

¿Cómo Impacta el Déficit de Espacio de Parqueaderos en los Niveles de Congestión Vial de una Zona Urbana? Un Caso de Estudio para la Comuna 3 de Bucaramanga.

María Alexandra Cantillo Acuña y Paula Margarita Gómez Rojas

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Yerly Fabián Martínez Estupiñán

PhD (c) en Ingeniería de Transporte y Logística

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico-Mecánica

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2020

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar esta etapa en nuestras vidas, a nuestro director del proyecto, Yerly Fabián Martínez Estupiñán, por su enseñanza, colaboración y paciencia con nosotras, para terminar esta investigación. A nuestras familias por el apoyo incondicional en nuestras vidas, llevándonos a ser mejores personas y profesionales. A nuestros amigos por hacer esta etapa más llevadera y gracias a todas las personas que hicieron parte de este proceso.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1. Objetivo General	13
1.2. Objetivos Específicos.....	13
2. Estado del Arte.....	14
2.1. Ejemplos a nivel internacional de la problemática asociada al estacionamiento en vía	14
2.1.1. <i>Evidencia Internacional</i>	15
2.2. Problemática Nacional.	19
2.3. Problemática Local.	21
3. Efectos del déficit de estacionamientos.	23
3.1. Reducción de la velocidad media debido a estacionamientos en las calles.	23
3.2. Efectos en la seguridad de los usuarios en carretera.....	29
4. Caracterización de la zona de estudio.	31

4.1. Características físicas y estado de las vías.....	33
4.2. Pavimentos existentes.....	37
4.3. Señalización.....	38
4.4. Situación de parqueaderos en el sector.....	38
4.4.1. <i>Distribución de vehículos estacionados</i>	39
4.5. Siniestralidad en la zona de estudio.....	45
4.6. Conflictos de movilidad en el sector.....	45
4.7. Volúmenes vehiculares.....	48
4.7.1. <i>Ingreso y egreso de volúmenes vehiculares en la zona</i>	51
4.8. Velocidades del flujo vehicular.....	52
5. Análisis del Déficit de Estacionamientos en la Zona de Estudio.....	53
6. Conclusiones.....	57
7. Recomendaciones.....	59
Referencias Bibliográficas.....	60

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Reducción De La Velocidad Debido Al Estacionamiento En Vías.....	24
Tabla 2. Reducción De La Capacidad Relacionada Con La Extensión Del Aparcamiento En Vías.	27
Tabla 3. Causas De Accidentes Por Estacionamiento En Vías.....	29
Tabla 4. Porcentaje De Accidentes Por Estacionamiento En Vías.	30
Tabla 5. Cambio De Parqueo Angular A Paralelo.....	30
Tabla 6. Clasificación De Las Vías.....	33
Tabla 7. Perfiles Viales En La Zona De Estudio.	34
Tabla 8. Estacionamientos (Legales) En El Sector De Estudio.....	40
Tabla 9. Estacionamientos En Vía (Ilegales) En El Sector De Estudio.....	41
Tabla 10. Caracterización De Los Puntos Críticos De Movilidad.....	47

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Variación De La Velocidad Promedio Con Respecto Al Porcentaje De Estacionamiento, Nivel (A)	25
Figura 2. Variación De La Velocidad Promedio Con Respecto Al Porcentaje De Estacionamiento, Nivel (B).....	26
Figura 3. Relación Entre Velocidad A Flujo Libre (FFS) Y Número De Vehículos Estacionados.	26
Figura 4. Relación Entre Capacidad Vial Y Número De Vehículos Estacionados.	28
Figura 5. Zona De Estudio Comuna 3, Bucaramanga – Santander.	31
Figura 6. Ubicación De Parqueaderos En La Zona De Estudio.....	38
Figura 7. Número De Vehículos Estacionados En Un Intervalo Horario Para El Sector UIS.	42
Figura 8. Número De Vehículos Estacionados En Un Intervalo Horario Para El Sector Plaza De Mercado.	43
Figura 9. Número De Vehículos Estacionados En Un Intervalo Horario Para El Sector San Francisco.	44

Figura 10. Número De Vehículos Estacionados En Un Intervalo Horario Para El Sector La Normal.	44
Figura 11. Ubicación De Puntos Críticos De Siniestralidad.	46
Figura 12. Distribución Horaria De Los Flujos Vehiculares En El Sector.	50
Figura 13. Distribución Modal En El Sector Para La Hora Pico.	51
Figura 14. Velocidades Del Flujo Vehicular En La Comuna 3.	52
Figura 15. Estimación De La Reducción De La Capacidad Vs. Número De Vehículos Parqueados.	53
Figura 16. Promedio De Velocidad Vs. Estacionamiento Para Vías Arteriales En La Zona De Estudio, Nivel (A).	55
Figura 17. Promedio De Velocidad Vs. Estacionamiento Para Vías Locales En La Zona De Estudio, Nivel (B).	55

Lista de Apéndices

Ver apéndice adjunto y puede ser consultado en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Revisión de la Literatura

Resumen

Título: ¿Cómo impacta el déficit de espacio de parqueaderos en los niveles de congestión vial de una zona urbana? Un caso de estudio para la comuna 3 de Bucaramanga*

Autor: María Alexandra Cantillo Acuña, Paula Margarita Gómez Rojas.**

Palabras Clave: Congestión, Movilidad, Estacionamientos en las calles, Parqueaderos.

Descripción: Debido al acelerado incremento de vehículos en el mundo, la movilidad en las ciudades se ha visto afectada provocando que el flujo vehicular cada vez sea más lento, los tiempos de viaje sean más largos, especialmente en horas pico y en determinados sectores de las ciudades, generando congestión, uso ineficiente del espacio vial, aumento de la siniestralidad vial y estacionamiento indiscriminado en las vías. Esta última problemática es muy común en ciudades colombianas. Sin embargo, la literatura muestra que el déficit de parqueaderos no es la única causa del fenómeno de estacionamiento en vía, sino que un porcentaje considerable de los parqueaderos existentes son poco utilizados por los usuarios, debido a razones como desconocimiento de su existencia o ubicación o simplemente porque las personas no quieren pagar la tarifa de estacionamiento. En este trabajo se presenta un análisis de la relación entre el déficit de parqueaderos y el estacionamiento en vía realizado al sector de la Comuna 3 en la ciudad de Bucaramanga. Los resultados muestran que en la zona no existe un déficit de espacios de parqueadero, pero debido a la falta de uso de los espacios existentes se producen efectos negativos en la movilidad de la zona como son reducción de capacidad de las calles de hasta 300 vehículos/hora-carril y reducción de velocidades promedio en vías arterias hasta los 10 kilómetros por hora.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Físico-Mecánica. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabián Martínez Estupiñán. Doctor en Ciencias de la Ingeniería.

Abstract

Title: How does the parking space deficit impact road congestion levels in an urban area? A case study for commune 3 of Bucaramanga *

Author: María Alexandra Cantillo Acuña, Paula Margarita Gómez Rojas **

Key Words: Congestion, Mobility, Street Parking, Parking lots.

Description: Due to the rapid increase in vehicles in the world, mobility in cities has been affected by slowing vehicle flow, longer travel times, especially at peak times and in certain sectors of cities, leading to congestion, inefficient use of road space, increased road accidents and indiscriminate parking on the tracks. The latter problem is very common in Colombian cities. However, the literature shows that the parking deficit is not the only cause of the phenomenon of on-the-spot parking, but that a considerable percentage of existing parking lots are little used by users, due to reasons such as unknownness of their existence or location or simply because people do not want to pay the parking fee. This work presents an analysis of the relationship between the parking deficit and the on-road parking to the Comuna 3 sector in the city of Bucaramanga. The results show that in the area there is no deficit of parking spaces, but due to the lack of use of existing spaces there are negative effects on the mobility of the area such as reduced street capacity of up to 300 vehicles/hour-rail and reduction of average speeds in artery tracks up to 10 kilometers per hour.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñan. Doctor of Engineering Sciences.

Introducción

La movilidad en las ciudades se ve perjudicada negativamente por el uso excesivo del automóvil, la falta de cultura ciudadana, infraestructura ineficiente, escasas o erróneas políticas de desincentivo al uso del automóvil, entre muchas otras razones. Los perjuicios generados sobre la movilidad y la calidad de vida de las personas se manifiestan principalmente en siniestros viales, congestión vial, aumento en los tiempos de viaje y la contaminación ambiental, estacionamiento indiscriminado en vía pública, uso ineficiente del espacio público y de la infraestructura vial. Estas externalidades negativas afectan el flujo vehicular y peatonal, especialmente cuando los vehículos son estacionados sobre las vías públicas y zonas peatonales, situación que en ocasiones es erróneamente justificada por la ausencia de parqueaderos o la falta de información sobre ellos (Yousif, 1999).

Este excesivo uso del automóvil para realizar actividades que bien podrían hacerse a pie o usando otros modos como transporte público o bicicleta trae consigo problemáticas como la necesidad diaria de buscar un espacio para estacionar los automóviles mientras no se están usando, ya que en un 80% del tiempo estos están detenidos (Gonzales Arellano, 2013); necesidad que se ve “solucionada” en las vías públicas de las ciudades, causando problemas de congestión por la reducción evidente del espacio de circulación para vehículos (Prakash *et al.*, 2020). Si a este comportamiento negativo por parte de los conductores le agregamos que en muchos casos los vehículos existentes superan la oferta de parqueaderos públicos y privados de nuestras ciudades (Cifuentes Ruiz, 2016) la problemática empieza a hacerse insostenible.

El fenómeno de estacionamiento en las calles es muy común en el centro de las ciudades, donde por lo general existen sectores comerciales o empresariales que atraen personas hacia allí.

Otras zonas donde se presentan estas problemáticas son los sectores que quedan alrededor de campos educativos (universidades y colegios), este comportamiento genera una reducción de la capacidad vial e inseguridad para los usuarios que transiten en las vías, ya sean conductores o peatones debido a que muchas veces deben hacer maniobras que los obligan a tener que caminar por la calle (Yousif, 1999).

En el siguiente trabajo de investigación se analizó el déficit de estacionamientos en la comuna 3 de la ciudad de Bucaramanga a partir del uso de gráficas de capacidad vial versus porcentaje de parqueo recomendadas en las vías. A partir de dicho análisis se hicieron un conjunto de recomendaciones, como medidas de mitigación de la problemática encontrada en el sector de estudio. La selección de este sector se basó en primer lugar en la necesidad de aportar soluciones como futuros ingenieros civiles a las problemáticas de movilidad que se observan a diario en la zona donde transcurrió la mayor parte de nuestra formación profesional. Además, este tipo de análisis pueden ser replicados en otras zonas de la ciudad donde existen problemáticas similares y aportar en la discusión del mejoramiento de la movilidad.

El artículo está organizado de la siguiente manera: En la sección 2 presentamos la revisión de la literatura enfocada en las causas y efectos del estacionamiento en vías. La sección 3 presenta los principales efectos del déficit de estacionamientos, además se hizo el respectivo análisis en la zona de estudio. La Sección 4 presenta la caracterización de la zona de estudio. La Sección 5 presenta la discusión y finalmente la Sección 6 presenta las conclusiones y sugerencias para futuras investigaciones.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Cuantificar la problemática de congestión por la invasión del espacio vial en la Comuna 3 de Bucaramanga debido al estacionamiento (no permitido) que se presenta en las vías.

1.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la oferta y demanda de estacionamientos (legales e ilegales) que se presenta en la zona de estudio.
- Realizar una revisión del estado del arte de las estrategias existentes para estimar el impacto que se produce en la movilidad vehicular de una zona por el déficit de espacio de parqueaderos.
- Estimar el impacto en la movilidad vehicular de la zona de estudio mediante la selección y aplicación de una de las estrategias identificadas en la revisión del estado del arte.

2. Estado del Arte

En esta sección se presenta la revisión de la literatura de estudios que se realizó para esta investigación en torno a la problemática de congestión generada por estacionamiento en las vías. En dicha revisión se hizo una identificación de las causas y alternativas de mitigación que han sido implementadas en otras ciudades para enfrentar la problemática objeto de estudio.

2.1. Ejemplos a nivel internacional de la problemática asociada al estacionamiento en vía

La expansión acelerada de las ciudades a nivel mundial genera a diario la necesidad de acceder a sitios donde se prestan diferentes servicios (trabajo, comercio, educación, recreación, etc.), causando una mayor necesidad de oferta de infraestructura de transporte y el aumento del volumen de tránsito sobre la red vial en estos sectores. Este comportamiento ocasiona un problema de nunca acabar explicado muy bien bajo el fenómeno del tráfico inducido (Cervero, 2002) y la idea de algunos mandatarios de que a mayor cantidad de vehículos la única solución es mayor construcción de vías. Es así como este fenómeno cíclico causa una reducción en la velocidad del flujo vehicular y en algunos casos se generan obstrucciones o cuellos de botella que dificultan el paso del flujo vehicular y generan congestión (Thomson & Bull, 2001).

La falta de espacios públicos y privados para estacionamientos es solo una de las muchas causas de que los autos sean dejados sobre la vía pública, reduciendo la velocidad del flujo vehicular, generando congestión e invadiendo espacios destinados para uso de peatones y bicisusuarios (Enríquez López & Portocarrero Perlaza, 2017). A continuación, se presentan algunos ejemplos relevantes a nivel internacional de dicha problemática.

2.1.1. Evidencia Internacional.

Diversas investigaciones se han realizado indagando en las causas que hacen que se agrave el fenómeno de estacionamiento ilegal en vía, así como también otros estudios se han enfocado en proponer soluciones a esta problemática tan agobiante en muchas ciudades del mundo.

Un ejemplo claro se tiene en la ciudad de Toluca en México, donde se realizó un análisis en el 2013 sobre el impacto del crecimiento en el uso y propiedad del automóvil identificando los factores que influyen en dicho crecimiento, los cuales fueron: las pocas o nulas restricciones para adquirir autos usados sin importar la antigüedad o estado mecánico y además a precios muy bajos, subsidios para combustible y subsidios destinados a infraestructuras viales que favorecen el desarrollo de estacionamientos y políticas flexibles para hacer cambios en los usos de suelo. Estos factores han favorecido el uso y compra de vehículos particulares y a su vez aumentando la necesidad de contar con más espacios de estacionamiento en esta ciudad mexicana. El análisis hecho en este estudio concluye que el uso del automóvil ha transformado gradualmente el territorio y ha terminado direccionando erróneamente las políticas y favoreciendo las condiciones para su uso y dependencia por parte de la ciudadanía. Esta dependencia también se ha favorecido por el incremento gradual entre las distancias de los hogares y los sitios de trabajo ya que ha habido una expansión desordenada de la ciudad, el poco eficiente servicio del transporte público, y el uso de modos activos casi nulo; generando desigualdades sociales enormes, ya que para muchas familias poseer un automóvil se convirtió en la única forma de acceso a oportunidades y los recursos que ofrece la ciudad (Gonzales Arellano, 2013).

De manera similar en la ciudad de Guayaquil en Ecuador en 2017, mediante una investigación aplicada usando encuestas de percepción se analizó la viabilidad de abrir un

espacio de parqueaderos con un sistema de elevación. Para dicho análisis se elaboró una caracterización del sector central de la ciudad, donde se encontró que, debido a la convergencia de muchos negocios y parques, es atraído un gran flujo vehicular y los lugares de estacionamiento disponibles en el sector eran insuficientes y no brindaban las condiciones de seguridad y comodidad requeridas por los usuarios. Estas razones justifican que muchos usuarios tomen la decisión de estacionar sus vehículos en sitios inadecuados. Además, se encontró que muchos usuarios se excusaban por estacionar en vía asegurando que no se van a tardar mucho tiempo y de esta forma terminaban bloqueando las vías del sector centro, respuesta que es muy común entre los ciudadanos de las ciudades latinoamericanas (Enríquez López & Portocarrero Perlaza, 2017).

En la ciudad de Manchester en Inglaterra, en 1999, se caracterizaron los tipos de estacionamiento según la disposición existente para realizar la maniobra de estacionamiento. Las tipologías de parqueo fueron: paralelo cuando se refieren al estacionamiento en sentido paralelo al flujo vehicular sobre las vías y angular cuando el estacionamiento se realiza formando un ángulo con respecto al sentido del flujo vehicular. También se clasificó teniendo en cuenta si el estacionamiento era legal o ilegal, por lo general el parqueo ilegal no se presentaba de forma angular, mientras que el parqueo paralelo se puede presentar en las dos modalidades, legal e ilegal. Una vez caracterizados los tipos de estacionamientos según su modalidad y según su forma, se analizaron 3 tipos de estacionamiento que son angular legal, paralelo legal y paralelo ilegal y cómo estos influyen en la congestión. Esta investigación encontró que el parqueo angular es el tipo de parqueo que más genera congestión y el que se considera más peligroso, ya que a pesar de no ser el que más tiempo toma al momento de estacionar, requiere de maniobras de

reversa que reducen la capacidad de la vía casi en su totalidad, obstaculizando el flujo vehicular (Yousif, 1999).

Spiliopoulou y Antoniou (2012), estudiaron las consecuencias del acelerado crecimiento del parque automotor en tres grandes ciudades de la conurbación de Atenas en Grecia (Marousi, Nea Ionia y Tavros). Los investigadores encontraron que se evidenciaba una alta demanda de estacionamientos especialmente en las estaciones de tren y que una vez eran ocupados todos los estacionamientos disponibles se producía estacionamiento ilegal. Por otra parte, los autores hicieron el análisis también en tres ciudades pequeñas de Grecia (Ierapetra, Kos, Nafplion), encontrando que los conductores prefieren estacionar cerca al lugar de destino, aunque estos sean espacios legales o no. Este estudio deja ver un comportamiento muy típico de aquellos sectores donde existe la posibilidad de intermodalidad entre vehículo particular y transporte público, algo que en nuestras ciudades colombianas aún está muy lejos de ser una realidad.

En Shangai, China, (Chen *et al.*, 2015), realizaron una investigación donde se caracterizó el sistema de estacionamientos en China según los tipos de uso de suelo estudiados (áreas de comida y bebida, negocios y oficinas y áreas de mercado) y según los diferentes tipos de estacionamiento (los asociados a edificios particulares y estacionamientos públicos). Los autores concluyen que hay suficientes plazas de estacionamiento reservadas para las empresas locales en áreas orientadas a negocios y oficinas, pero hay pocos espacios para los visitantes. La saturación de estacionamientos y tasas de rotación en lugares no definidos de forma legal para estacionar es mayor a la rotación en estacionamientos cerrados y además algunas estructuras de estacionamiento público no ofrecen ventajas en términos de acceso, precio o costos de mantenimiento, lo cual hace que sean poco usadas por los usuarios y se opte por usar las vías. Como políticas de solución a la problemática identificada en Shangai se propuso aumentar las

plazas de estacionamientos disponibles para visitantes, mejorar las estructuras de estacionamiento público para que sean más utilizadas y mejorar el transporte público para que este sea más usado y brindar una alternativa de transporte diferente al automóvil para llegar al sector centro de la ciudad.

Así mismo, en Jeddah, Arabia Saudita, se realizó un estudio referente a el uso de estacionamientos legales e ilegales y el comportamiento que conlleva a este uso. El estudio concluye que las malas conductas de los conductores al preferir estacionar cerca al lugar de destino que ocupar un lugar de estacionamiento legal, la falta de señalización en las vías, la falta de control por parte de las autoridades y la falta de lugares legales para estacionar conllevan a los conductores a estacionar en lugares ilegales (Aljoufie, 2016).

Para el año 2017 se realizó un análisis de diferentes experiencias a nivel mundial sobre los efectos positivos y negativos del estacionamiento en las vías a partir de una revisión de la literatura. Dicha revisión permitió determinar que el estacionamiento en las calles debe prohibirse tanto en vías principales, como en sitios inseguros como intersecciones o curvas, ya que además de reducir la capacidad de las vías, producen siniestros viales. Sin embargo, también se identificó que existen vías en las que sí es posible que se estacionen los autos sobre ellas, trayendo consigo beneficios para los peatones, ya que los vehículos deben reducir la velocidad al pasar por calles así, permitiendo que los peatones puedan transitar con mayor seguridad al momento de cruzar las vías. También es beneficioso para la economía del sector, ya que les permite a los vendedores ambulantes la posibilidad de interactuar con los conductores y poder comercializar sus productos, además el comportamiento de los conductores a nivel mundial ha mostrado una tendencia a preferir estacionar cerca al lugar de destino, que por lo general son

negocios o tiendas que se benefician al comercializar con las personas que se estacionan en las vías cerca de las tiendas (Biswas *et al.*, 2017).

En Nafplio, Grecia en el 2018 se concluyó que las condiciones geométricas de las vías influyen en el estacionamiento ilegal. Se encontró que las calles anchas con poco tráfico atraen el efecto de doble estacionamiento. Asimismo, se encontró que el estacionamiento ilegal influye aumentando la carga de trabajo mental, ya que la demanda visual y el esfuerzo de atención crean fatiga y molestias en los conductores (Tzouras & Pérez Lázaro, 2018).

Un estudio más reciente sobre estacionamientos en las vías, realizado en Bhubaneswar y Patna, India estipula que el tiempo que demoran los vehículos buscando un lugar para estacionarse hace que estos reduzcan su velocidad y de esta forma causan una reducción de la capacidad vehicular. De la misma manera se analizaron también los tiempos de maniobra que duran los vehículos para estacionarse y la forma en que estos se estacionan, como lo son el parqueo angular y paralelo sobre la vía pública y de qué forma influyen en el congestionamiento sobre estas últimas, llegando a la conclusión que principalmente la composición del tráfico y el comportamiento de conducción influyen en el congestionamiento de vías, siendo más notorio en la ciudad de Patna, ya que la capacidad de sus vías es menor a las calles de Bhubaneswar (Prakash *et al.*, 2020).

2.2. Problemática Nacional.

En Colombia, el parque automotor nacional ha aumentado un 1,077% en los últimos dos años, según el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT). En 2018 se registraron un total de 14.486.716 vehículos, mientras en el 2020 se registraron 15.606.256 vehículos de los cuales el 41%, (6 '338.725), son automóviles.

A nivel nacional se han realizado diversos estudios sobre la influencia que tiene el costo de los parqueaderos en el uso del automóvil. En la ciudad de Bogotá, (Márquez Díaz *et al.*, 2011), realizaron un estudio donde por medio de un experimento de elección y teniendo en cuenta variables como el costo de estacionamiento, tiempo de viaje, duración de parqueo y distancia que recorren los usuarios desde el parqueadero hasta el sitio de trabajo, concluyeron que los individuos que serían menos sensibles al incremento de las tarifas de parqueo son aquellos con mayor poder adquisitivo.

Igualmente, en Bogotá y Villavicencio, en 2018, se hizo un análisis del impacto que tienen las restricciones vehiculares en el incremento del parque automotor. Este estudio consistió en la realización de una evaluación que utilizó una metodología cuasi-experimental de dobles diferencias emparejadas entre dos poblaciones, donde se buscaba identificar las mismas expectativas de tenencia de vehículos (Moncada *et al.*, 2018). Esta metodología se basa en la ponderación de observaciones del grupo de tratamiento como de control para que ambos grupos tuvieran una distribución similar de características observables. En el estudio se encontró que en promedio las personas afectadas por la restricción vehicular presentan una tendencia marginal del 20% para la compra de un nuevo vehículo y de esta forma se incrementa la necesidad de espacio de estacionamiento provocando que en muchos sectores residenciales las calles sean invadidas por los vehículos que no encuentran espacio donde estacionar.

Un análisis basado en la modelación de una política de aumento de cobro de parqueaderos se realizó en Medellín, en el año 2016. Esta modelación realizada por Cifuentes Ruiz (2016) permitió entender, predecir los comportamientos y cambios del transporte futuro en caso de aplicar un aumento del cobro del parqueadero. Una de las principales conclusiones a la que se llegó en este análisis fue que dichos aumentos en la tarifa de cobro deben ir acompañados

con medidas como lo son la promoción del transporte público, transporte no motorizado, aumento en calidad y cantidad de andenes, entre otros que permitan al usuario no sentir que se les cobra más sin ofrecerles alternativas para no tener que usar su automóvil y no tener que realizar dicho pago.

2.3. Problemática Local.

Bucaramanga como capital del departamento de Santander y parte del área metropolitana de Bucaramanga, cuenta con un área de 165 km², dividida en 17 comunas que incluyen 219 barrios, 36 asentamientos urbanos; y a su vez dividida en 3 corregimientos, 29 veredas y 15 asentamiento rurales. Su población está alrededor de los 607.428 habitantes de los cuales un 98,3% habitan en la zona urbana y el porcentaje restante en la zona rural (Plan de desarrollo de Bucaramanga, 2020-2023).

A partir de información de la Dirección de tránsito de Bucaramanga (2018) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (2019-2020), se encontró que el parque automotor en Bucaramanga y en el Área Metropolitana, ha aumentado significativamente. En el 2018, el parque automotor del Área Metropolitana contaba con 703.075 vehículos mientras que, en 2019, aumentó a 707.695, es decir en tan solo un año alrededor de 4.620 vehículos nuevos circularon en Bucaramanga y su área metropolitana.

Según el proyecto de Acuerdo 021 de 2019 del Concejo de Bucaramanga, los parqueaderos en el municipio de Bucaramanga son insuficientes para soportar la relación volumen/capacidad, ya que según registros de la Oficina de Control Vial muestran que el parque automotor aumenta más que las infraestructuras viales disponibles, esta es la primera causa de congestión vial, dejando en segundo lugar al estacionamiento sobre vías públicas. Por lo cual la

administración local planteó la necesidad de considerar la ampliación de la cantidad de parqueaderos o implementar medidas eficientes de gestión del tráfico, como por ejemplo limitar el uso del automóvil. Ante la percepción de que es insuficiente la cantidad de parqueaderos y lugares de estacionamiento, los usuarios de vehículos han decidido improvisar su estacionamiento en el espacio público, reduciendo el ancho de las vías y el espacio que tienen los peatones para caminar en andenes. Es así como a través de los años se ha buscado en la ciudad establecer un plan de ordenamiento urbano y de parqueaderos donde se plantee, adecue y ponga en marcha zonas de estacionamiento regulado en las vías públicas y parqueaderos, con el fin de tomar medidas de control efectivas (Concejo de Bucaramanga, 2019).

En el 2019 como parte de un análisis realizado por la Universidad Industrial de Santander se identificaron las principales problemáticas de movilidad en el sector de las calles 8 y 11 y entre carreras 25 y 17, y. Este análisis realizado por Cruzate Cruzate y Ojeda Cortina (2019), permitió identificar medidas para mitigar las problemáticas en el sector. Además, se encontró que consecuencia del aumento del parque automotor, el aumento en la demanda de viajes ha excedido el suministro de la infraestructura vial de la ciudad, además del inadecuado mantenimiento de las vías y los malos hábitos de los conductores. Todo lo anterior, ha generado deficiencias en la infraestructura vial y en el espacio público, aumento en los índices de congestión, la demora en tiempos de viaje y aumento de la siniestralidad. Para mitigar esta problemática, los autores del estudio, Cruzate y Ojeda, plantearon como estrategia el reforzamiento del sistema de estacionamientos y parqueaderos en la zona de estudio, para así despejar las vías afectadas. Este despeje debería ir acompañado de un trabajo conjunto con la comunidad para crear conciencia y disciplina y que se cumplan con las normas sobre estacionamientos, y utilizar los parqueaderos públicos existentes en la zona. Los autores

finalmente concluyeron que la congestión es un problema difícil de erradicar empleando solo medidas unilaterales o impositivas, por lo tanto, es necesario mejorar los hábitos de conducción, la infraestructura vial y las medidas de gestión de tránsito para así mantener bajo control la problemática y asegurar un mínimo de sostenibilidad de los niveles de vida urbanos.

Finalmente, dada que en la literatura existe información muy valiosa sobre el tema de estacionamiento en vía, presentamos en el **Apéndice A** una revisión bibliográfica con mayor detalle de estudios realizados a nivel internacional, nacional y local.

3. Efectos del déficit de estacionamientos.

La problemática por espacios insuficientes de estacionamiento o por el no uso de los espacios existentes, produce una serie de efectos negativos, entre los que se tiene principalmente que los vehículos son dejados en la vía pública. A continuación, se describen los principales efectos negativos a la movilidad que se producen debido al estacionamiento en vía.

3.1. Reducción de la velocidad media debido a estacionamientos en las calles.

Cuando se habla de estacionamiento en vías ya sea de forma legal o ilegal, resulta lógico pensar en una reducción de la capacidad y velocidad de circulación en dichos ejes viales como efecto de la disminución de espacio producida por los vehículos estacionados. Es así como se ha identificado que una de las principales causas de la reducción de la velocidad en el flujo vehicular en las vías urbanas es consecuencia de la fricción lateral generada por los vehículos estacionados a los costados de las vías. En un estudio realizado por Edquist *et al.* (2012, citado en Biswas *et al.*, 2017), midieron la velocidad media en recta en un segmento de vía para cuatro

entornos distintos: (a) arterias sin estacionamiento, (b) calle sin estacionamiento, (c) calle con bahías de estacionamiento vacías marcadas en el carril del bordillo y (d) calle con estado de estacionamiento completo; se observó como resultado una reducción gradual en velocidad a medida que disminuye la categoría vial en el orden descendente de la (a) la (d).

Otros estudios realizados (Chiguma & Bang 2007, Kladeftiras & Antoniou 2013, Reddy *et al.* 2008, Munawar 2011) que fueron mencionados en Biswas *et al.* (2017), determinaron que uno de los elementos más importantes de la fricción lateral en las vías son los vehículos que se detienen a estacionar sobre las vías, causando la máxima reducción de velocidad si se compara con otros como peatones, vehículos no motorizados y entrada/salida de vehículos. A pesar de que en los estudios mostrados en la Tabla 1, se logró cuantificar la reducción de la velocidad, hubo varios que no tuvieron éxito cuantificando la variación de la velocidad debido a que no se logró reducir el estacionamiento en las calles, razón por la cual no se pudo medir el impacto que genera en la velocidad.

Tabla 1

Reducción de la Velocidad Debido al Estacionamiento en Vías.

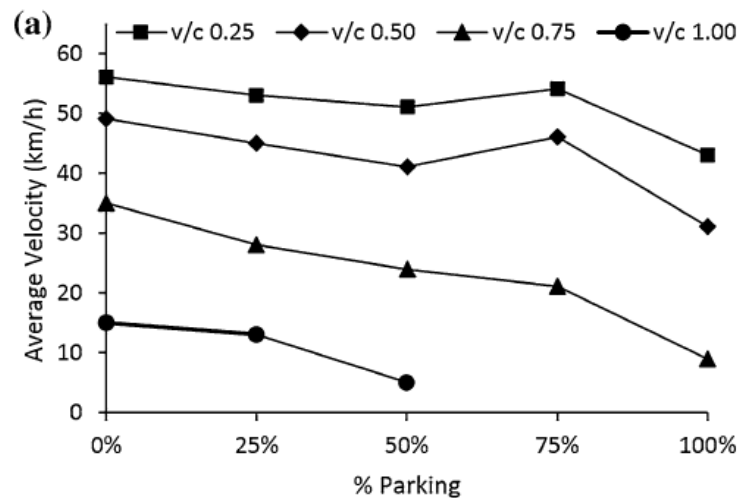
Referencia	Reducción de la velocidad promedio
Humphreys <i>et al.</i> (1978)	15 a 42%
Kladeftiras y Antoniou (2013)	44%.
Ivan <i>et al.</i> (2009)	21 km/h
Aronsson (2006)	5,5 km/h
Wang (2006)	5,1 km/h

Nota. Elaboración propia a partir de (Biswas *et al.*, 2017).

En el estudio realizado por Marshall *et al.* (2008, citado en Biswas *et al.*, 2017), hicieron una clasificación de la ocupación del estacionamiento en la carretera en 3 niveles: (a) menor al 30%, (b) 30-50%, (c) 50-100%; pero luego se detectó que los niveles (b) y (c) no mostraban ninguna estadística diferente a la velocidad de flujo libre (FFS), razón por la cual se fusionaron. Sin embargo, se encontró que la diferencia cuando no hay estacionamiento en vías en comparación cuando si hay estacionamiento en vías en un nivel (a) es de 3,7 km/h, es decir, no es muy significativa. En la Figura 1, Figura 2, se presenta la relación entre el volumen y capacidad (v/c) y la influencia de esta relación en la variación de velocidad con respecto al porcentaje de ocupación en las vías.

Figura 1.

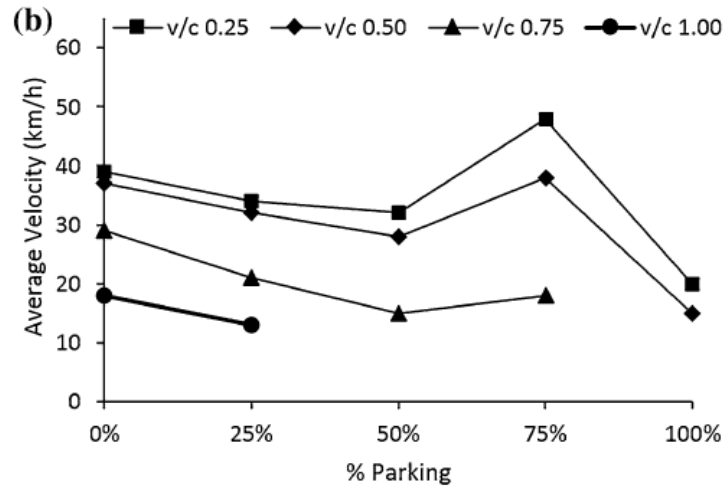
Variación de la velocidad promedio con respecto al porcentaje de estacionamiento, nivel (a)



Nota. Tomado de (Marshall *et al.*, 2008, citado en Biswas *et al.*, 2017).

Figura 2.

Variación de la velocidad promedio con respecto al porcentaje de estacionamiento, nivel (b).

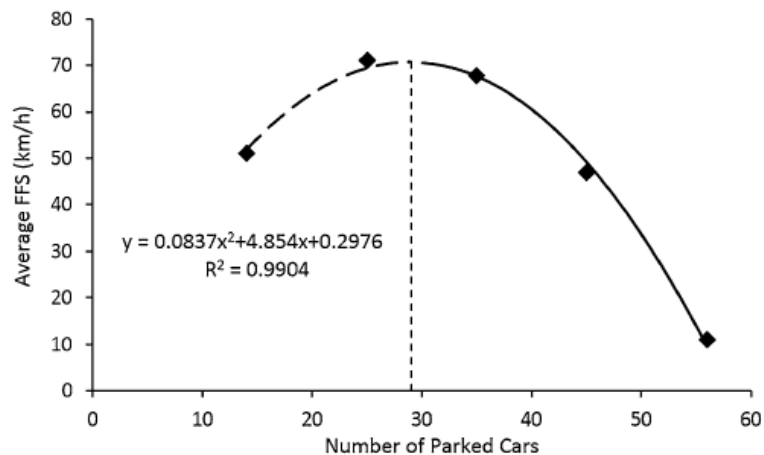


Nota. Tomado de (Marshall *et al.*, 2008, citado en Biswas *et al.*, 2017).

La Figura 3 muestra la variación de la velocidad a flujo libre con respecto al número de vehículos estacionados en las vías, observándose que la velocidad empieza a disminuir después de que hay estacionados en la vía 30 autos.

Figura 3.

Relación entre velocidad a flujo libre (FFS) y número de vehículos estacionados.



Nota. Tomado de (Marshall *et al.*, 2008, citado en Biswas *et al.*, 2017).

En otro estudio realizado por Fadairo (2013, citado en Biswas *et al.*, 2017), se encontró que las maniobras de estacionamiento son las principales razones de congestión por estacionamiento en calles, determinando que cuando el porcentaje de maniobras de estacionamiento aumenta, se reduce la capacidad de las vías casi en la misma proporción. La Tabla 2 muestra la relación que existe entre la reducción de la capacidad de una vía según la extensión de la zona de estacionamiento en vía.

Tabla 2

Reducción de la capacidad relacionada con la extensión del aparcamiento en vías.

Autor	Extensión del parqueadero	Reducción en la capacidad (%)
Rudjanakanoknad (2010)	Ancho de estacionamiento mayor que 4 m en calles de 6 carriles divididas en la calle principal	20-25
Cao <i>et al.</i> (2017)	1,9 m de ancho de un solo lado de estacionamiento en dos carriles de la calle sin individuos.	22
Guo <i>et al.</i> (2012)	35% de los vehículos de estacionamiento en una calle principal de ida	35
Jakle y Sculle (2004)	No disponible	45
AASHTO (1994)	No disponible	50-80
Humphreys <i>et al.</i> (1978)	Ambos lados de aparcamiento en dos carriles de carretera sin divisiones	78-90
Weant y Levinson (1990)	Aparcamiento de curva en cuatro carriles en una carretera dividida en 6 carriles	50, 40

Nota. Elaboración propia a partir de (Biswas *et al.*, 2017).

Wijayaratna (2015, citado en Biswas *et al.*, 2017), sugirió un factor de ajuste multiplicativo para capturar la influencia de los vehículos estacionados en la capacidad de la carretera calculado con la siguiente ecuación:

$$fp = 1 - 0.0012 Lp N\tau$$

Donde:

Lp -Longitud de la zona de estacionamiento en la calle.

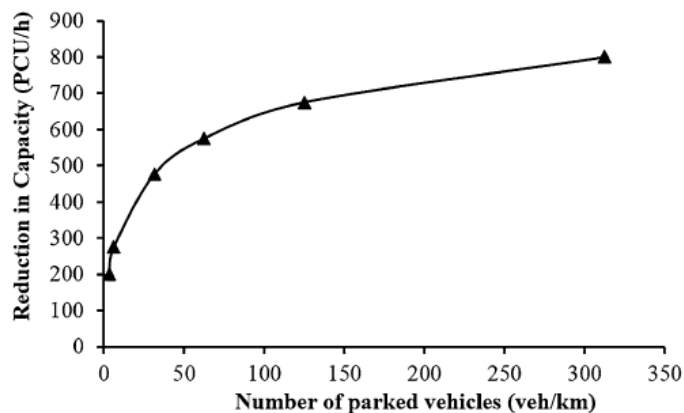
$N\tau$ -Número de rotaciones por plaza de aparcamiento por hora.

Esto debido a que algunos vehículos se ven más afectados que otros por la problemática del estacionamiento en vías, de la misma manera en que el tipo de vehículo (pesado o liviano) se ven más afectados que otros. Las vías con menor ancho de calzada se ven más afectadas por el estacionamiento en vías y el flujo vehicular también influye en la variación de la capacidad vial.

Por otro lado, el Ministerio de transporte en Reino Unido (1965), demostró que entre mayor sea la cantidad de vehículos estacionados, más se reduce la capacidad de las vías, tal como se muestra en la Figura 4.

Figura 4.

Relación entre capacidad vial y número de vehículos estacionados.



Nota. Tomado de (Ministry of transport, 1965, citado en Biswas *et al.*, 2017)

Es así como en esta sección mostramos en base a resultados obtenidos de la literatura los efectos negativos sobre la reducción de capacidad y velocidad debido al estacionamiento en vía.

3.2. Efectos en la seguridad de los usuarios en carretera.

El estacionamiento en las calles es considerado peligroso debido a la falta de visibilidad que produce en los usuarios que transitan por vías que lidian con esta problemática. Las maniobras de estacionamiento son una de las causas que más produce colisiones entre usuarios, estas colisiones pueden ser entre autos o entre auto y peatón. También el tipo de estacionamiento es un factor que tiene mucha importancia, ya que es el estacionamiento en forma angular el que produce mayor riesgo de colisión, debido a que es el tipo de estacionamiento que menor visibilidad permite tener a los conductores al momento de realizar sus maniobras. Los siniestros por estacionamiento en vías son los más frecuentes tal como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3

Causas de accidentes por estacionamiento en vías.

Tipo de accidentes	Proporción total de accidentes	
	Calles de dos vías (%)	Calles de una vía (%)
Abrir la puerta	3.4	2.1
Maniobra de estacionamiento	4.7	7.8
Auto estacionado detenido	20.8	28.6
Maniobra para salir del estacionamiento	13.4	21.0
Total	42.3	59.5

Nota. Elaboración propia a partir de (Humphreys *et al.*, 1978, citado en Biswas *et al.*, 2017).

Además, los accidentes ocurridos por estacionamiento en vías son significativamente altos, tal y como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4

Porcentaje de accidentes por estacionamiento en vías.

Autor	% de accidentes relacionados con el parqueadero	Víctimas y daños a la propiedad
Ramanujam <i>et al.</i> (1990)	37%	
Department CP Annual Report (2011)	18 to 25%	Un mayor nivel de daño a la propiedad (20 a 30% de lo general) con una menor extensión de lesiones y muertes (Debajo del 10%)
Marshall y Garrick (2011)	Significante	No hay conexión sustancial entre el estacionamiento en la calle y las víctimas mortales
Unit LRS (2012) y Unit LAA (1995)	Significante	0.5 a 2% muertes
Humphreys <i>et al.</i> (1978)	42.3% para carreteras de dos vías. 59.5% para carreteras de una vía.	

Nota: Elaboración propia a partir de (Biswas *et al.*, 2017).

Según Weant y Levinson (1990, citado en Biswas *et al.*, 2017), el estacionamiento angular representa mayores riesgos que el estacionamiento paralelo, ya que presenta cuatro problemas: (a) requiere más espacio de maniobra, (b) menor visibilidad del tráfico, (c) los vehículos que se aproximan al vehículo que está estacionando deben detenerse y (d) el procedimiento es más lento. Por tal razón, los autores analizaron la posible reducción de accidentalidad que se tendría si se sustituye el parqueo angular por el paralelo, los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Cambio de parqueo angular a paralelo.

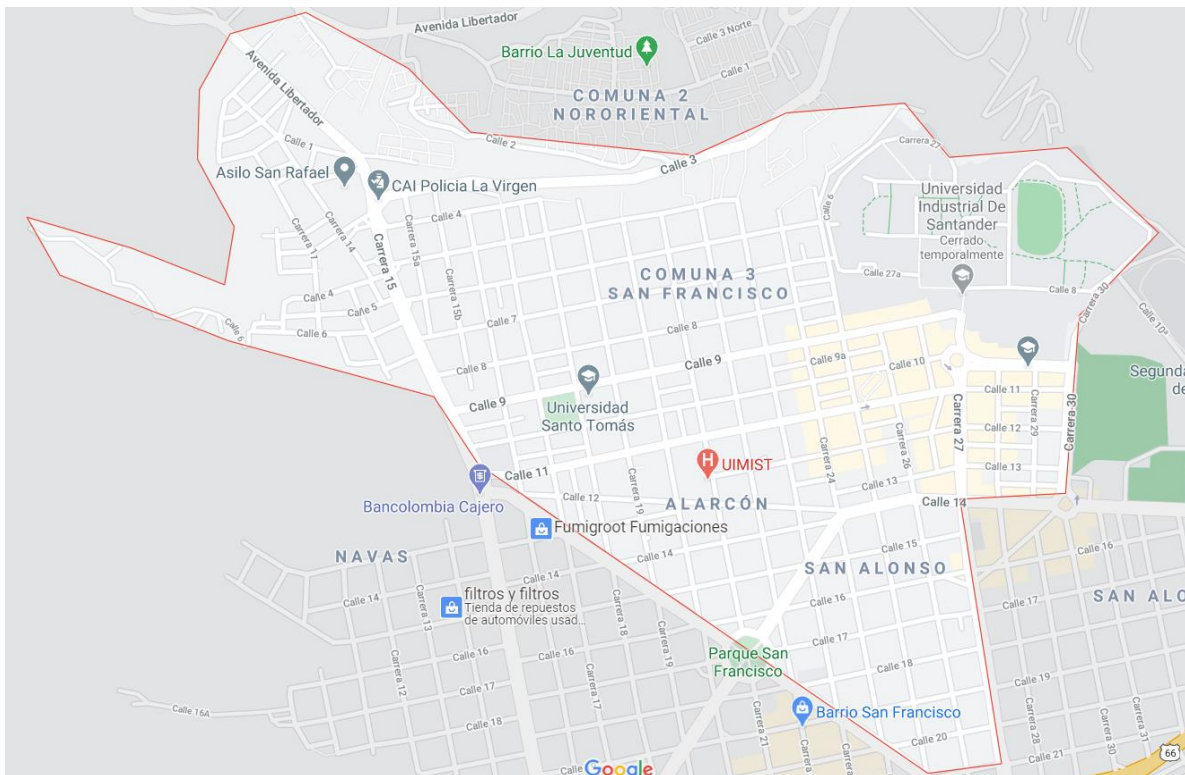
Ubicación y año del estudio	Reducción de accidentalidad (%)
Minnesota city (1947)	41
Wichita (1950)	63
Utah (1966)	57
Grand Rapids, MI (1967)	19
Kansas City, MO (1967)	50

Nota. Elaboración propia a partir de (Weant & Levinson, 1990, citado en Biswas *et al.*, 2017).

4. Caracterización de la zona de estudio.

Figura 5.

Zona de estudio Comuna 3, Bucaramanga – Santander.



Nota: Tomado de Google maps.

Para este proyecto se seleccionó la zona aledaña a la Universidad Industrial de Santander (UIS) que corresponde principalmente a la Comuna 3 (San Francisco) de la ciudad de Bucaramanga. Esta comuna tiene una población de 50.712, siendo el 8,49% de la población total en Bucaramanga, además está conformada por 11 barrios que son: Norte Bajo, San Rafael, El Cinal, Chapinero, Comuneros, La Universidad, Mutualidad, Modelo, San Francisco, Alarcón y Puerto Rico. La Comuna 3 de Bucaramanga abarca desde la carrera 3b hasta la carrera 30 y desde la calle 2 hasta la calle 21 y se encuentra delimitado de la siguiente manera: en la zona sur por la calle 21, al este por la calle 6, carrera 30 y carrera 27, al oeste también delimita con la calle 6, la carrera 18 y la carrera 15, al norte delimita con la avenida libertador, la calle 2 y calle 3 (Plan de desarrollo de Bucaramanga, 2020-2023). En la Figura 5 se muestra en detalle la zona de la Comuna 3.

Dicha comuna presenta una problemática recurrente asociada con la congestión vehicular debida principalmente a los vehículos estacionados en la vía pública, falta de señalización, control ineficiente por parte de las autoridades. Estas problemáticas se acrecientan debido a los altos flujos vehiculares, especialmente en las horas pico, que son atraídos por los servicios que se prestan en esta zona de la ciudad mayormente por las universidades y colegios presentes. Un estudio realizado por el grupo de investigación Geomática de la Universidad Industrial de Santander (UIS), en el año 2018 y 2019, sobre el tránsito y transporte en la zona aledaña al campus, pudo determinar que las principales razones del congestionamiento existente en las vías se deben a la cantidad de actividades que hay en el sector y a su vez la mala práctica de los conductores de los diferentes modos de transporte que conviven en este espacio (Grupo de Geomática, escuela de Ing.civil de la UIS, 2018).

4.1. Características físicas y estado de las vías.

Tomando como referencia el Plan de Ordenamiento territorial de Bucaramanga 2014-2027 - POT, se encontró que las vías de la zona de estudio pertenecen a una gran variedad de tipos según la clasificación existente en la ciudad. Se tienen vías arterias primarias, vías arterias secundarias y vías arterias terciarias, además vías locales nivel 1 y nivel 2. En la Tabla 6 se presenta en detalle dicha clasificación.

Tabla 6

Clasificación de las vías.

Vías arterias primarias	Vías arterias secundarias	Vías arterias terciarias	Vías locales nivel 1
Carrera 27 (entre calle 9 y calle 21)	Carrera 30 (entre las calles 10 y 14)	Boulevard Santander	Carrera 25 (entre calles 5 y 21)
Carrera 15 (entre calle 1 y calle 11)	Calle 10	Carrera 17 (entre calles 3 y 12)	Carrera 24 (entre calles 5 y 20)
Boulevard Bolívar	Calle 11 (entre carreras 15 y 27)	Carrera 18 (entre calles 4 y 13)	Carrera 19 (entre calles 4 y 15)
		Carrera 21 (entre calles 5 y 16)	Carrera 16 (entre calles 4 y 12)
		Carrera 22 (entre calles 5 y 18)	Calle 9 (entre carreras 15 y 27)
		Calle 14 (entre carreras 15 y 30)	Calle 13 y 12 entre carrera 24 y B. Bolívar
			Calle 16 entre carrera 27 y B. Bolívar
			Calle 19 entre carrera 27 y B. Bolívar
			Calle 20 entre carrera 27 y B. Bolívar

Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Para la planificación, diseño, construcción, optimización y/o adaptación de las vías del perímetro urbano, las tipologías viales se determinan a partir de la tipificación de sus secciones

transversales, lo cual es conocido como perfiles viales. Los perfiles viales están clasificados según las dimensiones de la sección transversal medida en cada vía por el POT 2014-2027.

Estos se encuentran clasificados en la Tabla 7.

Tabla 7

Perfiles viales en la zona de estudio.

Tipo de perfil	Características	Ancho [m]	Vías involucradas en la zona de estudio
19A	Perfil	14	Carrera 21 (entre calles 5 y Glorieta San Francisco)
	Una calzada triple carril	9,6	
	Franjas de circulación	3	
	Franjas de amoblamiento	1,7	
15F	Perfil	15	Calles 9-11 (entre carreras 17 y 26a)
	Una calzada doble carril	7	Calles 11-13 (entre carreras 17 y 20)
	Franjas de circulación	2,6	Carrera 18 (entre calles 13 y 14)
	Franjas de amoblamiento	1,4	Calle 15 (entre carreras 19 y 23)
			Carrera 20 (entre calles 15 y 16)
			Calle 16 (entre carreras 20 y 22)
			Carrera 23 (entre calles 11 y 15)
			Carrera 24 (entre calles 11 y 14)
			Calle 12 a (entre carreras 23 y 24)
			Calles 13-15 (entre carreras 18 y 19)
		Calle 12 (entre carreras 21 y 24)	
15D	Perfil	15	Carreras 17-20 (entre calles 4 y 8)
	Una calzada doble carril	7	Carreras 22-25 (entre calles 5 y 8)
	Franjas de circulación	2	Carreras 25-26a (entre calles 12 y 13)
	Franjas de amoblamiento	2	Calle 16 (entre carreras 26 y 27)

17 A	Perfil	17	Carrera 22 (entre calle 9 y Boulevard Bolívar)
	Una calzada doble carril	9	
	Franjas de circulación	2,6	
	Franjas de amoblamiento	1,4	
25 A	Perfil	25	Calle 14 (entre carreras 26 y 30)
	Separador	1	
	Dos calzadas doble carril	6,5	
	Franjas de circulación	3	
	Franjas de amoblamiento	2,5	
30 A	Perfil	30	Boulevard Santander (entre carrera 24 y la Glorieta San Francisco)
	Separador	3	
	Dos calzadas triple carril	9	
	Franjas de circulación	3	
	Franjas de amoblamiento	1,5	
13B	Perfil	13	Carreras 24-26 (entre calles 15 y 20)
	Una calzada doble carril	7	Carrera 25 (entre calles 14-15, 20-21)
	Franjas de circulación	1,6	Carrera 26 (entre calles 14-15, 20-21)
	Franjas de amoblamiento	1,4	Calle 15 (entre carreras 26 y 27)
			Calle 16 (entre carreras 26 y 27)
			Calle 17 (entre carreras: 22-23, 26-27)
			Calle 18 (entre carreras: 22-23, 26-27)
			Calle 19 (entre carreras: 23-24, 26-27)
			Calle 20 (entre carreras 26 y 27)
			Calle 21 (entre carreras 26 y 27)
Carrera 23 (entre calles 16 y 19)			
14B	Perfil	14	Carrera 24 (entre calles 14 y 15)
	Una calzada doble carril	8	Carrera 23 (entre calles 15 y 16)

	Franjas de circulación	1,6	Calle 15 (entre carreras 23 y 24)
	Franjas de amoblamiento	1,4	Calle 16 (entre carreras 22 y 23)
	Perfil	33	Boulevard Bolívar (entre carreras 17 y 25)
	Separador	2	
33 A	Dos calzadas triple carril	10,5	
	Franjas de circulación	3	
	Franjas de amoblamiento	2	
	Perfil peatonal	10	Calle 8a (entre carreras: 17-18, 24-25)
	Franjas de circulación	2	Carrera 17a (entre calles: 4-5, 12-13)
	Franjas de amoblamiento	6	Calle 7a (entre carreras 24 y 25)
			Calle 9a (entre carreras: 20-21, 23-26)
10 A			Calle 10a (entre carreras: 17-18, 24-25)
			Calle 11a (entre carreras 28 y 29)
			Calle 12 a (entre carreras 27 y 29)
			Calle 13 a (entre carreras 28 y 30)
			Carrera 11a (entre calles 10 y 11)
	Perfil	32	Carrera 27 (entre calles 9 y 20)
	Separador	2	
32B	Dos calzadas doble carril	6,5	
	Franjas de circulación	7	
	Franjas de amoblamiento	1,5	
	Perfil	24	Carrera 30 (entre calles 10 y 14)
	Separador	4	
24B	Dos calzadas doble carril	7	Calle 10 (entre carreras 30 y 27)
	Franjas de circulación	1,6	
	Franjas de amoblamiento	1,4	
15E	Perfil	15	Calle 11 (entre carreras 27 y 30)

	Una calzada doble carril	6	Calle 12 (entre carreras 27 y 30)
	Franjas de circulación	3	Calle 13 (entre carreras 27 y 30)
	Franjas de amoblamiento	1,5	
	Perfil	20,5	Calles 12 y 13 (entre carrera 24 y Boulevard Bolívar)
20,5A	Una calzada triple carril	10,5	Calle 14 (entre carreras 24 y 26)
	Franjas de circulación	3	
	Franjas de amoblamiento	2	

Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

4.2. Pavimentos existentes.

Un pavimento es una estructura conformada por una serie de capas que se diseñan teniendo en cuenta las normas, métodos y especificaciones técnicas con materiales apropiados, sometidas a distintos procesos constructivos para obtener una superficie que presente la durabilidad y la rigidez necesaria para el tránsito vehicular (Martinez, 2020). Existen diferentes tipos de pavimentos como lo son: rígidos, semirrígidos, flexibles y articulados. en la zona de estudio se encontró una infraestructura vial en pavimento rígido y flexible.

El Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS (2018), identificó que el 100% de los pavimentos rígidos de la zona de estudio presentan un daño leve. Asimismo, se identificó que el 9% del total de los pavimentos flexibles se encuentra en un estado de daño severo, mientras que el 91% restante, presenta un daño leve.

4.3. Señalización.

Gracias a la caracterización que hizo el Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS (2018) en la zona, se puede observar que en las señales horizontales encontradas existen líneas blancas sencilla y a trazos, centrales, cebras, líneas de borde, flechas de dirección, líneas amarillas, paso peatonal y demarcaciones para zona de parqueo y prohibiciones. En las señales verticales se encontraron de tipo preventivas, reglamentarias e informativas. Muchas de estas señales se encuentran en buen estado y son de ayuda para los usuarios, pero otras necesitan mantenimiento, ya que se han deteriorado con el tiempo.

4.4. Situación de parqueaderos en el sector

En la zona de estudio se identificaron los lugares para estacionar vehículos incluyendo los espacios de parqueaderos y estacionamientos sobre la vía; estos últimos se presentan sobre las calles y carreras, andenes, frente a locales comerciales, edificios de viviendas y oficinas; provocando disminución en el espacio público ya que estaría ocupado por los vehículos que ahí se encuentran estacionados. En la Figura 6, se puede observar en detalle la ubicación de los parqueaderos en la zona de estudio.

Figura 6.

Ubicación de parqueaderos en la zona de estudio.



Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Al analizar las características de los parqueaderos y estacionamientos alrededor de la comuna 3 (San Francisco), se encontraron estos espacios en diferentes sectores de la zona, con una capacidad total de 736 vehículos entre todos y se observó que el sector con mayor capacidad es el Sector UIS, que cuenta con una capacidad de 465 vehículos. Además de los parqueaderos presentados en la Figura 6, el sector de la UIS también cuenta con permisos para la utilización de los parqueaderos del Estadio.

4.4.1. Distribución de vehículos estacionados

En la Tabla 8 y en la Tabla 9, se muestra el resultado del levantamiento de información sobre los parqueaderos públicos (legales) y sobre los estacionamientos en vías públicas (ilegales)

en cuatro sectores específicos (UIS, Plaza de Mercado, San Francisco y La Normal), dicho levantamiento incluyó variables como índice de rotación, número de vehículos estacionados, número de estacionamientos disponibles, tiempo máximo, tipo de parqueo (angular o paralelo), tipo de parqueadero (moto, auto o mixto) (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018). Con los resultados obtenidos se evidencia una notable falta de lugares para estacionar y que para los diferentes sectores estudiados la distribución de vehículos estacionados varía según la hora del día.

Tabla 8

Estacionamientos (legales) en el sector de estudio.

Uso	Dirección de Referencia	Disponibilidad horaria	Costo de servicio
Autos	Cra 27 Calle 15 SENA	6:00 a 18:00	Voluntario
Autos	Calle 15 # 26 -49	-	-
Autos	Calle 7 # 22-43	5:00 a 22:30	\$ 4.000 / h
Autos	Calle 17 # 22-27	8:00 a 18:00	\$ 3.000 / día
Mixto	Cra 22 # 8-40	5:00 a 22:00	Moto: \$ 2.000 / día Auto: \$ 4.000 / día
Mixto	Calle 13 # 23-37	24 horas	Moto: \$ 1.500 / h Auto: \$ 2.500 / h
Mixto	Cra 19 # 9-59	24 horas	Moto: \$ 500 / h Auto: \$ 1.000 / h
Mixto	Cra 26 # 14-58	24 horas	Moto: \$ 800 / h Auto: \$ 2.600 / h
Mixto	Calle 12 # 22-19	24 horas	Moto: \$ 1.000 / h Auto: \$ 3.200 / h
Mixto	Av. Eduardo Santos # 27-20	6:00 a 23:00	Moto: \$ 1.000 / h Auto: \$ 2.500 / h
Motos	Calle 9 # 23-23	6:00 a 21:30	\$ 350 / h
Motos	Calle 9 # 23-26	5:20 a 22:00	\$ 250 / h
Motos	Calle 9 # 23-28	5:00 a 22:00	\$ 250 / h

Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Tabla 9

Estacionamientos en vía (ilegales) en el sector de estudio.

Zona de estudio	Tipo de parqueadero	Tipo de parqueo	Ubicación	# Veh. Estacionados	Capacidad	Duración máxima [h:mm]	I.R
UIS	Motos	Angular	Cr 25 entre calles 6 y 7	1029	465	3:00	4.39
	Autos	Paralelo	Cl 7 entre Carreras 25 y 24				
	Uso mixto	Angular y paralelo	Cr 27 entre calles 9 y 10				
	Uso mixto	Angular y paralelo	Cl 9 entre carreras 26 y 27				
	Autos	Paralelo	Cl 9 entre carreras 26a y 26				
	Uso mixto	Paralelo	Cr 26a entre calles 9 y 10				
	Uso mixto	Angular	Colegio Santander				
	Uso mixto	Angular y paralelo	Cl 11 entre careras 27 y 28				
	Autos	Paralelo	Cl 12 entre carreras 27 y 28				
	Autos	Paralelo	Cr 26a entra calle 10 y 11				
Uso mixto	Angular	Cr 30 entre Cl 10 y portería UIS					
Autos	Paralelo	Vía al batallón					
Plaza de mercado	Autos	Angular y	Cl 13 entre carreras 22 y 23	1546	162	2:30	18.86

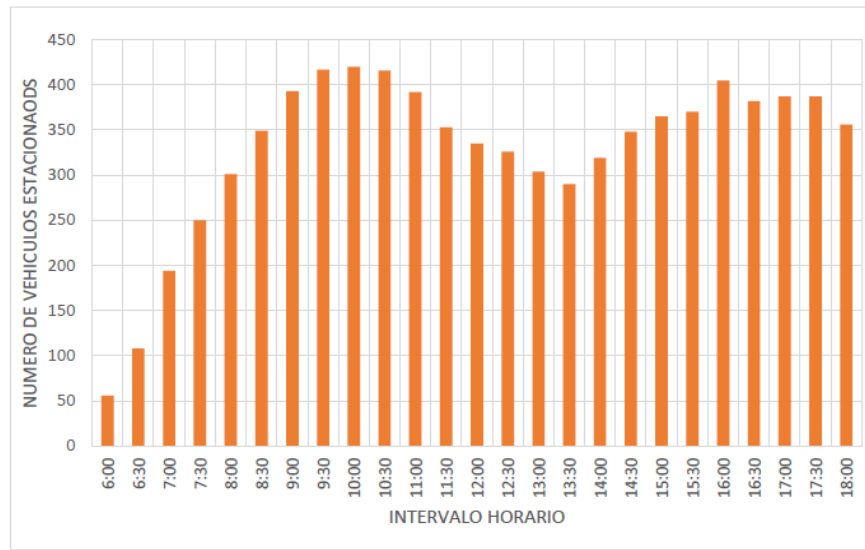
		paralelo					
	Uso mixto	Angular y paralelo	Cl 12 entre carreras 22 y 23				
	Uso mixto	Angular y paralelo	Cr 22 entre calles 12 y 13				
	Uso mixto	Angular y paralelo	Calle 12 entre carreras 23 y 24				
San Francisco	Autos	Paralelo	Cr 22 entre calles 16 y 17	156	38	4:30	4.11
	Autos	Paralelo	Cl 17 entre carreras 22 y 23				
La Normal	Motos	Angular	Cr 27 entre calles 19 y 20				
	Uso mixto	Angular	Cr 28 entre calles 19 y 20	375	71	6:00	10.5
	Uso mixto	Paralelo	Cl 19 entre carreras 29 y 30				

Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

A continuación, se muestran las gráficas que representan la relación Número de Vehículos Estacionados Vs. Intervalo Horario, en los 4 sectores seleccionados. En la Figura 7, se muestra el sector UIS, donde se tiene que las horas en las que más se encuentran autos estacionados sobre la vía son las 10:00 a.m. y las 4:00 p.m.

Figura 7.

Número de vehículos estacionados en un intervalo horario para el sector UIS.

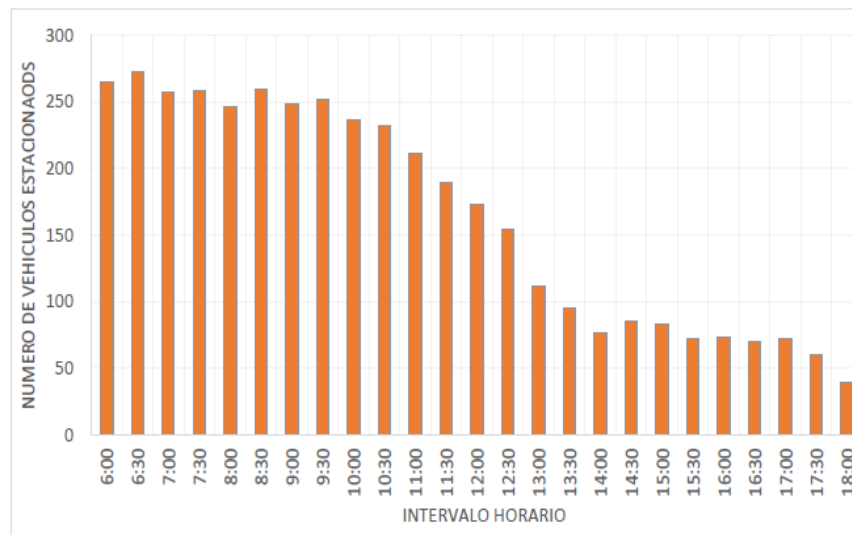


Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

En el sector de la plaza de mercado de San Francisco, que se muestra en la figura 8, se encontró que el horario de mayor demanda de estacionamientos es la mañana, siendo las 6:30 a.m. la hora de mayor demanda.

Figura 8.

Número de vehículos estacionados en un intervalo horario para el sector Plaza de Mercado.

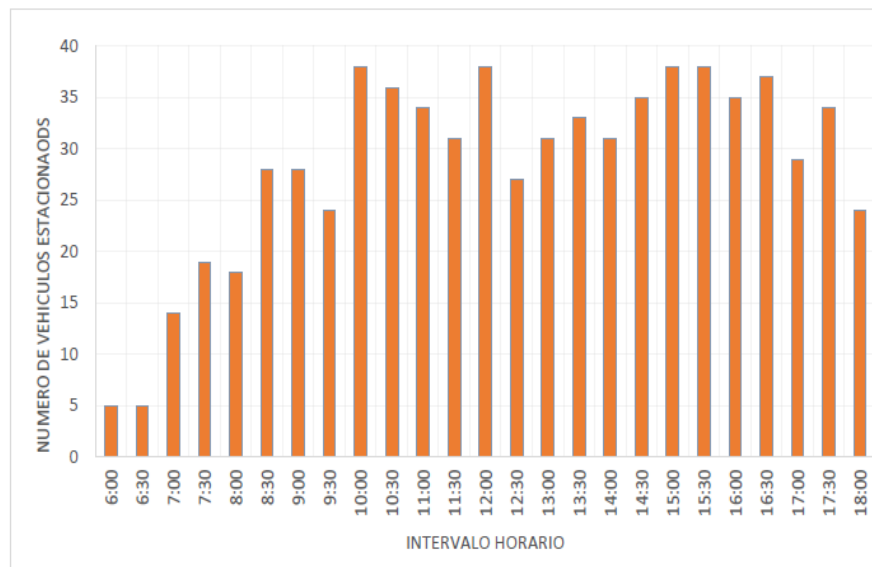


Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Asimismo, en el sector de San Francisco, que se muestra en la Figura 9, se encontró que la demanda de estacionamientos era alta en los siguientes horarios: 10:00 a.m., 2:00, 3:00 y 3:30 p.m.

Figura 9.

Número de vehículos estacionados en un intervalo horario para el sector San Francisco.

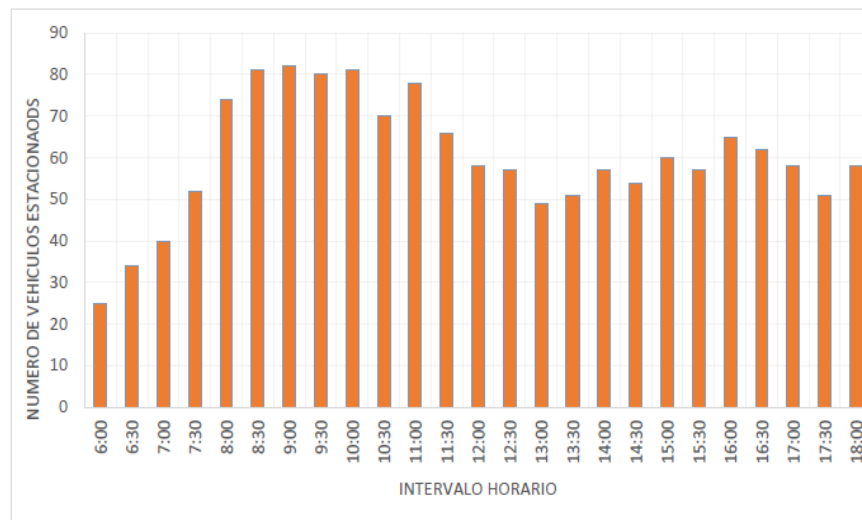


Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Por último, en el sector de La Normal, que se muestra en la Figura 10, se encontró que el horario que más requiere demanda de estacionamiento es el comprendido entre las 8:00 a.m. y las 11:00 a.m.

Figura 10.

Número de vehículos estacionados en un intervalo horario para el sector La Normal.



Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

4.5. Siniestralidad en la zona de estudio

En el último año, en la zona de estudio, se evidenció 524 accidentes de tránsito (Dirección de Tránsito de Bucaramanga, 2020) con 6 víctimas fatales, entre ellos 3 motociclistas y 3 peatones (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019-2020). Del total de víctimas 3 fueron en el periodo enero-agosto y las otras 3 en el resto del año. Según la Agencia de Seguridad Vial (2020), estos accidentes ocurrieron en la Calle 3 con Carrera 19, en la Carrera 15 con Calle 8, en la Carrera 27 con Calle 13 y en la Carrera 24 con Calle 17.

4.6. Conflictos de movilidad en el sector.

Debido a factores como el alto volumen vehicular, convergencia de vías principales, parqueo indebido de automotores sobre la vía, invasión del espacio público por parte de ventas informales, señalización deficiente, la desorganización del tráfico por falta de mecanismos de control, cultura vial, entre otros; existen tramos que presentan conflictos de movilidad, los cuales

se presentarán en la Figura 11, junto con la descripción de la problemática en cada zona de conflicto en la Tabla 10.

Figura 11.

Ubicación de puntos críticos de siniestralidad.



Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Tabla 10*Caracterización de los puntos críticos de movilidad.*

Puntos críticos	Conflictos presentados
Boulevard Bolívar (en las intersecciones con calles 20,19,18,16,15,14 y 13)	Gran cantidad de acceso para las intersecciones presentes Alto flujo de tránsito
Calle 11 con carrera 27	Es un punto de conexión para los vehículos que se dirigen hacia el este y hacia el sur. Carencia de dimensiones suficientes para soportar la capacidad vehicular Carencia de zonas de parqueo Carencia de señalización
Calle 10 frente al instituto Dámaso Zapata (entre carreras 27 y 29)	Falta de planeación y organización del tránsito en el sector Carencia de lugares de estacionamiento definidos para recoger estudiantes Invasión del espacio público por parte de vendedores ambulantes
Carrera 27 con calle 9	Mal estado del corredor por presencia de basura Reducción en el ancho del perfil por el estacionamiento en la vía Estacionamiento de bicicletas en los andenes Invasión de espacio público con comercio informal Existencia de un foco de transporte informal de dimensiones significativas La ciclo-ruta no cuenta con terminaciones reglamentadas y no garantiza la continuidad de la infraestructura
Carrera 26a (entre calles 9 y 11)	Presencia de basuras en gran parte de las vías por la falta de control en el manejo de estas Gran cantidad de vehículos estacionados en la vía pública Pocos espacios para estacionar
Calles 11 y 12 (entre carreras 27 y 29)	Estacionamiento de vehículos en vías y aceras Falta de infraestructura necesaria por parte del centro médico para el estacionamiento de ambulancias
Plaza San Francisco	Estacionamiento prolongado de vehículos en espacio público

	<p>Presencia de vendedores ambulantes en las vías</p> <p>Falta de señalización horizontal y vertical</p> <p>Infraestructura peatonal en pésimas condiciones físicas</p> <p>Condiciones desfavorables de aseo en corredores viales</p> <p>Falta de control por parte de las autoridades de tránsito</p>
Sector Universidad Santo Tomás	<p>Parqueo de vehículos en espacio público</p> <p>Falta de lugares para estacionar en la universidad</p> <p>Estacionamiento de motocicletas en las aceras</p> <p>Algunas aceras no cumplen con las dimensiones óptimas para la circulación de transeúntes</p>
Barrios Chapinero y Comuneros	<p>Presencia de talleres en las aceras</p> <p>Estacionamiento de vehículos en vías y aceras</p>
Carrera 25 (entre calles 7 y 10)	<p>Presencia de basura en la acera y parte de la vía</p> <p>Presencia de transeúntes a los costados de las vías debido a la presencia de basura en las aceras</p>

Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

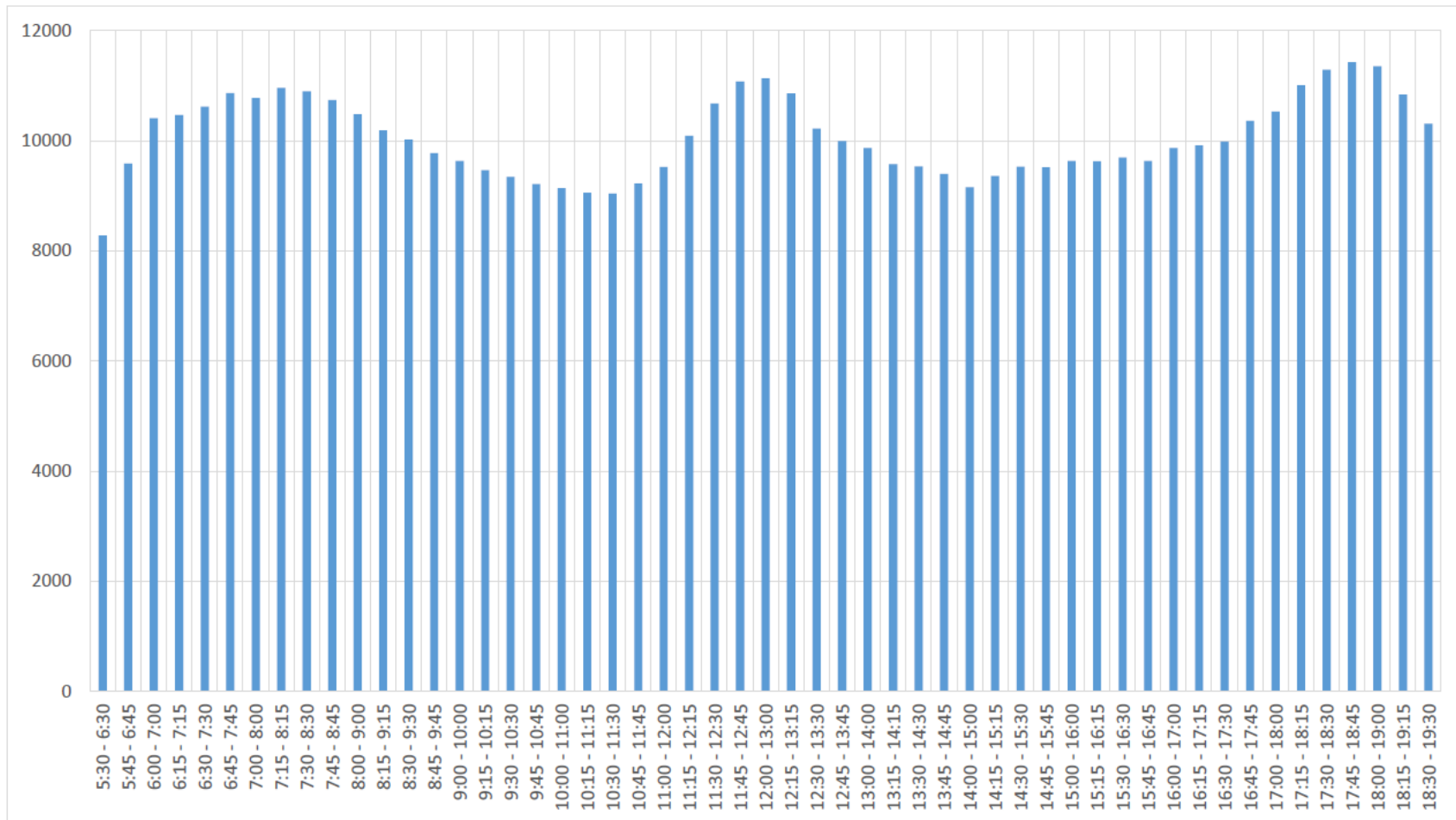
4.7. Volúmenes vehiculares

A partir de los aforos vehiculares realizados por el grupo de Geomática de la Universidad Industrial de Santander en el año 2018 se caracterizaron los volúmenes vehiculares de la zona de estudio. Hay que aclarar que dado que esta tesis se realizó durante el año 2020 justo en esta época de pandemia por la COVID-19 no fue posible realizar una actualización de los aforos vehiculares dadas las restricciones impuestas por las autoridades nacionales y locales. El análisis de la información secundaria muestra tres picos de intensidad vehicular a lo largo del día, especificados en los siguientes horarios: 7:15-8:15 un total de 10.962 vehículos, 12:00-13:00 con un total de 11.134 vehículos y 17:45-18:45 con un total de 11.427 vehículos. Teniendo como

hora pico 17:45-18:45, lo cual coincide con el egreso de las entidades educativas. En la Figura 12, se muestra la distribución horaria de los flujos vehiculares en el sector, para tener mejor comprensión de ésta.

Figura 12.

Distribución Horaria de los flujos vehiculares en el sector.

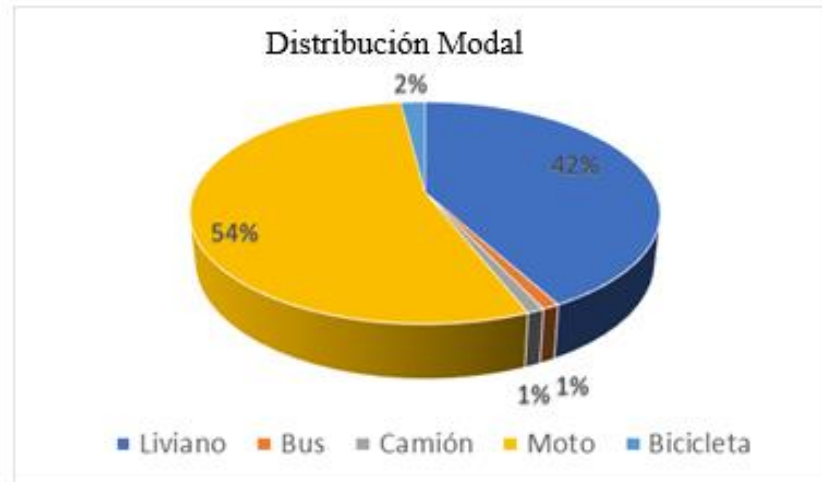


Nota. Tomado de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Además, se clasificó la distribución modal presentada en el sector (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

Figura 13.

Distribución modal en el sector para la hora pico



Nota. Elaborado a partir de (Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS, 2018).

4.7.1. Ingreso y egreso de volúmenes vehiculares en la zona.

Este cálculo se realizó teniendo en cuenta los aforos vehiculares de las diferentes estaciones de la zona de estudio, se determinó que:

Entre las 17:30-19:30: se destaca el sector ubicado en la carrera 32a con calle 14, la cual tiene 25,134 vehículos equivalentes que entran y salen de la zona de influencia y en segundo lugar está el sector ubicado en la carrera 33 con Avenida Quebrada Seca con un total de 14.837 vehículos equivalentes que entran y salen de la zona de influencia.

Entre las 17:00-19:00: Se destaca el sector ubicado en la carrera 27 con Avenida Quebrada Seca, la cual tiene 10.718 vehículos equivalentes que entran y salen de la zona de influencia, en segundo lugar, se encuentra el tramo ubicado en la carrera 21 con Boulevard

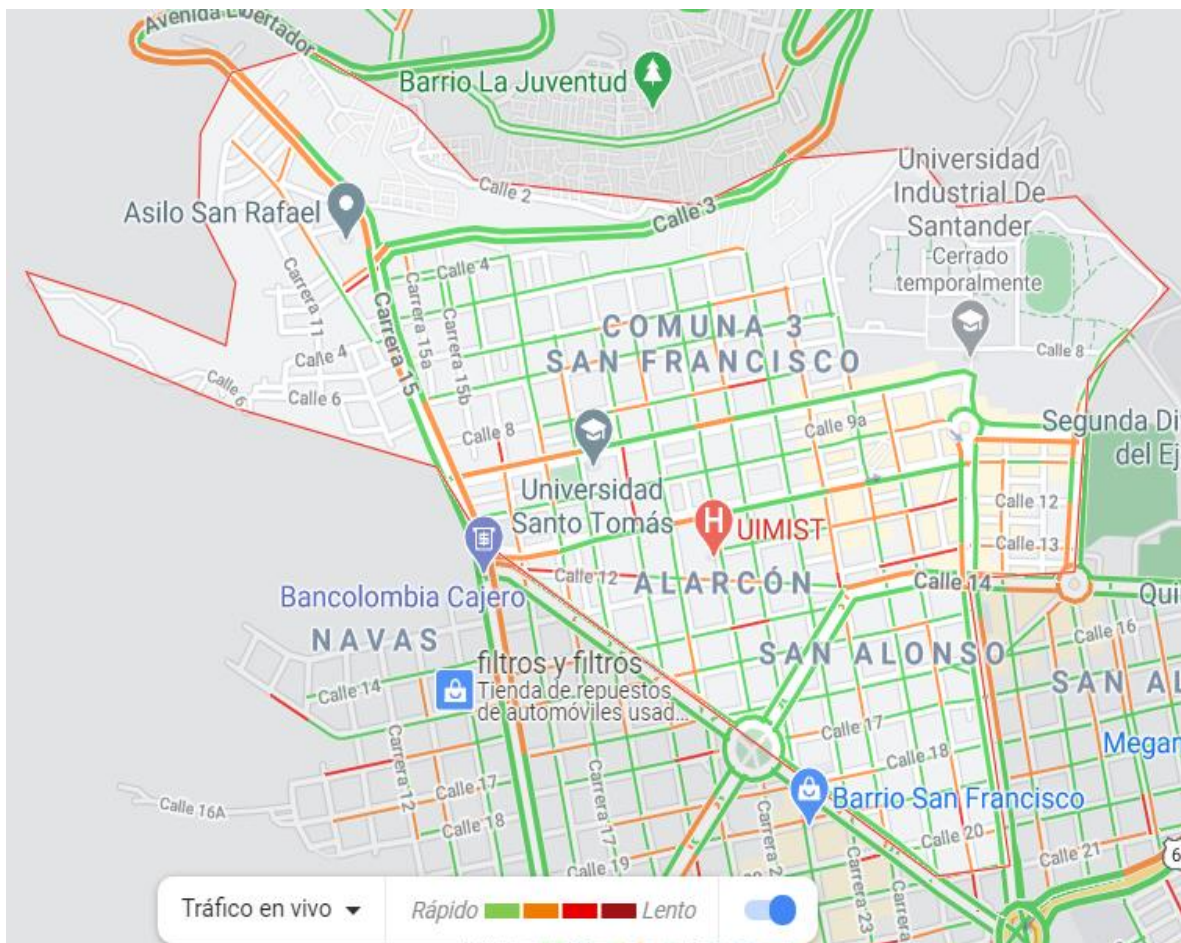
Santander, el cual cuenta con 4.954 vehículos equivalentes que entran y salen de la zona de influencia.

4.8. Velocidades del flujo vehicular.

Para conocer el tráfico vehicular en la zona de estudio, se utilizó la herramienta Google Traffic. Esta permite visualizar las velocidades en un mapa clasificando por colores la rapidez de los vehículos.

Figura 14.

Velocidades del flujo vehicular en la Comuna 3.



Nota. Tomado de Google Traffic.

De lo anterior se puede observar que, en las arterias primarias, parte de la carrera 27, parte de la carrera 15, Boulevard Santander, Boulevard Bolívar y la zona comprendida entre las calles 4 y 7 y carreras 15 y 18, se presenta un flujo rápido.

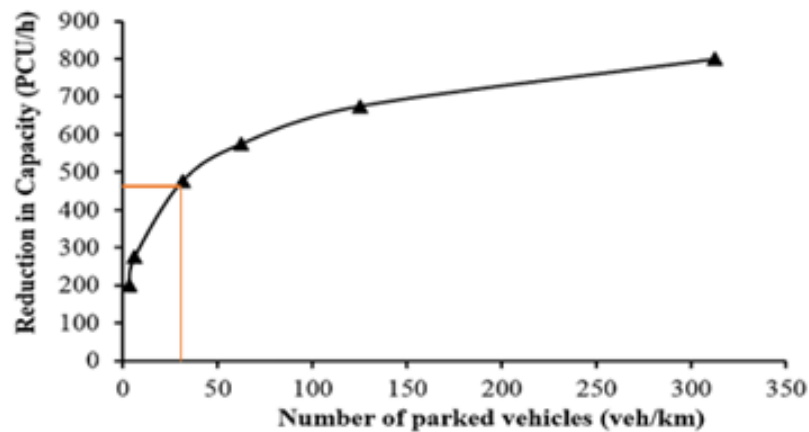
5. Análisis del Déficit de Estacionamientos en la Zona de Estudio

Usando la información sobre capacidad, índice de rotación, tipo de parqueo, número de autos y duración máxima de los estacionamientos públicos en los cuatro sectores específicos (UIS, Plaza de Mercado, San Francisco y La Normal), que se encuentra en la Tabla 9 del estudio realizado por el Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS (2018) y usando las velocidades que se mostraron en la Figura 14 tomadas de Google, se estimó la reducción de capacidad para los tramos mencionados en la tabla anterior.

El número total de vehículos estacionados en el sector en estudio fueron 1029, en 3 horas es en promedio 343 vehículos por hora. En dicho proceso se identificaron 12 tramos viales críticos de estacionamiento en vía. Para el análisis se hizo una distribución uniforme del número de vehículos estacionados por tramo vial, es decir $343/12=29$ vehículos por hora y utilizando la información dada en la Figura 4 mostrada en la sección 3 del artículo, se estimó la reducción de capacidad vial. El resultado se muestra en la Figura 15.:

Figura 15.

Estimación de la reducción de la capacidad Vs. Número de vehículos parqueados.



Nota. Elaborado a partir de (Ministry of transport, 1965, citado en Biswas *et al.*, 2017).

El resultado muestra que debido al estacionamiento en vía se produce una reducción aproximada de 450 vehículos/hora-carril lo cual deja ver el impacto drástico que produce este fenómeno de parqueo en la zona estudiada.

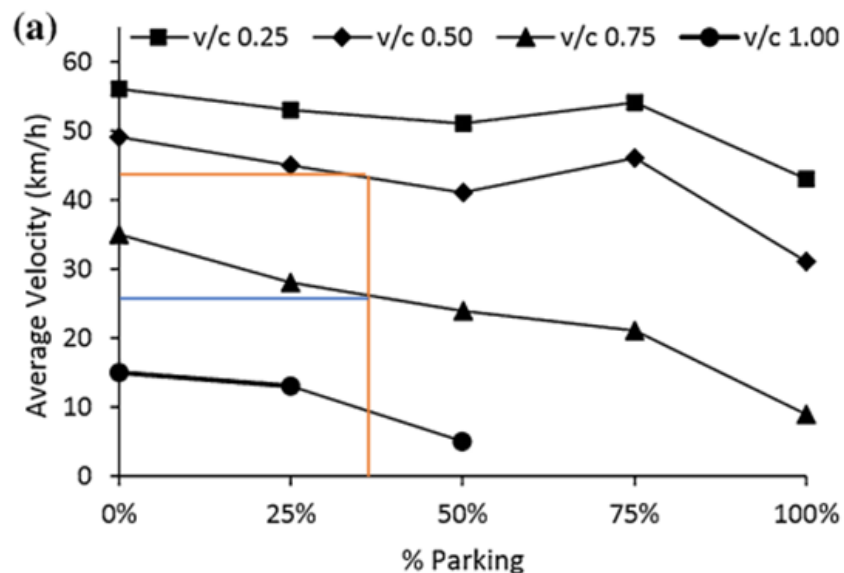
Otro análisis similar realizado corresponde a la reducción de la velocidad debido al estacionamiento en vía usando la información de las Figuras 1 y 2 presentadas en la sección 3 de este artículo. El análisis se hizo para un porcentaje de parqueo en vía entre el 25% y 50% y para una relación v/c (volumen/capacidad) de 0.5 y 0.75 obteniéndose el resultado mostrado en la Figura 16 para vías arteriales de la zona de estudio. Se observa que para una relación v/c de 0.5 la velocidad promedio es de 45 km/h y para una v/c de 0.75 la velocidad promedio es de 25 km/h. En la Figura 17, se muestra que para las vías locales de la zona de estudio para un porcentaje de parqueo en vía entre el 25 y 50% se produce una disminución de la velocidad promedio hasta el valor de 30 km/h para una relación volumen/capacidad de 0.50. Cuando la

relación volumen capacidad de estas vías es de 0.75 la velocidad promedio puede estar alrededor de 18 km/h.

Cabe aclarar que usar estas gráficas sólo nos brinda un indicativo del impacto por el uso de estacionamientos en vía, pero para que el análisis sea más preciso para la zona de estudio se deberían construir dichas gráficas ajustadas y calibradas para la ciudad de Bucaramanga. En este trabajo no fue posible realizar la calibración de las figuras debido a la imposibilidad de tomar información debido a las restricciones por la emergencia sanitaria por la COVID-19.

Figura 16.

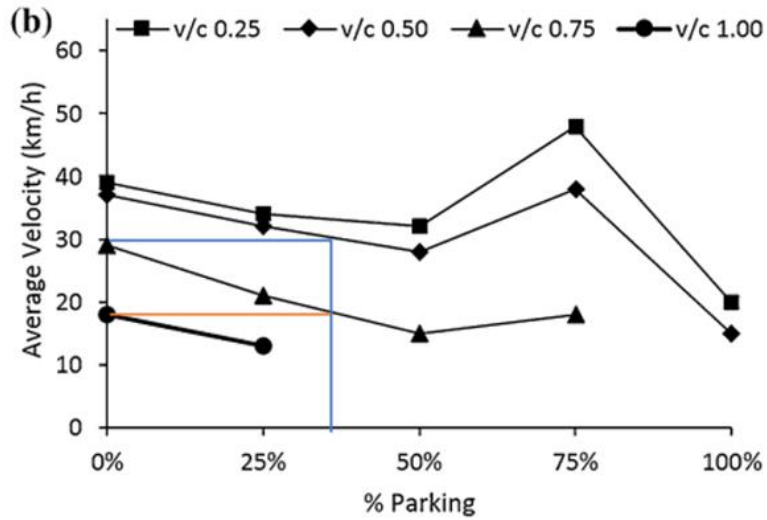
Promedio de Velocidad Vs. Estacionamiento para vías arteriales en la zona de estudio, nivel (a).



Nota. Elaboración propia, a partir de (Marshall *et al.*, 2018, citado en Biswas *et al.*, 2017).

Figura 17.

Promedio de Velocidad Vs. Estacionamiento para vías locales en la zona de estudio, nivel (b).



Nota. Elaboración propia, a partir de (Marshall *et al.*, 2008, citado en Biswas *et al.*, 2017).

El análisis anterior muestra el impacto en la movilidad que genera en la zona de la comuna 3 el estacionamiento en vía y el hecho de que los conductores no usen los estacionamientos públicos de la zona.

6. Conclusiones

Si bien es cierto que los estacionamientos en algunos casos no son suficientes, en otros tantos sí lo son y los usuarios no hacen uso de estos debido a factores como falta de control por parte de las autoridades, desconocimiento de los estacionamientos y la capacidad de estos. Además, muchas veces justifican el no uso de los parqueaderos públicos basados en que el tiempo que van a durar estacionados es corto y no justifica pagar el precio de una plaza de estacionamiento. Otras razones del comportamiento de estacionar en vía están asociadas a falta de cultura vial, en algunos casos los estacionamientos no brindan la seguridad requerida por los usuarios o las tarifas de parqueo son elevadas.

El estacionamiento en las vías tiene efectos positivos, siempre y cuando se permita de forma responsable, es decir, en sectores que no representen ningún riesgo de accidentalidad como cerca de intersecciones, en autopistas, en curvas, en los carriles destinados para transporte público o en ciclo rutas, en la entrada de algún lugar público, entre otros y mientras los autos estacionados lo hagan de forma paralela y no obstruyan la visibilidad de los otros usuarios.

El estacionamiento en vías puede ser favorable con los peatones y comerciantes, siempre y cuando se realice de forma responsable, pero son desfavorables para los vehículos que transitan en el sector. Razón por la cual no sería bueno reducir en su totalidad el estacionamiento en las calles, pero debería reducirse en espacios de alto riesgo de accidentalidad.

Las maniobras de estacionamiento angular son las más peligrosas, ya que obstruyen buena parte de la visibilidad en los conductores que realizan las maniobras, requieren de más espacio, obligatoriamente deben hacer maniobras de reversa e implican que los vehículos que van transitando por la vía deban detenerse mientras que los autos se estacionan. Diferente es el

caso para las maniobras de estacionamiento en paralelo, ya que requieren de menos espacio, aunque a veces demoran más tiempo, permiten una mejor visibilidad a los usuarios y son más amigables con los peatones.

A partir del análisis hecho en este trabajo de investigación, se puede observar que en la zona de estudio el déficit de parqueaderos no existe, ya que los parqueaderos existentes en la zona no son utilizados en su totalidad y las personas prefieren estacionar en vía. Esto último se debe a que algunos usuarios, no tienen conocimiento de la ubicación de los parqueaderos, disminuyendo el espacio para transitar y en su defecto generan congestión vial; mientras otros simplemente prefieren estacionar sus vehículos cerca al lugar de destino.

A pesar de que las gráficas utilizadas para medir la reducción en la capacidad vial del sector en estudio no pertenecen a datos propios del sector, ya que como se mencionó en la sección 5 debido a la emergencia sanitaria del COVID-19 no fue posible tomar información de campo, los resultados obtenidos permiten estimar un impacto tangible sobre la movilidad de la zona como son la reducción de la capacidad de los tramos viales donde el parqueo en vía es recurrente y una reducción en la velocidad promedio de circulación. La reducción de la capacidad vial, debido al estacionamiento en vías, puede llegar hasta 450 vehículos/hora-carril. De manera similar reducciones de velocidad promedio que pueden estar incluso por debajo del 20 km/h

7. Recomendaciones

Partiendo de las conclusiones antes mencionadas, se puede llegar a hacer recomendaciones que podrían servir para disminuir la problemática, entre las que están:

- *Campañas de cultura a los ciudadanos.* Programas educativos que aportan a la seguridad vial y que pueden ser apoyados por la Universidad.
- Más control y fiscalización por parte de las autoridades de tránsito en la zona de estudio.
- *La implementación de parquímetros en la zona.* Definición de zonas legales de estacionamiento en vía (e.g Zonas azules).

Finalmente, como análisis futuros se plantea la realización y calibración de las figuras usadas para estimar los impactos del parqueo en vía. Esto implica una toma de información en la zona de estudio y la posterior generación de gráficas para aplicarlas a cada uno de los tramos viales identificados como críticos por estacionamiento. Asimismo, se debe incluir en análisis futuros los corredores de ciclo rutas que se han construido en los últimos meses en la zona y que cambiarán el comportamiento de los habitantes de la zona y los ciudadanos que lleguen por los diferentes servicios que allí se prestan.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO. (1994). *Policy on geometric design of highways and streets*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2019-2020). *ansv*. Obtenido de <https://ansv.gov.co/observatorio/index.html>
- Aljoufie, M. (19 de Octubre de 2016). Analysis of Illegal Parking Behavior in Jeddah. *Scientific Research Publishing*, págs. 393-408.
- Aronsson, K. (2006). *Speed characteristics of urban streets based on driver*. Estocolmo: Royal Institute of Technology.
- Biswas, S., Chandra, S., & Gosh, I. (2017). Effects of On-Street Parking in Urban Context: A Critical Review. *Transportation in Developing Economies*, 1-12.
- Cao, Y., Yang, Z., & Zuo, Z. (2017). The effect of curb parking on road capacity and traffic safety. *European transport research review*, 1-10.
- Cervero, R. (2002). Induced Travel Demand: Research Design, Empirical Evidence, and Normative Policies. *Journal of planning literature*, 3-20.
- Chen, Q., Wang, Y., & Pan, S. (23 de octubre de 2015). *ASCE*. Obtenido de TRIS: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000293](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000293).
- Chiguma, M. L., & Bang, K. L. (8 de Febrero de 2007). *TRB*. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/801545>
- Cifuentes Ruiz, L. J. (15 de Diciembre de 2016). Modelación de una política de aumento de cobro de parqueaderos incluyendo variables latentes. Caso aplicado al centro de Medellín. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

- Concejo de Bucaramanga. (2019). *concejodebucaramanga*. Obtenido de http://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2019/PROYECTO_DE_ACUERDO_021.pdf
- Cruzate Cruzate, J. R., & Ojeda Cortina, M. J. (2019). *The effects of on-street parking and road environment visual complexity on travel speed and reaction time*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Department CP Annual Report. (2011). *Chicago.gov*. Obtenido de https://www.chicago.gov/city/en/depts/cpb/supp_info/annual_reports.html
- Dirección de tránsito de Bucaramanga. (2018-2019). *Transito Bucaramanga*. Obtenido de <https://www.transitobucaramanga.gov.co/files/2020/estadisticas/230120-accidentalidad-inf-gest-control-vial.pdf>
- Dirección de tránsito de Bucaramanga. (s.f.). *tránsitobucaramanga*. Obtenido de <https://www.transitobucaramanga.gov.co/parque-automotor.php>
- Edquist, J., Rudin Brown, C. M., & Lenné, M. G. (2012). The effects of on-street parking and road environment visual complexity on travel speed and reaction time. *Accident Analysis & Prevention*, 759-765.
- Enríquez López, D. D., & Portocarrero Perlaza, A. F. (2017). *Estudio de factibilidad de un estacionamiento vehicular con un sistema de elevación*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas.
- Fadairo, G. (2013). Traffic Congestion in Akure, Ondo State, Nigeria: Using Federal University of. *International Journal of Arts and Commerce*, 67-76.
- Gonzales Arellano, S. (2013). El sistema automovil: respuesta conceptual a partir de la noción de operador espacial. *Quivera*, 23-42.

- Grupo de Geomática, escuela de ing.civil de la UIS. (2018). *Elaboración de estudio de tránsito y transporte de zona aledaña a la sede principal de la Universidad Industrial de Santander (UIS)*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Guo, H., Wang, W., & Guo, W. (2012). Micro-simulation study on the effect of on-street parking on vehicular flow. En *2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems* (págs. 1840-1845). Anchorage: IEEE.
- Humphreys, J. B., Box, P. C., Sullivan, T. D., & Wheeler, D. J. (Septiembre de 1978). *TRB*. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/150512>
- Ivan, J. N., Garrick, N. W., & Hanson, G. (Noviembre de 2009). *TRB*. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/908463>
- Jakle, J. A., & Sculle, K. A. (2004). *Lots of Parking: Land Use in a Car Culture*. Charlottesville: University of Virginia Press.
- Kladefiras, M., & Antoniou, C. (2013). Simulation-Based Assessment of Double-Parking Impacts on Traffic and Environmental Conditions. *Transportation Research Record*, 121-130.
- Márquez Díaz, L. G., Gallo González, L. A., & Chacón Pérez, C. A. (2011). Influencia del parque en el uso del automóvil en Bogotá. *Revista Ingeniería y Universidad*, 105-124.
- Marshall, W. E., & Garrick, N. W. (2011). Does street network design affect traffic safety? *Accident Analysis & Prevention*, 769-781.
- Marshall, W. E., Garrick, N. W., & Hansen, G. (2008). Reassessing On-Street Parking. *Transportation Research Record*.
- Martinez, G. (2 de Abril de 2020). *Ingeniería y construcción Colombia*. Obtenido de <https://www.ingenieriayconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>

- Ministry of transport. (1965). *Urban traffic engineering techniques*. United Kingdom.
- Moncada, C. A., Bocarejo, J. P., & Escobar, D. A. (2018). Evaluación de Impacto en la motorización como Consecuencia de las Políticas de Restricción Vehicular, Aproximación Metodológica para el caso de Bogotá y Villavicencio - Colombia. *SciELO Analytics*, 161-170.
- Munawar, A. (2011). Speed and Capacity for Urban Roads, Indonesian Experience. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 382-387.
- Plan de desarrollo de Bucaramanga. (2020-2023). *transitobucaramanga*. Obtenido de <https://www.transitobucaramanga.gov.co/files/2020/direccion/230620-Plan-de-Desarrollo-Bucaramanga.pdf>
- Prakash, P., Bandyopadhyaya, R., & Sinha, S. (2020). *Study of Effect of On-Street Parking on Traffic Capacity*. Singapur: Springer.
- Ramanujam, M., Ramanujam, M., Moussavi, M., & Ballard, j. L. (1990). Safety comparison of types of parking on urban streets in Nebraska. *Transportation Research Record*, 28-41.
- Reddy, R., Rao, S., & Rao, C. (2008). Modelling and evaluation patterns on the impact of on-street parking in reference to traffic mobility. *Indian Road Congress*, 101-109.
- Rudjanakanoknad, J. (2010). Analysis of Factors Affecting Street Bottleneck Capacity through Oblique Cumulative Plots. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 1621-1631.
- Spiliopoulou, C., & Antoniou, C. (2012). *Analysis of illegal parking behavior in Greece*. Atenas: ELSEVIER.
- Thomson, I., & Bull, A. (2001). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. *CEPAL*.

- Tzouras, P., & Pérez Lázaro, C. (2018). *Illegal parking in urban streets: connection with the geometric characteristics and safety impacts*. TU Delft Research Portal.
- Unit LAA. (1995). *Annual Report 1994*. London: London Research Centre.
- Unit LRS. (2012). *Unit LRS Collisions and casualties*. London: Transport for London.
- Wang, J. (Mayo de 2006). *proquest*. Obtenido de <https://search.proquest.com/openview/468b0f5235ce14bea64c339ed9d858bd/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Weant, R. A., & Levinson, H. S. (1990). *TRID*. Obtenido de <https://trid.trb.org/view/349128>
- Wijayaratna, S. (2015). Impacts of on-street parking on road capacity. En *Australasian Transport Research Forum* (págs. 1-15). Sydney: Australasian Transport Research Forum 2015 Proceedings.
- Yousif, S. (1999). A study into on-street parking: effects on traffic congestion. *Traffic engineering and control*.