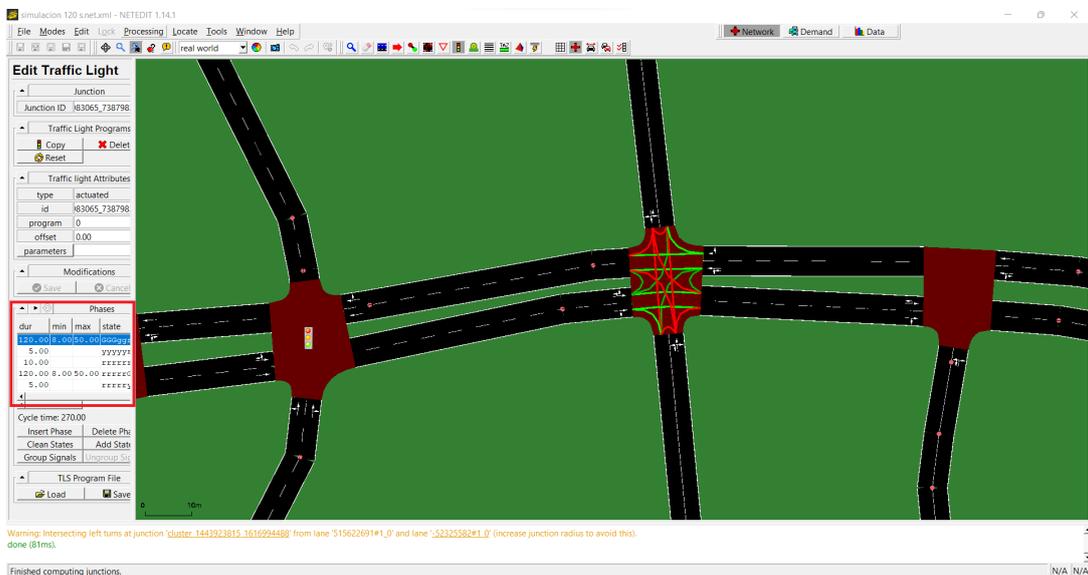


Figura 4. Cambio de tiempo de los semáforos en luz verde.

d) Creación del flujo vehicular

En primer lugar, se insertaron 4 tipos de vehículos: (1) vehículos privados y taxis, (2) buses, (3) camiones y (4) motocicletas, luego se ingresó el flujo vehicular por hora de cada uno de los vehículos insertados. Seguidamente, con la ayuda de la herramienta “route creator” se trazó la ruta en la que los vehículos circulan. Por último, una vez definida la ruta se procede a guardar los cambios y a observar la simulación a través de SUMO (Ver Figura 5).

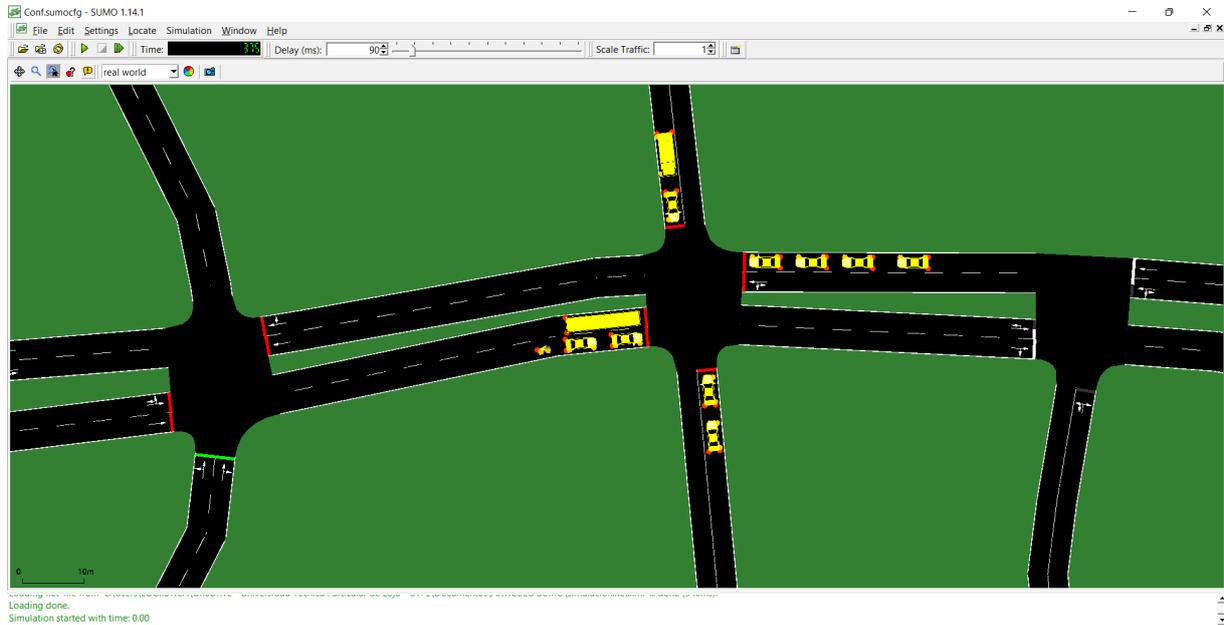


Figura 5. Simulación del flujo vehicular en el software SUMO.

3. Resultados

En esta sección se muestran los resultados que se obtuvieron al realizar una observación directa en la intersección mencionada. Se obtuvo que, en el lapso de una hora circularon 235 vehículos de distinta clasificación donde se identificaron: 200 vehículos privados y taxis, 10 buses urbanos e interprovinciales, 10 camiones y 15 motocicletas respectivamente. Los cuales se presentaron de forma alternada y muy variada, siendo los vehículos privados los que tuvieron mayor presencia en el tiempo establecido.

En base a los datos recolectados sobre el flujo vehicular de la zona, se realizaron las simulaciones en el software SUMO donde a partir de la función “Summary” se obtuvo un reporte sobre las dos variables de interés “velocidad media” y “tiempo de espera” que intervienen en el tiempo de viaje de quienes transitan en su vehículo por la intersección que une la Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora.

Para el desarrollo de la simulación en SUMO se consideraron dos fases: (1) los 90 segundos corresponden al tiempo que actualmente poseen los semáforos de la zona de estudio (2) los 120 segundos están asociados con la propuesta de incrementar el tiempo de permanencia de los semáforos en luz verde para favorecer la circulación de los vehículos. Con los resultados obtenidos en la simulación mediante la función “Summary” se obtuvo un reporte del tiempo medio de espera y la velocidad media de los vehículos.

3.1. Fase 1: Semáforo con tiempo actual de duración en luz verde de 90 segundos

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la función "Summary" se evidencia que la media del tiempo máximo de espera es de 4,5 segundos que se encuentra en el intervalo comprendido entre el segundo 10 y 19. Sin embargo, en los segundos posteriores se evidencia un claro decrecimiento del tiempo de espera favoreciendo a la rápida circulación de los vehículos (Ver Figura 6).



Figura 6. Decrecimiento del tiempo de espera con el tiempo actual de duración de los semáforos en luz verde a partir del segundo 20.

Como se observa en la Figura 7 en cuanto a la velocidad media, se ha encontrado un rango máximo de 15,3 m/s mientras que la velocidad mínima detectada es de 0,01 m/s.

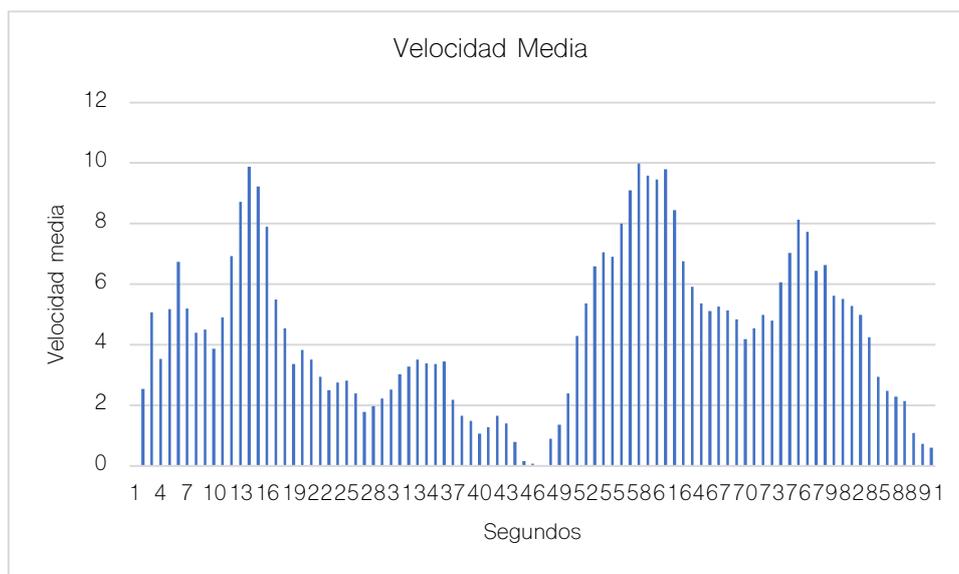


Figura 7. Velocidad media de los vehículos con el tiempo actual de duración de los semáforos en luz verde.

3.2. Fase 2: Tiempo de duración de la nueva propuesta en el cambio de luz verde a 120 segundos

Para el desarrollo de esta fase se simuló el escenario vehicular que se desea proponer para mejorar la circulación vial de la zona aumentando el tiempo de espera en que los semáforos deben cambiar la luz verde, el nuevo rango que se propone es de 2 minutos, es decir, 120 segundos. En la Figura 8, se muestra que existe un progreso considerable con respecto al tiempo medio entre los 90 y 120 segundos, dependiendo de cómo aumentan los segundos el tiempo medio de espera va reduciéndose, llegando a 1,8 segundos, es decir que la propuesta que se plantea ayudará a mejorar la circulación de los vehículos.

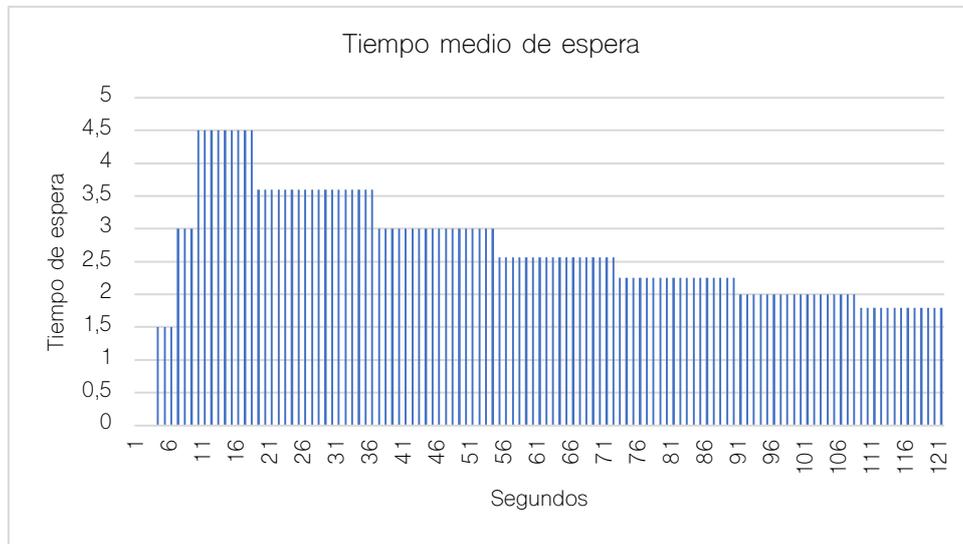


Figura 8. Decrecimiento del tiempo de espera con la nueva propuesta de duración de los semáforos en luz verde.

En relación con la velocidad media de los vehículos, se demostró que a partir de los 90 segundos existe un incremento sustancial de la velocidad media pasando de 2,48 m/s a 11,07 m/s en su punto máximo.

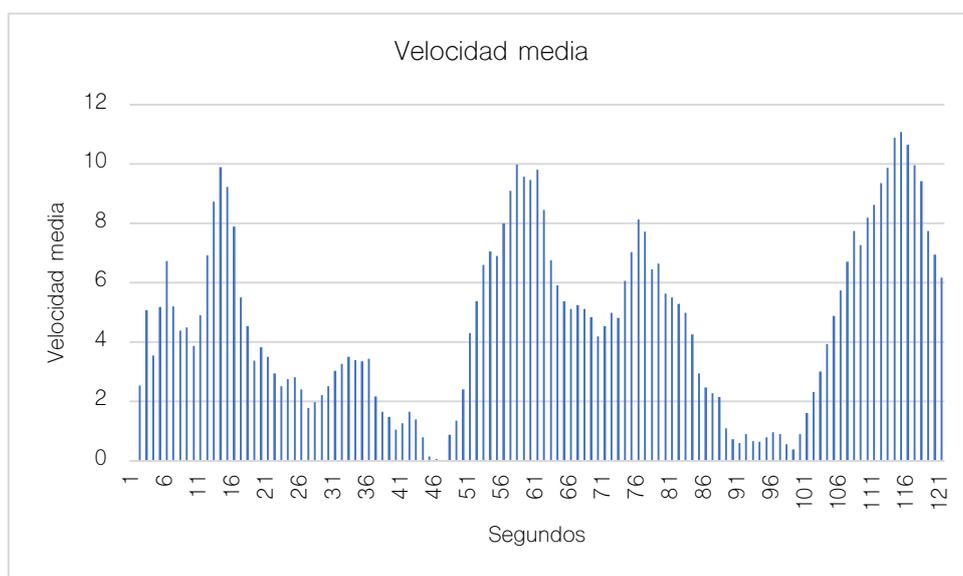


Figura 9. Velocidad media de los vehículos con la nueva propuesta de duración de los semáforos en luz verde.

En cuanto a la velocidad media entre los dos tiempos 90 y 120 segundos, se puede decir que existe altibajos como lo muestra la Figura 9, en donde en el segundo 90 tiene una velocidad media de 0,5 m/s, mientras que en los 120 segundos su velocidad es de 6 m/s.

4. Discusión

El tiempo de los 90 segundos que actualmente tienen programados los semáforos en esa área no es suficiente para que los vehículos puedan circular de una forma rápida y eficaz, esto provoca el congestionamiento vehicular sobre todo en las horas pico, en donde la mayoría de las personas desean movilizarse a su trabajo, hogar, área de estudio, más conocidos comúnmente como “polos de atracción de viajes”.

En tal virtud, se plantea incrementar el tiempo de duración de los semáforos en luz verde a 120 segundos para permitir el paso de una mayor cantidad de vehículos y con ello, evitar que muchos de los vehículos se encuentren detenidos por tiempos considerables en el tráfico y, por tanto, se produzcan cuellos de botella que impidan la normal circulación de los demás vehículos.

A nivel internacional, se han desarrollado múltiples investigaciones en torno a soluciones para disminuir el tráfico vehicular. En Lima (Perú) se realizó una evaluación de dos propuestas para mejorar el flujo vehicular en una intersección de la ciudad de Puno. Los resultados arrojaron que la modificación de los ciclos semaforicos es la opción más viable frente a la otra propuesta de realizar una redistribución vehicular en base a indicadores establecidos [16].

En el caso de estudio, los resultados obtenidos son favorables, puesto que, con el aumento del tiempo de los semáforos, el tiempo medio de espera de los vehículos disminuye considerablemente. De igual manera, la velocidad media aumenta conforme pasa el tiempo, es así como al extender el tiempo de duración de los semáforos en luz verde a 120 segundos se evidencian mejores condiciones para la circulación de vehículos.

Los resultados constituyen un gran aporte para la población lojana, en especial para quienes transitan diariamente por este sector, pues contribuiría a mejorar la movilidad en una parte de la ciudad, así como, a generar conocimiento en el campo del transporte que escasamente ha sido explorado en cuanto al desarrollo de investigaciones y análisis de problemáticas que afectan a la calidad de vida de los ciudadanos.

Así lo corrobora [17], quienes mencionan que mantener una buena coordinación de la red de semáforos en la ciudad, así como, la optimización de los ciclos y fases de estos es una herramienta fundamental para combatir la congestión vehicular, los problemas de congestión de tráfico y, sobre todo, la sobresaturación de vehículos que en mayor o menor medida ocasiona molestias a la sociedad.

En un estudio realizado en el cantón Montecristi, provincia de Manabí (Ecuador) se comprobó que la implementación de semáforos inteligentes tiene mayores ventajas que los semáforos tradicionales, pues gracias a su tecnología permite disminuir los tiempos de espera, mejora los flujos vehiculares y reducir en gran medida los accidentes de tránsito. Además, se propone que para obtener mejores resultados se puede complementar con otras herramientas tecnológicas como cámaras/inteligencia artificial [18].

Por otro lado, el software SUMO fue una herramienta de gran apoyo durante el estudio, ya que nos permitió simular la realidad que las personas evidencian día con día. Así mismo, a través de sus múltiples herramientas nos permitió simular el flujo vehicular de la zona y de esta manera, plantear una posible mejora que será de gran ayuda para el progreso de la ciudad.

Las principales limitantes presentadas durante la ejecución del trabajo están relacionadas con la escasez de información respecto a las estadísticas de tráfico de las vías de acceso a Loja, en este caso la intersección analizada permite el ingreso de gran cantidad de vehículos provenientes de la provincia de Zamora Chinchipe, lo cual dificultó obtener un resultado más preciso del flujo

vehículos que circulan diariamente por la intersección. Por lo que en futuras investigaciones podría ser interesante abordar estas limitaciones.

5. Conclusión

La congestión vehicular en la intersección de la de Av. Salvador Bustamante Celi y Av. Isidro Ayora se produce por problemas asociados con la programación de los semáforos dado el corto tiempo de duración del semáforo en luz verde, lo que genera la presencia de gran cantidad de vehículos en cola, dificultando de esta manera la rápida circulación de los vehículos y, por tanto, creando caos en la vía.

Frente a ello, se realizó una simulación del flujo vehicular en SUMO considerando dos tiempos límites de 90 y 120 segundos respectivamente donde: los 90 segundos corresponden al tiempo de duración que actualmente poseen los semáforos de la zona, a través de ello se puede evidenciar la realidad acerca de parámetros como la velocidad y los tiempos de espera a los que encuentran sometidos los conductores. Mientras que, los 120 segundos corresponden a la solución que se plantea en el caso de estudio.

Una vez realizada la simulación, mediante la función "Summary" se obtuvo un reporte de dos variables importantes: tiempo medio de espera y velocidad media de los vehículos. En cuanto al tiempo medio de espera entre los 90 segundos y 120 segundos, se pudo constatar que a medida que entre más se aumente el tiempo de los semáforos en luz verde, el tiempo de espera para los conductores será menor, a su vez se logrará que más vehículos circulen en la zona y se eviten los "cuellos de botella".

Con respecto a la velocidad media, se pudo observar que en la simulación realizada con 90 segundos esta alcanza una velocidad máxima de 15,3 m/s mientras que, con los 120 segundos se registra una velocidad de 11,07 m/s en su punto máximo. Si bien al incrementar el tiempo de los semáforos en luz verde, la velocidad media de los vehículos disminuye ligeramente, con los resultados obtenidos en la nueva propuesta se puede observar un mayor número de vehículos que transitan por la zona.

La medida planteada constituye una solución a cada uno de los problemas que se presentan en la intersección analizada como consecuencia de los prolongados tiempos de espera para los conductores, los cuales están relacionados con el estrés generado, el consumo de gasolina en exceso, mayor contaminación ambiental, retraso en los tiempos de viaje, caos vehicular e incluso accidentes de tránsito.

Las limitaciones que se presentaron en el estudio fueron principalmente, la falta de estadísticas en instituciones estatales respecto a la cantidad de vehículos que circulan dentro de las principales vías de la ciudad. A más de ello, se presentaron ciertas complicaciones con SUMO, debido a que, es un software de origen extranjero, por tanto, la información existente sobre el manejo de este está disponible en otra lengua diferente a la de los autores, representando así una dificultad al inicio del estudio.

Como trabajo a futuro se plantea el uso de semáforos inteligentes, puesto que ayudara a los vehículos a circular rápido y eficientemente, ya que su sistema realiza el cambio de luces en función de la necesidad detectada, es decir, que cuando exista mayor afluencia de vehículos el tiempo de permanencia del semáforo en verde será mayor. De igual forma, ocurre cuando se detecta la presencia de peatones intentando cruzar la calle el tiempo de permanencia del semáforo en rojo incrementará.

Contribución de autores: Los autores participaron en todas las etapas del manuscrito.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Bayona, B.; Márquez, T. La Congestión Vehicular En Lima. **2015**, 1, 9.
2. Ortega, J.; Moslem, S. Decision Support System for Evaluating Park & Ride System Using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Method. *Urban, Plan. Transp. Res.* **2023**, 11, doi:10.1080/21650020.2023.2194362.
3. Thomson, I.; Bull, A. *La Congestión Del Tránsito Urbano: Causas y Consecuencias Económicas y Sociales*; **2004**; ISBN 9213225636.
4. Ortega, J.; Moslem, S.; Tóth, J.; Ortega, M. A Two-Phase Decision Making Based on the Grey Analytic Hierarchy Process for Evaluating the Issue of Park-and-Ride Facility Location. *J. Urban Mobil.* **2023**, 3, 100050, doi:10.1016/j.urbmob.2023.100050.
5. Fernández, R.; Dextre, J. *Elementos de La Teoría Del Tráfico Vehicular*; **2011**; ISBN 9789972429538.
6. Asshad, T.; Cabrera, F.; Roa, O. Análisis Del Congestionamiento Vehicular Para El Mejoramiento de Vía Principal En Guayaquil-Ecuador. *Rev. Gace* **2020**, 21, 4–23, doi:10.13140/RG.2.2.21905.04960.
7. Navarrete, A. Accidentes y Rápido Cambio de La Luz Amarilla. Regla de Tiempos de Las Luces de Semáforos. Available online: <https://www.eluniverso.com/opinion/2018/12/08/nota/7087257/accidentes-rapido-cambio-luz-amarilla-regla-tiempos-luces-semaforos/>.
8. Ortega, J.; Lengyel, H.; Ortega, J. Design and Analysis of the Trajectory of an Overtaking Maneuver Performed by Autonomous Vehicles Operating with Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS) and Driving on a Highway. *Electron.* **2023**, 12, doi:10.3390/electronics12010051.
9. Coloma, W. Análisis de Las Herramientas de Generación de Demanda de Tráfico En Sumo. Caso de Estudio: Vías de Acceso a Quito. **2019**, 1, 4–5.
10. German Aerospace Center Sumary Available online: <https://sumo.dlr.de/docs/Simulation/Output/Summary.html>.
11. Bances, M.; Ramos, M. Semáforos Inteligentes Para La Regulación Del Tráfico Vehicular. *Ing. Ciencia, Tecnol. e Innovación* **2015**, 1, 37, doi:10.26495/icti.v1i1.113.
12. Mendiola, J. Viena Estrenará Semáforos 'inteligentes' Que Detectaran Las Intenciones de Los Peatones Available online: https://elpais.com/tecnologia/2019/05/30/actualidad/1559210973_315830.html.
13. Méndez, D. Maestría En Vías Terrestres Propedéutico. **2009**, 1, 1–32.
14. Velásquez, B.; Solier, J. Sistema Inteligente de Gestión de Tráfico. *Univ. Peru. Ciencias Apl.* **2017**, 1.
15. Mafla, G.; Aldiniver, O. Estudio de Los Algoritmos de Reconocimiento de Patrones Para La Automatización de Un Semáforo Inteligente. *Manaj. Asuhan Kebidanan Pada Bayi Dengan Caput Succedaneum Di Rsud Syekh Yusuf Gowa Tahun* **2014**, 4, 9–15.
16. Avalos, E. *Microsimulación de Flujo Vehicular Para Reducir El Congestionamiento En Una Intersección de La Ciudad de Puno, 2021.*; **2021**; ISBN 0000000344128.
17. Lema, C.; Pedreira, L.; Bouza, G.; Allende, S. Regulación de Las Cuatro Fases de Los Ciclos de Los Semáforos de Un Cruce Urbano Mediante Un Algoritmo Basado En Recocido

Simulado. *An. ASEPUMA* 2010, 120, 1–20.

18. Delgado, K. Prototipo de Semáforo Inteligente Para Control de Tránsito Terrestre Mediante Sensores de Proximidad Para El Cantón Montecristi. *Repos. Digit. Cesar Vallejo* 2022, 33.

Reseña de los autores:



Adriana Chamba

Estudiante de la Universidad Técnica Particular de Loja. Miembro del grupo de investigación de la carrera de Logística y Transporte. Acreedora de la beca de excelencia académica desde el período Abril 2020–Agosto 2020 hasta la actualidad. Reconocimiento del Premio Humanístico Tomás Moro versión estudiantes en el período Abril 2022–Agosto 2022.



María Yaguana

Estudiante de la Universidad Técnica Particular de Loja. Miembro del grupo de investigación de la carrera de Logística y Transporte. Beneficiaria de la beca nivel de ingresos desde el período de Abril 2020–Agosto 2020 hasta la actualidad. Integrante de la directiva de estudiantes de la carrera de Logística y Transporte durante dos años consecutivos.



© 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>