

Evaluación de la influencia de las motocicletas en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas más accidentadas en Bogotá

Evaluation of the influence of motorcycles on the level of service of the most rugged traffic light intersections in the city of Bogotá

David Leonardo Buitrago Cortes¹

¹Orcid <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-1145-9426>. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. est.davidl.buitrago@unimilitar.edu.co



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.9560>

Cómo citar: Buitrago Cortes, D. L. (2023). Evaluación de la influencia de las motocicletas en el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas más accidentadas en la ciudad de Bogotá: Affecting level of service at motorcycle intersections. Avances investigación en ingeniería, 20(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.9560>.

Resumen

En los últimos años en Colombia el uso de la motocicleta se ha venido en crecimiento, se ha convertido en un vehículo indispensable para las personas de estrato medio a bajo como medio de transporte y/o trabajo puesto que este tipo de movilidad genera más economía, eficacia y ahorro de tiempo en el traslado de un lugar a otro. El aumento del número de motocicletas en Bogotá está acompañado de un alto índice de congestión vehicular y mayor cantidad de accidentes; basados en el "Manual de capacidad de carreteras HCM 2010" se analizará el nivel de servicio con la afectación de motociclistas y se determinará si este modo de transporte afecta o no el tránsito en la ciudad capital. Se realizará una comparación del nivel de servicio de hace 5 años con el nivel de servicio del año 2022. Para este análisis se tendrán en cuenta las intersecciones con más accidentes de tránsito de Bogotá, junto con el análisis correspondiente bajo la metodología HCM. En los accidentes de tránsito reportados y censados en los últimos años por la ANSV, en Colombia se evidencia que en cada uno de ellos las motocicletas son las de mayor incidencia. Bajo esta evidencia se evaluará si estas afectan el nivel de servicio, teniendo en cuenta las intersecciones analizadas.

Palabras clave: accidentes de tránsito, capacidad de la vía, HCM, motocicletas, nivel de servicio.

Abstract

In recent years in Colombia the use of the motorcycle has been growing, it has become an indispensable vehicle for people of medium to low stratum as a method of transport and / or work since this type of mobility generates more economy, efficiency and time savings in the transfer from one place to another. The increase in motorcycles in Bogotá is accompanied by a high rate of traffic congestion and higher accidents; Based on the "HCM 2010 Road Capacity Manual" will analyze the level of service with the impact of motorcyclists and determine whether or not this mode of transport affects traffic in the capital city. A comparison of the service level of 5 years ago with the service level of the year 2022 will be made. For this analysis, the intersections with the most traffic accidents in the city of Bogotá will be taken into account, together with the corresponding analysis under the HCM methodology. In the traffic accidents reported and surveyed in recent years by the ANSV, in Colombia it is evident that, in each of them, motorcycles are the ones with the highest incidence. Under this evidence, it will be evaluated if these affect the level of service taking into account the intersections analyzed.

Keywords: traffic accidents, road capacity, HCM, motorcycles, service level.

1. Introducción

Las ciudades cuentan con un sistema de vías las cuales se planean y diseñan de acuerdo con la proyección del tamaño de su población y vehículos a futuro (demanda); si no se desarrolla correctamente la planificación del sistema, consecuentemente influye en problemas de tráfico como trancones o accidentes viales.

Debido a la flexibilidad de la motocicleta, las motocicletas pueden cambiar los carriles fácilmente para elegir la ubicación de espera antes de descargar la línea de detención. Los automóviles y los autobuses son vehículos más grandes y no pueden cambiar el carril. Deben permanecer y detenerse en su propio carril (en el lado izquierdo del enfoque).

En algunas ciudades de Colombia, como es el caso de nuestro centro del estudio, Bogotá, es dependiente de las motocicletas y según Khuat (2006)[1] propuso tres indicadores principales: propiedad del vehículo, disponibilidad de alternativas y uso de motocicletas para identificar el nivel de dependencia de la motocicleta.

Una ciudad típica dependiente de motocicletas debe tener algunas características tales como: la propiedad de la motocicleta es superior a 350 por cada 1 000 habitantes; la propiedad de automóviles privados es inferior a 150 por cada 1 000 habitantes [1].

Es por ello que la situación específica del tráfico en intersecciones semaforizadas dependientes de motociclistas hace que el efecto de giro hacia el flujo de saturación también sea diferente a otros estudios.

Para establecer nuevas y mejores directrices a la hora del diseño de vías, es importante determinar los efectos en las intersecciones semaforizadas que provocan los motociclistas y el cómo afecta el nivel de servicio y su capacidad vial, el cual está muy relacionado con un alto índice de accidentalidad,

La figura 1 muestra el comportamiento de los accidentes de tránsito que se han presentado a lo largo del año. Porcentaje del tipo de vehículo y/o peatón implicado.



Figura 1. Víctimas accidentes de tránsito 2022

La importancia de este proyecto es contribuir a la seguridad en las intersecciones semaforizadas en Bogotá. Los valores que se registran en este estudio se pueden usar para análisis de capacidad y desarrollar modelos de simulación que sirven de referencia para estudios similares. Los flujos de tráfico operan en condiciones mixtas donde la proporción de motocicletas es más del 90 % y la participación extrema de las motocicletas de alguna manera afecta el rendimiento de otros tipos de vehículos.

2. Procedimiento de la investigación

En el mundo a través de los años se han actualizado los sistemas de diseño, estudios y análisis en el sector de la construcción de carreteras; cada país lo modifica de acuerdo con las necesidades que se presentan diariamente o por períodos de tiempo. La orientación principal que se ha dado a la ingeniería de vías ha sido el construir en el menor tiempo posible la mayor cantidad de distancia y que se incremente su duración;

pero las carreteras no solo se dirigen hacia el diseño y construcción, pues ahora se tiene en cuenta la operatividad y eficiencia de la misma por medio del control y estudio del tráfico o tránsito que circula por las vías[2].

Las ciudades cuentan con un sistema de calles las cuales se planean de acuerdo con la proyección del tamaño de su población y vehículos a futuro (demanda); si no se desarrolla correctamente la planificación del sistema consecuentemente influye en problemas de tráfico como trancos o accidentes viales[2].

A pesar de la evolución de la sociedad y con esta tecnología, aún se encuentran conflictos en el manejo del tránsito y por factores colindantes como calles no demarcadas correctamente, intersecciones señaladas sin base de estudios, poco mantenimiento de la malla vial, falta de educación vial a la sociedad, zonas de trabajo de obra en vía programadas de manera desordenada, entre otros, pero hay uno que se resaltaría en esta investigación y es el de las intersecciones señaladas o semaforizadas sin estudios previos completos[3].

En Colombia la entidad encargada de los estudios relacionados a la aplicación y diseño de las vías es el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS; según el instituto, las clasificaciones de las carreteras se encuentran desfasadas puesto que vías de pocas especificaciones geométricas y con bajos volúmenes de tráfico revelan que cuentan con una buena capacidad, pero al ver el nivel de servicio este se encuentre a punto de colapsar[4].

Si se enfoca esta observación general de los errores que se pueden presentar en la interpretación de capacidad y nivel de servicio hacia las vías de la ciudad de Bogotá, y específicamente a los criterios de semaforización de las intersecciones, se puede percibir cómo las entidades locales abarcan

de manera equivocada o incompleta la decisión de señalizar una zona solo por su alto impacto de accidentalidad[5].

Por estas razones, el grupo decidió dirigir su investigación al cálculo de nivel de servicio y la capacidad de cuatro zonas de alta accidentalidad de Bogotá y así conocer las implicaciones de las motocicletas en la movilidad de la ciudad.

La presente investigación implicó un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en el estudio para responder a la afectación de motociclistas en el nivel de servicio de intersecciones semaforizadas, guiado por el propósito de medir su nivel de servicio con la afectación de motociclistas y así tener una perspectiva más amplia y profunda del problema para acceder a datos más “ricos”, con mayor solidez y rigor, extrayendo el significado de los datos mediante un proceso secuencial, deductivo y con el análisis de múltiples realidades subjetivas, con precisión y riqueza interpretativa.

Se ofició ante las entidades oficiales sobre los aforos realizados en intersecciones semaforizadas en la ciudad de Bogotá, para poder realizar un mapeo y georreferenciación en Arcgis. Con estos datos se determinan las intersecciones más accidentadas para llevar a cabo el estudio

Se llevó a cabo un análisis con base en una revisión bibliográfica de los impactos del Código Nacional de Tránsito de Colombia en las intersecciones semaforizadas que se ven afectadas por motociclistas con un alto índice de accidentalidad [6], determinando así, con 4 de estas intersecciones semaforizadas la recolección de datos (condiciones geométricas, condiciones de tránsito, condiciones de semaforización) para describir la capacidad y el nivel de servicio utilizando la metodología del “Manual de capacidad de carreteras HCM 2010” y obtener el nivel de servicio de las

intersecciones semaforizadas afectadas por la presencia de motociclistas.

Se determinará si la motocicleta en Bogotá sí afecta su nivel de servicio y por ende el tránsito.

En la figura 2 se observa cómo a 30 de junio del año 2022, con los datos de la agencia nacional de seguridad vial ANSV, los accidentes de los diferentes actores viales las motocicletas son las que infortunadamente lideran estas estadísticas.

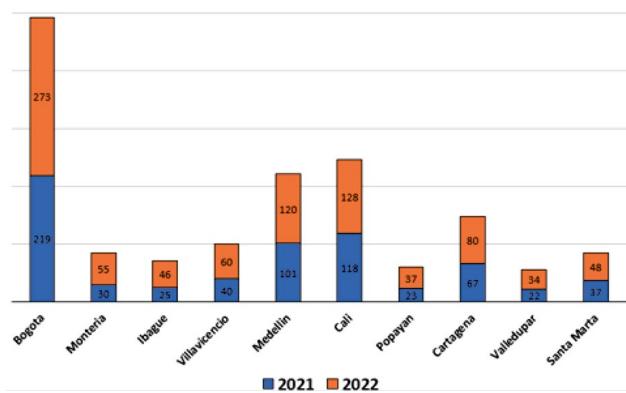


Figura 2. Ranking de las ciudades con más accidentalidad

2.1. Recopilación de datos

Con los datos suministrados por la Secretaría de Movilidad de Bogotá acerca de las intersecciones más accidentadas de la ciudad, se procedió a evaluar mediante la metodología HCM los aforos de cada una de estas intersecciones, evaluando la capacidad y nivel de servicio de cada una de ellas; posteriormente se realizó el mismo cálculo pero sin tener en cuenta las motocicletas para evaluar el impacto de estas y evaluar el cambio tanto en la capacidad como en el nivel de servicio de las intersecciones más accidentadas.

De esta manera, una de las formas para medir la capacidad del tráfico es en las intersecciones, calculando la relación volumen - capacidad en cada acceso de la intersección y de esa manera dimensionar la tasa

de flujo de tráfico de máxima demanda, teniendo en cuenta el tránsito y tiempos de los semáforos comprometidos en la intersección [7].

Los flujos de tráfico operan en condiciones mixtas en las que la proporción de motocicletas es considerable, teniendo en cuenta el crecimiento antes dicho y la participación extrema de las motocicletas de alguna manera afecta el rendimiento de otros tipos de vehículos [8].

Existe el hecho de que el flujo de tráfico heterogéneo es más común que el flujo de tráfico homogéneo de motocicletas en el área urbana y la combinación entre motocicletas, automóviles y autobuses con diferentes composiciones de tráfico produce un tráfico diferente e influiría en el análisis de flujo de saturación[9].

Sin embargo, la distribución del nivel de mezcla es diferente en el área de espacio compartido o carril. Por ejemplo, las motocicletas están asignadas para correr en el carril lateral o en el lado derecho del acceso, los autos y autobuses están asignados para correr en el lado izquierdo del acceso "el carril lateral y el carril lateral medio[3]. Debido a su flexibilidad, las motocicletas pueden cambiar los carriles fácilmente y elegir la ubicación de espera antes de descargar la línea de detención.

Es por ello que la situación específica del tráfico en intersecciones semaforizadas dependientes de motociclistas hace que el efecto de giro hacia el flujo de saturación también sea diferente en otros estudios.

Una ciudad típica dependiente de motocicletas debe tener algunas características tales como: la propiedad de la motocicleta es superior a 350 por cada 1 000 habitantes; la propiedad de automóviles privados es inferior a 150 por cada 1 000 habitantes [1].

La disponibilidad del transporte público es inferior a 1 autobús por cada 1000 habitantes;

división modal de la motocicleta es superior al 40 %, mientras que las divisiones modales del automóvil privado y el transporte público son inferiores al 20 %, y la distribución modal del transporte no motorizado es de aproximadamente 30 a 50 %[9].

2.2. Cálculo nivel de servicio y capacidad de la vía usando metodología HCM

De acuerdo con la metodología HCM, el ingeniero Jaime Orlando Lizarazo facilitó al grupo de investigación el procedimiento adecuado de cómo realizar los cálculos de la capacidad y niveles de servicio de las intersecciones; ya teniendo la información requerida se procedió al cálculo de cada intersección para cada zona seleccionada.

Tomando los aforos adquiridos por la Secretaría de Movilidad de Bogotá para las intersecciones seleccionadas, primero se conoce el volumen horario de máxima demanda VHMD u hora pico; luego, en los aforos se busca la hora en la que existe mayor movimiento de tráfico y allí se encuentra el número de vehículos totales que transitan por cada carril y hacia dónde se dirigen; estos datos se trasladan a una tabla que está prediseñada para el cálculo del nivel de servicio y capacidad de la vía. Otro de los datos que son necesarios en la obtención del cálculo es el número de carriles y el factor de la hora de máxima demanda, el cual es suministrado en los mismos aforos.

Una información necesaria para la interpretación de los resultados es la concerniente a las fases de los semáforos que están en las intersecciones, así que existen aforos que pueden no aplicar para el cálculo ya que están desactualizados respecto de las nuevas configuraciones de los tiempos de los semáforos.

3. Análisis de resultados

Analizando los datos se encuentran unos resultados que demuestran el impacto de

las motocicletas y a su vez la falta de planeamiento de algunas de estas intersecciones:

AK_14_X_AC_19

La tabla 1 muestra la intersección donde se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 1. Intersección 1

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_AC_19	No aplica	

Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_AC_19	No aplica	

Revisando el plan semafórico y los giros permitidos para la intersección, se encuentra que para el acceso 3 (Oeste), se registran en el aforo que giran 5 vehículos hacia la derecha, donde para este plan semafórico y diseño de la vía, este giro es prohibido. Por lo tanto, realizar el cálculo de nivel de servicio no es necesario ya que se demuestra la falta de planeamiento respecto al plan semafórico porque no coordina respecto a los volúmenes de tránsito.

A la intersección le falta planeamiento para la reducción de los accidentes, si se tiene en cuenta que precisamente forma parte de las intersecciones más accidentadas de la ciudad.

AK_14_X_CL_8

La tabla 2 muestra que se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 2. Intersección 2

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_CL_8	132 %	E
Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_CL_8	60 %	A

Se realiza el cálculo mediante la metodología HCM, el cual se realiza con el aforo completo y se evidencia que tanto la capacidad como el nivel de servicio se encuentran con una muy baja calificación y sobresaturación.

En cambio, cuando se realiza la misma evaluación, sin tener en cuenta el aforo de las motocicletas, se encuentra que tanto la capacidad como el nivel de servicio mejoran notablemente en su calificación y capacidad. Por lo tanto, en esta intersección altamente accidentada las motos sí afectan negativamente. Se debe de tener en cuenta esta evaluación para un mejor planeamiento y así disminuir la accidentabilidad de la zona.

AK_14_X_CL_22

La tabla 3 muestra que se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Intersección 1

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_CL_22	108 %	E
Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
1	AK_14_X_CL_22	23.62 %	C

Según los volúmenes recolectados por la Secretaría de Movilidad de Bogotá, en la zona uno el nivel de servicio y la capacidad de la intersección se evidencia que las motocicletas interfieren en el nivel de servicio porque al realizar el cálculo, que incluye las motos, el nivel de servicio y la capacidad son altas pero al eliminarlas del cálculo el nivel de servicio disminuye y así mismo la capacidad; se comprende que en el momentos de estar en el semáforo de la intersección las motos ocupan demasiado espacio en este sector; si la observación se centra en el flujo del tráfico este no será intervenido por los vehículos puesto que al ser vehículos ágiles y pequeños pueden movilizarse fácilmente.

Cabe aclarar que los datos de esta intersección no están actualizados (2014) ya que no se han realizado actualmente aforos en esta zona.

AK_72_X_CL_39B_S

La tabla 4 muestra que se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Intersección 2

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
2	AK_72XCL_39B_S	252 %	F
Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
2	AK_72XCL39_B_S	403.53 %	F

Según los volúmenes recolectados por la Secretaría de Movilidad de Bogotá en la zona dos, el nivel de servicio y la capacidad de la vía no se ven afectados significativamente

por las motos y si la observación se centra en el flujo del tráfico este no será intervenido por los vehículos puesto que al ser vehículos ágiles y pequeños pueden movilizarse fácilmente.

En los aforos se mostraba otra intersección, pero esta no contaba con semáforo, así que se descartó de los cálculos.

AK_19_X_CL_60A_S

La tabla 5 muestra que se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. Intersección 4

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
4	AK_19_X_CL_60	176 %	F
Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
4	AK_19_X_CL_60	83 %	F

Según los volúmenes recolectados por la Secretaría de Movilidad de Bogotá, en la zona cuatro y la primera intersección, el nivel de servicio y la capacidad de la vía no se ven afectadas por las motos y si la observación se centra en el flujo del tráfico, este no será intervenido por los vehículos puesto que al ser vehículos ágiles y pequeños pueden movilizarse fácilmente.

AV. BOYACÁ X CL 60 C SUR

La tabla 6 muestra que se revisó el plan semafórico, así como la distribución de carriles. Teniendo en cuenta los aforos realizados, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 6. Intersección 4

Con motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
4	AK_19_X_CL_60A_S	176 %	F
Sin motos			
Zona	Intersección	Capacidad	Nivel de servicio
4	AK_19_X_CL_60A_S	83 %	F

Se logra identificar que las motocicletas interfieren en el nivel de servicio, ya que, al realizar el cálculo, incluidas las motos, el nivel de servicio y la capacidad son altas, pero al eliminarlas del cálculo, el nivel de servicio disminuye, así como la capacidad. Se comprende que, en el momento de estar en el semáforo de la intersección, las motos ocupan demasiado espacio en este sector; si la observación se centra en el flujo del tráfico, este no será intervenido por los vehículos, puesto que al ser vehículos ágiles y pequeños pueden movilizarse fácilmente.

4. Discusión de resultados

Como se mencionó anteriormente, el aumento del parque automotor por parte de las motocicletas va en aumento cada año que pasa y de la mano también se ve que la accidentalidad de estas aumenta a la par. ¿Qué se está haciendo para mejorar este comportamiento dramático en la accidentalidad?

Al final, este proyecto de investigación trata de si las motocicletas afectan en el nivel de servicio y capacidad de las vías, y como se observa en los resultados preliminares, este sí afectan y bastante, por lo cual también aporta el mayor porcentaje de accidentalidad.

Este tipo de investigaciones aportan datos necesarios para tomar medidas en los diseños de las vías, normas de tránsito,

planes semafóricos, que ayuden a mejorar la calidad y nivel de servicio de las vías las cuales a su vez pueden ayudar a disminuir la tasa de accidentalidad.

5. Conclusiones

En este proyecto de investigación en el cual se evaluaron por el método HCM los aforos realizados a las intersecciones más accidentadas de Bogotá, se evidencia cómo las motocicletas, además de aportar el mayor porcentaje en cuanto a los actores viales en accidentalidad, también afectan negativamente tanto el nivel de servicio como la capacidad de las intersecciones.

En Colombia, la entidad encargada de los estudios relacionados a la aplicación y diseño de las vías es el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS; según el instituto las clasificaciones de las carreteras se encuentran desfasadas puesto que vías de pocas especificaciones geométricas y con bajos volúmenes de tráfico revelan que cuentan con una buena capacidad, pero al ver el nivel de servicio este se encuentre a punto de colapsar.

Si se enfoca esta observación general de los errores que se pueden presentar en la interpretación de capacidad y nivel de servicio

hacia las vías de Bogotá, y específicamente a los criterios de semaforización de las intersecciones, se puede percibir cómo las entidades locales abarcan de manera equivocada o incompleta la decisión de señalizar una zona solo por su alto impacto de accidentalidad.

También se puede evidenciar, con base en los datos suministrados por la Secretarías de Movilidad de Bogotá, que en las vías de la ciudad hace falta un planeamiento que contribuya a la responsabilidad vial, así con base en estudios y evaluaciones realizadas a las vías, para que se tomen planes de contingencia que aporten a mejorar la seguridad vial y que mejoren el nivel de servicio de dichas vías.

Agradecimientos

Agradezco a la ingeniera Marcela Orduz, al profesor e ingeniero Jaime Lizarazo y a la estudiante Diana Urbano por su colaboración en la elaboración de este artículo ya que, gracias a su experiencia y su dedicación, pude lograr la investigación cuyo resultado es este artículo para que con él se puedan tomar medidas y criterios de evaluación de las vías para mejorar su calidad y bajar su índice de accidentalidad.

Referencias bibliográficas

- [1] K. V. Hung, "Traffic Management in Motorcycle Dependent Cities Declaration and Copyright," no. March, 2006, [Online]. Available: www.tu-darmstadt.de/verkehr.
- [2] F. Azzato, C. Díaz, and E. Café, "La motocicleta en América Latina: actualidad y buenas prácticas recomendadas para el cuidado de sus usuarios," Jan. 2022, doi: 10.18235/0003936.
- [3] J. T. Wong, Y. S. Chung, and S. H. Huang, "Determinants behind young motorcyclists' risky riding behavior," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 42, no. 1, pp. 275–281, Jan. 2010, doi: 10.1016/J.AAP.2009.08.004.
- [4] "Red de Ciudades Cómo Vamos |." <https://redcomovamos.org/> (accessed Dec. 06, 2023).
- [5] A. Jiménez, J. P. Bocarejo, R. Zarama, and J. Yerpez, "A case study analysis to examine motorcycle crashes in Bogota, Colombia," *J. Safety Res.*, vol. 52, pp. 29–38, Feb. 2015, doi: 10.1016/J.JSR.2014.12.005.
- [6] M. M. Abdul Manan and A. Várhelyi, "Motorcyclists' road safety related behavior at access points on primary roads in Malaysia – A case study," *Saf. Sci.*, vol. 77, pp. 80–94, Aug. 2015, doi: 10.1016/J.SSCI.2015.03.012.
- [7] F. Yan, B. Li, W. Zhang, and G. Hu, "Red-light running rates at five intersections by road user in Changsha, China: An observational study," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 95, pp. 381–386, Oct. 2016, doi: 10.1016/J.AAP.2015.06.006.
- [8] G. R. Patil and J. P. Sangole, "Behavior of two-wheelers at limited priority uncontrolled T-intersections," *IATSS Res.*, vol. 40, no. 1, pp. 7–18, Jul. 2016, doi: 10.1016/J.IATSSR.2015.12.002.
- [9] H. D. Nguyen, "Saturation Flow Rate Analysis at Signalized Intersections for Mixed Traffic Conditions in Motorcycle Dependent Cities," *Transp. Res. Procedia*, vol. 15, pp. 694–708, Jan. 2016, doi: 10.1016/J.TRPROM.2016.06.058.