

Determinación de factores de conversión de motocicletas a autos livianos en los municipios de
Floridablanca, Girón y Piedecuesta (complemento).

Yoni Andrés Suárez Rodríguez

Proyecto de grado presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Director

Luis David Arévalo Durán

Ingeniero Civil. Especialista.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Civil

Bucaramanga

2021

Agradecimientos

*A Dios, quien me acompaña siempre y que me ha permitido obtener varios logros en mi vida,
disfrutando de cada instante vivido.*

*A mi mamá María Rodríguez, por desear y ayudarme a que me convirtiera en un profesional,
por sus sueños de brindarme junto a mi hermano educación.*

*A mi Papa Humberto Suarez, por su apoyo en mis proyectos, a mi Madrina Cecilia Torres por
su apoyo fundamental, a Tío Hernando Rodríguez por su apoyo, a mi hermano Nelson Suarez
por sus consejos y ayuda, a mi hermana Mery Suarez y su esposo Marlon Ballen quienes
hicieron más ameno mi paso por la universidad, a mis hermanas y demás familiares por su
apoyo.*

*A mi director de proyecto Luis David Arévalo por su colaboración y apoyo en la ejecución de
este proyecto, al profesor Álvaro Viviescas quien me brindo su confianza y apoyo a lo largo de
mi carrera.*

*A la Escuela de Ingeniería Civil, sus profesores y a la Universidad Industrial de Santander por
acogerme y permitirme disfrutar de sus programas y espacios de conocimientos.*

Por ultimo y no menos importante, quiero agradecerme a mi...

Yoni Andrés Suarez Rodríguez

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Objetivos	15
1.1. Objetivo General	15
1.2. Objetivos Específicos.....	15
2. Descripción de la zona de estudio.....	16
3. Metodología de la investigación	20
3.1 Establecer puntos y franjas horarias para los aforos	21
3.2 Definición de formato para toma de datos de los Aforos	21
3.3 Tipo de vehículos aforados.	22
4. Análisis del estado del arte.....	25
4.1 Estudios a nivel internacional.	25
4.2 Estudios a nivel nacional.....	27
4.3 Problemática local.....	28
4.4 Metodologías para hallar factores de conversión o equivalencia.....	29
4.4.1 Factor basado en las demoras.....	29
4.4.2 Factor basado en los intervalos	30
4.4.3 Factor basado en tasa de flujo y densidades	30
4.4.4 Factor basado en la velocidad	31
4.4.5 Factor basado en la velocidad y el área proyectada	32

4.4.6 Factor basado en la velocidad y el espacio efectivo	33
5. Análisis de datos	34
5.1 Descripción de los NDS de acuerdo con las velocidades de operación.....	34
5.2. Estudio de volúmenes vehiculares y análisis de congestionamiento.	38
5.2.1 Cálculo de volúmenes primer punto Floridablanca	38
5.2.2 Cálculo de volúmenes tercer punto Floridablanca.....	42
5.2.3 Cálculo de volúmenes primer punto Girón	43
5.2.4 Cálculo de volúmenes segundo punto Girón	45
5.2.5 Cálculo de volúmenes tercer punto Girón.....	46
5.2.6 Cálculo de volúmenes primer punto Piedecuesta.....	48
5.2.7 Cálculo de volúmenes segundo punto Piedecuesta.....	49
5.2.8 Cálculo de volúmenes tercer punto Piedecuesta	51
5.3 Factor de conversion	53
5.3.1. Localización de los sectores viales	53
5.3.2 Material Video – Grafico	53
5.3.3 Procesamiento Manual	54
6. Conclusiones	68
7. Recomendaciones.....	71
Referencias Bibliográficas	72
Apéndices.....	74

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Primer punto analizado en Floridablanca	17
Figura 2. Segundo punto analizado en Floridablanca	17
Figura 3. Tercer punto analizado en Floridablanca.....	17
Figura 4. Primer punto analizado en Girón.....	18
Figura 5. Segundo punto analizado en Girón.....	18
Figura 6. Tercer punto analizado en Girón.	19
Figura 7. Primer punto analizado en Piedecuesta.	19
Figura 8. Segundo punto analizado en Piedecuesta	20
Figura 9. Tercer punto analizado en Piedecuesta.....	20
Figura 10. Formato de Aforo hora pico con volúmenes de tránsito	22
Figura 11. Tipo de vehículos analizados.....	23
Figura 12. composición vehicular en el municipio de Floridablanca	24
Figura 13. Composición vehicular en el municipio de Girón	24
Figura 14. Composición vehicular en el municipio de Piedecuesta	25
Figura 15. Factor moto-equivalente.	28
Figura 16. Modelo de densidad-flujo de Greenshields.	31
Figura 17. Ejemplo de espacio efectivo.	35
Figura 18. Cálculo de tiempos por vehículo en el software Kinovea, para determinar velocidades de los automoviles.....	35

Figura 19. Volumen vehicular primer punto Floridablanca.....	39
Figura 20. Volumen vehicular segundo punto Floridablanca.	41
Figura 21. Calculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Floridablanca	41
Figura 22. Volumen vehicular tercer punto Floridablanca	42
Figura 23. Volumen vehicular primer punto Girón	44
Figura 25. Volumen vehicular segundo punto Girón.....	45
Figura 26. Volumen vehicular tercer punto Girón	47
Figura 27. Volumen vehicular primer punto Piedecuesta.....	48
Figura 28. Volumen vehicular segundo punto Piedecuesta	50
Figura 29. Volumen vehicular tercer punto Piedecuesta	52
Figura 30. Determinación área efectiva de un vehículo liviano en el software Kinovea.....	54
Figura 31. Valores de velocidad y espacio efectivo para graficar en el software Excel.....	55
Figura 32. Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Floridablanca	55
Figura 33. Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Floridablanca.	56
Figura 34. Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Floridablanca	56
Figura 35. Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Floridablanca.....	57
Figura 36. Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Girón.....	57
Figura 37. Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Girón	58
Figura 38. Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Girón	58
Figura 39. Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Girón	59
Figura 40. Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Piedecuesta	59
Figura 41. Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Piedecuesta.	60
Figura 42. Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Piedecuesta.....	60

Figura 43. Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Piedecuesta..... 61

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Factores moto-equivalentes hallados en Hanói, Vietnam _ Nagaoka University.....	26
Tabla 2. Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado.	36
Tabla 3. Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado.....	36
Tabla 4. Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado.....	36
Tabla 5. Niveles de servicio para vías urbanas en función de las velocidades.	37
Tabla 6. Determinación de niveles de servicio para puntos analizados en función de las velocidades.....	37
Tabla 7. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Floridablanca.....	39
Tabla 8. Calculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Floridablanca	40
Tabla 9. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Floridablanca.....	40
Tabla 10. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Floridablanca.....	42
Tabla 11. Calculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Floridablanca.....	43
Tabla 12. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Girón.....	43
Tabla 13. Calculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Girón	44
Tabla 14. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Girón.....	45
Tabla 15. Calculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Girón	46

Tabla 16. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Girón.	46
Tabla 17. Calculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Girón	47
Tabla 18. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Piedecuesta.....	48
Tabla 19. Calculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Piedecuesta.	49
Tabla 20. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Piedecuesta.....	49
Tabla 21. Calculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Piedecuesta.....	50
Tabla 22. Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Piedecuesta.....	51
Tabla 23. Calculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Piedecuesta	52
Tabla 24. Ecuaciones de línea de tendencia para cada municipio en general.....	61
Tabla 25. Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Floridablanca.....	62
Tabla 26. Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón.	63
Tabla 27. Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón.	63
Tabla 28. Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Floridablanca.	64
Tabla 29. Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón	65
Tabla 30. Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Piedecuesta. ..	65
Tabla 31. Valores de velocidades promedio de los autos livianos por municipio analizado.....	66
Tabla 32. Valores de los Factores de conversión para cada municipio	67
Tabla 33. Comparación factores de conversión de cada municipio con investigación precedente existente.	68

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Aforos vehiculares en el municipio de Floridablanca.	74
Apéndice B. Aforo vehicular segundo punto – Floridablanca.....	75
Apéndice C Aforo vehicular tercer punto – Floridablanca.....	76
Apéndice D. Aforo vehicular primer punto – Girón.....	77
Apéndice E. Aforo vehicular segundo punto – Girón.....	78
Apéndice F. Aforo vehicular tercer punto – Girón.....	79
Apéndice G. Aforo vehicular primer punto – Piedecuesta.....	80
Apéndice H. Aforo vehicular primer segundo– Piedecuesta.....	81
Apéndice I. Aforo vehicular tercer punto – Piedecuesta.	82

Resumen

Título: Determinación de factores de conversión de motocicletas a autos livianos en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta (complemento)*.

Autor: Yoni Andrés Suárez Rodríguez**

Palabras clave: Motocicletas, Autos livianos, movilidad, factor de conversión.

Descripción

Hasta el mes de mayo del presente, el Registro Único Nacional de Tránsito (RUNT) contaba con un crecimiento del 5% en los registros de las motocicletas presentes en el territorio colombiano; un total de 9'419.374 motocicletas circulando por el país, cifra que supera a la cantidad total sumada de autos, volquetas, camiones y buses en Colombia. Esta cifra equivale al 59% de los vehículos registrados en las plataformas de movilidad, donde a nivel regional Girón-Santander es el quinto municipio con más motocicletas matriculadas (Portafolio, 2021). Con la correcta aplicación de la Ingeniería de tránsito, basados principalmente en aforos, recolección y análisis de datos de campo, podemos determinar una equivalencia de Motocicletas a Autos livianos que circulan por un lugar en específico, equivalencia que nos permite tener finalmente en cuenta las motocicletas como agente importante en la toma de decisiones que tengan que ver con la movilidad vial, debido a que estas no eran tenidas en cuenta por su reducido tamaño y peso en comparación a los automóviles hace varios años, sin embargo la cantidad de motocicletas circulando en las vías para esos tiempos era insignificante para lo que representaba del total del parque automotor.

En complemento se determina el factor de equivalencia en los municipios de Piedecuesta, Girón y Floridablanca respectivamente, tras la reapertura total del comercio y el funcionamiento de actividades presenciales de las entidades públicas en Santander desde el mes de junio que debido a la pandemia provocada por el virus Covid-19 dichos municipios presentaban restricciones de movilidad (Alvarado Ríos, 2021).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Durán Ingeniero Civil. Especialista.

Abstract

Title: Determination of factors of conversion of motorcycles to light cars in the municipalities of Floridablanca, Girón and Piedecuesta (complement)*.

Author: Yoni Andrés Suárez Rodríguez**

Keywords: Motorcycles, standard cars, mobility, conversion factor.

Description

Until the month of May of the present, the Unique National Registry of Transit (RUNT) counted on a growth of 5% in the registries of the motorcycles present in the Colombian territory; a total of 9,419,374 motorcycles circulating in the country, a figure that exceeds the total amount of cars, dump trucks, trucks and buses in Colombia. This figure is equivalent to 59% of the vehicles registered in the mobility platforms, where Girón-Santander is the fifth municipality with the most registered motorcycles at the regional level (Portafolio, 2021). With the correct application of traffic engineering, based mainly on gauges, collection and analysis of field data, we can determine an equivalence of Motorcycles to Light Cars that circulate in a specific place, an equivalence that allows us to finally take motorcycles into account. as an important agent in making decisions that have to do with road mobility, because these were not taken into account due to their reduced size and weight compared to cars several years ago, however the number of motorcycles circulating in the roads for those times was insignificant for what it represented of the total vehicle fleet.

In addition, the equivalence factor is determined in the municipalities of Piedecuesta, Girón and Floridablanca respectively, after the total reopening of commerce and the operation of face-to-face activities of public entities in Santander since June due to the pandemic caused by the Covid-19 virus said municipalities had mobility restrictions (Alvarado Ríos, 2021).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas Escuela de Ingeniería Civil Director Luis David Arévalo Durán Ingeniero Civil. Especialista.

Introducción

En las últimas décadas, en gran parte de los países subdesarrollados de Latinoamérica como Brasil, Argentina y Colombia; y en países como India, China, Indonesia, Vietnam, Pakistán, Tailandia, entre otros (FórmulaMoto, 2021) se ha incrementado el número de ventas de motocicletas y por ende su utilización masiva. Las causas principales del aumento se deben a que es un vehículo muy práctico donde las personas empiezan a tener relación en su uso mediante la bicicleta, además de su bajo costo de adquisición, en comparación con un vehículo auto motor que brinda la misma función de desplazamiento, pero de forma más segura, cómoda y colectiva.

En Colombia el número de motocicletas circulando por las redes viales se hace muy notorio, requiriendo así la realización de estudios que permita tener en cuenta este tipo de vehículo en los análisis viales, en estudios de congestión, en diseños viales, estudios de capacidad y nivel de servicio, así como de seguridad vial.

A nivel nacional se han realizado estudios que determinan un factor de conversión existente de motocicletas a autos livianos con el fin de representar y tener en cuenta este medio de transporte común. En los municipios de Floridablanca, girón y Piedecuesta (Santander-Colombia) se determinaron factores de conversión en puntos donde se presentaba la mayor congestión en los horarios de máxima demanda vehicular, sin embargo, dichos estudios se realizaron para el mes de abril del presente cuando aún se presentaban restricciones debido a la pandemia del Covid 19 en los diferentes establecimientos y para el personal laboral de estos municipios, modificando así la normalidad de circulación por sus ejes viales (Blu Radio, 2021).

En la presente investigación se realiza una complementación, a los estudios ya realizados, basados en recolección y análisis de datos recolectados en circunstancias y tiempos diferentes que generaron cambios sustanciales en el volumen, velocidad y densidad vehicular en los puntos analizados, realizando una comparación entre los factores hallados que variaron. Los nuevos estudios se realizaron en el mes de agosto del presente donde se había retornado a la normalidad en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, así como en la ciudad de Bucaramanga destino de la mayoría de las personas para laborar y realizar compras (Vanguardia Liberal, 2021).

El objetivo general es hallar un factor de conversión que permita determinar la equivalencia entre motocicletas y autos livianos en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, teniendo en cuenta que no se puede hablar de un solo factor ya que depende de las condiciones en que se realizan los estudios, los cuales siempre varían como lo es en este caso de complemento donde se basó en la reapertura de la economía en los municipios estudiados.

Para determinar los factores se realizaron aforos vehiculares, así como también la recolección de muestras audiovisuales registrando el flujo vehicular presente para poder analizar velocidades, volúmenes y espacios efectivos de cada punto aforado. Las velocidades varían dependiendo del tipo de flujo presente, así como del volumen de vehículos transitando, así mismo los espacios efectivos, que son el espacio necesario ocupado por un vehículo más el espacio adicional necesario para movilizarse a una velocidad determinada en una calzada, también cambiaron en pequeña medida (Yarce-Marín., 2015).

Los objetivos específicos para desarrollar son la realización de aforos, el análisis del impacto de la motocicleta en el tráfico, la determinación del nivel de servicio y capacidad en las vías y finalmente un estado del arte con el estudio de metodologías usadas para la determinación de factores de conversión, así como aplicar la más adecuada para este estudio. La estructuración

del documento consta de un resumen, una introducción, corta descripción de los puntos aforados, análisis del estado del arte, metodología / análisis de datos, conclusiones y recomendaciones.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Determinar un factor de conversión que permita establecer la equivalencia entre motocicletas y autos livianos en vías urbanas específicas e identificadas de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

1.2. Objetivos Específicos

Realizar tres aforos vehiculares en cada uno de los tres municipios (Floridablanca, Girón y Piedecuesta), que permitan establecer muestras representativas de su flujo vehicular en vías urbanas de mayor tráfico.

Analizar el impacto de la motocicleta en el tráfico dentro del sistema vial de estos municipios colombianos, de acuerdo con los aforos vehiculares.

Determinar el nivel de servicio y capacidad en las vías urbanas identificadas según los tres aforos, de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Estudiar metodologías usadas para la determinación de factores de equivalencia entre motocicletas y autos livianos, y recomendar la más apropiada según el tráfico de dichos municipios.

2. Descripción de la zona de estudio

En el desarrollo de esta investigación, se eligieron 3 localizaciones diferentes por municipio con las siguientes características:

- Contar con un flujo representativo de circulación vehicular de cada municipio.
- Contar con semaforización cercana.
- No poseer obstrucciones visuales como vegetación, para poder tomar las muestras

audiovisuales de la forma más idónea.

En total se aforaron 9 localizaciones para el proyecto, las cuales se ubican en:

✓ **Floridablanca.**

- *Av. El Tejar entre Calle 126-Cra 45 (Sur-Norte).*

Figura 1

Primer punto analizado en Floridablanca.



- *Cra 8 entre calles 5-6 (Sur-Norte).*

Figura 2.

Segundo punto analizado en Floridablanca.



- *Tv el Bosque frente a la clínica Ardila Lülle (Oeste-Este).*

Figura 3.

Tercer punto analizado en Floridablanca.



- ✓ **Girón.**
- *Av. Los Caneyes frente a Metro (Oeste-Este).*

Figura 4.

Primer punto analizado en Girón.



- *Cra 26 entre Calle 18-19 (Norte - Sur).*

Figura 5.

Segundo punto analizado en Girón.



- *Calle 44 entre Cra 23-26 (Este-Oeste).*

Figura 6.

Tercer punto analizado en Girón.



✓ **Piedecuesta.**

- *Calle 10 entre Cra 7-8 (Oeste-Este)*

Figura 7.

Primer punto analizado en Piedecuesta.



- *Cra 6 entre ClI 9-10 (Norte-Sur)*

Figura 8.

Segundo punto analizado en Piedecuesta.



- *Diagonal 6, Frente a Parque Temático. Sentido Norte-Sur.*

Figura 9.

Tercer punto analizado en Piedecuesta.



3. Metodología de la investigación

Cumpliendo con la metodología establecida para la investigación, se desarrollaron aforos vehiculares en nueve sectores pertenecientes a los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta (tres sectores por municipio), los cuales contaban con el mayor flujo vehicular de cada

municipio. Así mismo se describe el nivel de servicio para los sectores estudiados, se realizan estudios de volumen de tránsito y de congestiónamiento vehicular.

Utilizando la metodología descrita en el año 2009 por Chu Cong, se desarrolla la presente investigación para determinar los factores de conversión de motocicletas a autos livianos en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta. Para este desarrollo se contó con el análisis de datos recolectados en campo, mediante softwares como Excel y el programa versión gratuita Kinovea; así como también se realizó investigación del estado del arte sobre los métodos de determinación de factores de conversión.

3.1 Establecer puntos y franjas horarias para los aforos

Los aforos se realizan en 3 puntos diferentes por cada municipio de Floridablanca, Girón y Piedecuesta mencionados anteriormente, en días laborales y en puntos estratégicos donde se analizaron en los horarios pico comprendidos en franjas horarias de 6:00 am a 9:00 am, 11:30 am a 2:30 pm y 5:00 pm a 8:00 pm.

3.2 Definición de formato para toma de datos de los Aforos

Mediante la colaboración de 4 personas capacitadas, se realizó la toma de aforos vehiculares en cada uno de los 9 puntos. El conteo consto de una persona encargada de registrar la cantidad de taxis y camiones, otra del registro de motocicletas, otra persona encargada de buses - busetas y una última para el registro de la cantidad de vehículos particulares y bicicletas.

El formato base utilizado para la recolección de datos, fue adaptado de un formato guía del ministerio de transporte donde se realizan toma de datos en intervalos de 15 minutos.

Figura 10.

Formato de Aforo hora pico con volúmenes de tránsito

FOPRMULARIO N°2								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Cra 8 entre calles 5-6.					ESTACIÓN: Segundo punto.			
SENTIDO: Sur - Norte.					DÍA: Miércoles.			
UBICACIÓN: Floridablanca - Santander.					FECHA: 11/08/2021			
HORA	TAXIS	PARTICULARES	BUSES	BUSETAS	C-2P	MOTOS	CICLAS	TOTAL
11:30 AM - 11:45 AM								
11:45 AM - 12:00 M								
12:00 M - 12:15 PM								
12:15 PM - 12:30 PM								
12:30 PM - 12:45 PM								
12:45 PM - 1:00 PM								
1:00PM - 1:15 PM								
1:15PM - 1:30 PM								
1:30 PM - 1:45 PM								
1:45 PM - 2:00 PM								
2:00PM - 2:15 PM								
2:15PM - 2:30 PM								
TOTAL								

En los anexos se muestra el resultado de los aforos para cada uno de los nueve puntos respectivamente de cada ciudad analizada.

3.3 Tipo de vehículos aforados.

Los tipos de vehículos aforados en la investigación son.

- Motocicletas.
- Vehículos particulares.
- Taxis.
- Busetas.
- Buses.

- Bicicletas.
- Camiones C-2P.

De los nueve puntos aforados, solamente el primer punto de Piedecuesta contaba con el servicio masivo de Metrolínea por medio de busetas alimentadoras, sin embargo, para la fecha del aforo la empresa Metrolínea había dejado de prestar el servicio para las rutas alimentadoras en dicho municipio, desde el mes de Junio (RCN Radio, 2021) del presente, por lo que este tipo de vehículos no se incluyó en el formato de aforos.

Figura 11.

Tipo de vehículos analizados



Tras la realización de los aforos y su respectivo análisis, se encontró que la motocicleta casi logra representar el 50% del total de vehículos circulantes por las vías analizadas.

En los tres municipios estudiados, la motocicleta logra impactar de manera directa en el tráfico presente ocasionando una reducción en las velocidades de los automóviles y una mayor congestión vehicular dependiendo del periodo de tiempo en estudio.

Dicha presencia masiva de motocicletas se ilustra en las siguientes figuras de composición vehicular por municipio.

Figura 12.

composición vehicular en el municipio de Floridablanca

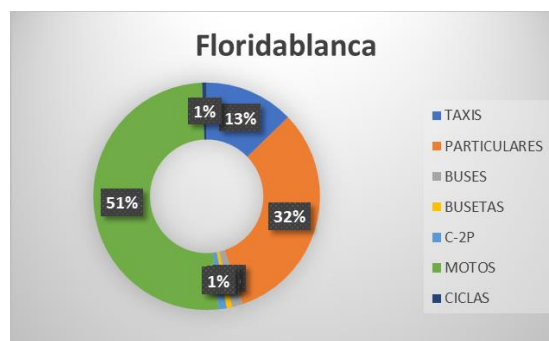


Figura 13.

Composición vehicular en el municipio de Girón

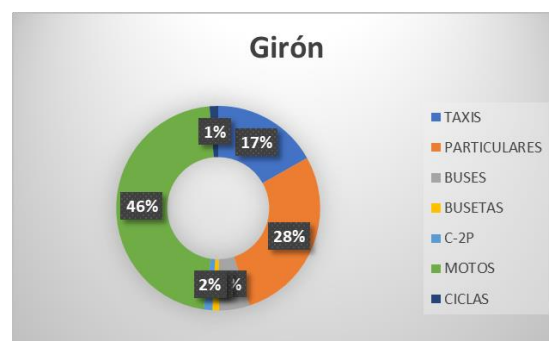
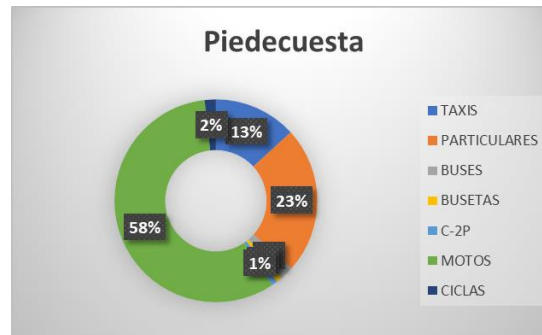


Figura 14.

Composición vehicular en el municipio de Piedecuesta



4. Análisis del estado del arte

En la revisión de la literatura de los diferentes estudios de investigación que se han realizado a nivel mundial sobre la determinación de factores de conversión entre vehículos, se encontró que se han realizado estudios teóricos y prácticos en diferentes ciudades del mundo, dando como resultado diversas formas de calcular los factores dependiendo de las condiciones que intervienen para cada análisis en específico. Se logra clasificar en los siguientes grupos:

4.1 Estudios a nivel internacional.

En la ciudad de Hanoi vietnam se realizó un estudio por parte de Chu Cong en 2005 para analizar la velocidad, el flujo y el tránsito de motocicletas, implementando fórmulas matemáticas y estadísticas, Test F y T, donde se analiza la velocidad media de las motocicletas en diferentes

lugares. En este estudio se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), donde se determinó que en carriles exclusivos para motocicletas se desarrolla una mayor velocidad media comparado con los carriles donde transitan vehículos de diferentes características. Los resultados de este estudio presentan factores de conversión a la unidad de las motociclistas en dos secciones viales (Chu Cong, Kazushi, & Shoji, 2005).

Tabla 1.

Factores moto-equivalentes hallados en Hanói, Vietnam _ Nagaoka University

Section	Cycle	MCU for vehicle type			
		Motor-cycle	Car	Mini-bus	Bus
3	1.65	1.00	3.8	10.5	20.2
4	1.67	1.00	3.6	9.50	19.6

Nota. Tomado de: (Chu Cong, et al., 2005).

Chu Cong en el año 2009 realizó un nuevo estudio para tres vías en Hanoi aplicando el software SEV el cual trabaja en función de la resolución de los megapíxeles y realizando un análisis detallado para verificar los resultados, donde se obtienen expresiones que describen características dinámicas de vehículos en movimiento. También se estudia la ocupación de las motocicletas en las vías donde se sacan unas relaciones con los otros tipos de vehículos para estimar factores de equivalencia (Chu Cong, Kazushi, Tran Thanh, & Shoji, 2009).

Otra investigación fue realizada en la ciudad de Bangkok para determinar los efectos de las motocicletas en las intersecciones y analizar el tiempo requerido para que la intersección sea despejada. Para este estudio se implementó el modelo de simulación MixTrafSIM (Transito mixto); con él se obtiene el tiempo que se pierde al iniciar la marcha en un flujo saturado, donde se obtuvieron resultados cuando no hay presencia de motocicletas el tiempo es 1.88s y cuando hay

presencia de motocicletas es de 1.89s, concluyendo que la presencia de motocicletas no presenta una afectación significativa (Songsakdi, Rongviriyapanich, & Sompakdee, 2010).

Kazushi y Chu Cong analizaron los efectos de la motocicleta con relación al flujo de saturación en intersecciones semaforizadas en países como Tailandia y Vietnam, en las ciudades de Bangkok y Hanói. Donde se relaciona el comportamiento del flujo de saturación con los tiempos perdidos de la puesta en marcha de los vehículos. Trabajando con un modelo de regresión lineal con relación a las variables del flujo de saturación y un modelo no lineal para comparar flujos de saturación de motocicletas vs automóviles y se obtienen unos factores de equivalencia en automóviles para motocicleta (kazushi & Chu Cong, 2001).

4.2 Estudios a nivel nacional.

En el año 2014 Velandia Siachoque, desarrolla una investigación donde obtiene un factor de equivalencia de motocicleta a automóvil liviano de 0.16 para velocidades mayores a 10 km/h (Velandia, 2014) y 0.08 cuando las velocidades son menores a este valor “Criterios metodológicos para involucrar el factor motocicleta en los estudios de tránsito en Bogotá” en vías de 5 carriles. Para vías de 2 carriles el factor de equivalencia encontrado para velocidades mayores a 10km/h es igualmente de 0.16 y en condiciones de velocidades bajas un factor de 0.04. La investigación concluye que la metodología propuesta aplica para corrientes vehiculares en donde la velocidad de los autos este dentro de los 10 km/h y los 100 km/h (Velandia, 2014).

Con la investigación “determinación del factor de motocicletas en flujo interrumpido en vías con pendientes 0% de 3 carriles en Colombia”,2014, la cual se realizó en la ciudad de

Medellín, el factor observado en flujo estable es de 0.29 y en flujo inestable fue de 0.05 (Peña, 2014).

Con la investigación “Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicleta. Aplicado en la ciudad de Medellín” se propone un método que está en función de la velocidad y el espacio efectivo que presentan los automotores al moverse. El factor de conversión de motocicletas a auto liviano fue de 0.4 (Yarce-Marín., 2015).

Figura 15.

Factor moto-equivalente.

	Carrera 63 (Avenida Regional)	Carrera 64C (Autopista Norte)
Motocicleta	1.0	1.0
Auto pequeño	2.4	2.3
Auto grande	2.3	2.8
Camión	3.5	3.0
Minibús	-	-
Bus	-	3.7

Nota. Tomado de: Yuli Gabriela Yarce Marín.

4.3 Problemática local

Las motocicletas han tenido una gran acogida en el país pues son un medio de movilización económico y versátil, cada día hay más facilidades para que las personas puedan adquirir este tipo de vehículos, de igual forma esto ha causado que cada día sea mayor el número de motocicletas en las calles y al igual que los autos particulares esto afecta la movilidad en las grandes ciudades, esto se ve reflejado en ciudades como Floridablanca, Girón y Piedecuesta pues se llega a un punto donde no es sostenible y se convierte en un gran problema. Para el año 2020 en enero a nivel

nacional se vendieron 52.055 unidades (Redacción Motor, 2021) lo que represento un crecimiento del 10.1% en comparación al año 2019 que fue de 47.798 motocicletas vendidas.

Como vemos en estas ciudades (Floridablanca, Girón y Piedecuesta) las motocicletas representan un porcentaje considerable del tránsito vehicular, cuando se realicen estudios en este campo no se contempla a la motocicleta como un vehículo liviano, dado que su comportamiento es muy diferente, con el propósito de medir su impacto en las vías en los estudios de congestiónamiento se requiere establecer equivalencias de autos, buses, etc.

4.4 Metodologías para hallar factores de conversión o equivalencia

Para calcular el factor de equivalencia existen diferentes métodos, los cuales dependen de los parámetros que se consideran en el análisis, pueden presentar diferentes resultados y se clasifican según la variable del tráfico en que se basan.

4.4.1 Factor basado en las demoras

En este método analiza las demoras de diferentes tipos de vehículos, dado que un automóvil liviano puede movilizar de forma más ágil comparado con otros tipos de vehículos que puede hacer que el tráfico sea más lento.

Fue desarrollado por Cunagin & Messer (1983).

$$PCE = \frac{D_{ij} - D_{base}}{D_{base}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

PCE: Factor de equivalencia vehicular.

D_{ij} : Demora del vehículo ligero respecto al tipo de vehículo i , bajo las condiciones j .

D_{base} : Demora del automóvil liviano con respecto al vehículo más lento.

4.4.2 Factor basado en los intervalos

Este método empezó a ser utilizado en 1947 por Greenshields donde compara el intervalo del vehículo i con el intervalo de un automóvil liviano, con esta relación se puede determinar el factor de equivalencia, el intervalo es el tiempo entre la defensa trasera de dos vehículos.

$$PCU_i = \frac{H_i}{H_c} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

PCU: Unidad de automóvil del vehículo tipo i .

H_i : Intervalo del vehículo tipo i .

H_c : Intervalo del automóvil liviano.

4.4.3 Factor basado en tasa de flujo y densidades

Por medio de este método, Huber (1982) sugiere para calcular el factor en vías multicarriles donde se considera un flujo mixto (q_m) comparado con un flujo homogéneo de solo automóviles livianos (q_b), donde se tiene una relación entre los volúmenes de estos tipos de flujo en algún nivel común de impedancia. Los valores de (q_m) y (q_d) se obtienen por medio de modelos de densidad flujo de Greenshield.

$$PCE = \frac{1}{p_t} \left(\frac{q_b}{q_m} - 1 \right) + 1 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

PCE: Factor de equivalencia vehicular.

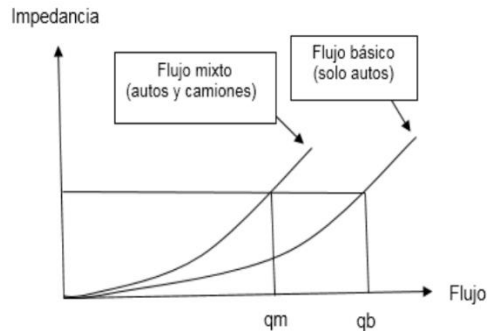
q_b : Flujo básico solo con autos livianos

q_m : Flujo mixto

p_t : fracción de otro tipo de vehículos

Figura 16.

Modelo de densidad-flujo de Greenshields.



Nota. Tomado de: Huber (1982).

La densidad está relacionada con el espaciamiento entre vehículos y la tasa de flujo está dada por la cantidad de vehículos que transitan por cierto punto en determinado tiempo.

4.4.4 Factor basado en la velocidad

Se estudia como la presencia de diferentes tipos de vehículos afectan la velocidad promedio de los automóviles livianos en su tránsito normal.

$$PCE = 1 + \left(\frac{S_b + S_m}{S_b} \right) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde:

PCE: Factor de equivalencia vehicular.

S_b : velocidad promedio de los automóviles en flujo con solo automóviles livianos.

S_m : velocidad promedio de los automóviles en flujo con otro tipo de vehículos.

4.4.5 Factor basado en la velocidad y el área proyectada

En este caso, Chandra & Sikdar (2000) determina que el factor de conversión es proporcional a la relación de velocidad e inversamente proporcional a la relación del área ocupada en comparación al auto liviano.

$$PCE = \frac{\frac{V_c}{V_i}}{\frac{A_c}{A_i}} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Donde:

V_c : Velocidad media del automóvil liviano.

V_i : Velocidad media del vehículo tipo i.

A_c : Área proyectada del automóvil liviano.

A_i : Área proyectada del vehículo tipo i.

Se tiene en cuenta un nuevo factor, el intervalo promedio F_h .

$$PCE = \frac{h_i}{h_c} \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$PCU = F_v * F_h * F_a \quad \text{Ecuación (7)}$$

$$F_v = \frac{V_c}{V_i} \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$F_a = \frac{A_i}{A_c} \quad \text{Ecuación (9)}$$

A pesar de que este método se ajusta al tráfico mixto que se presenta en los municipios en estudio, en las vías estudiadas las motocicletas presentan un comportamiento errático, con maniobras donde la motocicleta va de un lado para otro ocupando una mayor área.

4.4.6 Factor basado en la velocidad y el espacio efectivo

En este caso el factor de equivalencia está en función de las características dinámicas de los vehículos. Chu et al. (2009).

$$MCU_{ka} = \frac{S_{ka}(V_{ka})}{S_{mc}(V_{ka})} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde:

MCU_{ka} : Factor moto-equivalente para el vehículo Ka.

S_{ka} : Espacio efectivo del vehículo Ka en una velocidad V_{ka} (m²).

S_{mc} : Espacio efectivo de la motocicleta en una velocidad V_{ka} (m²).

Los espacios efectivos como se muestra están en función de la velocidad del vehículo (m/s). Según los métodos analizados para determinar los factores de equivalencia este último es el que mejor se adapta a los puntos de análisis de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, donde el mayor porcentaje del tráfico lo componen las motocicletas.

5. Análisis de datos

Los niveles de servicio (NDS) son una medida cualitativa que permite describir las condiciones operativas de circulación vehicular, así como también toma en cuenta la opinión de conductores y pasajeros. El Highway Capacity Manual (HCM) 2000 define seis niveles de servicio identificados por las letras desde la A hasta la F, donde la primera representa un flujo libre, con calificativo excelente, y la última un flujo totalmente obstaculizado con calificativo de pésimo (Vega, 2018).

Existe la metodología de determinar los NDS por medio de las velocidades promedio, de los sectores analizados, al ser comparados con valores dados por HCM 2000 en la tabla 15.2 del HCM.

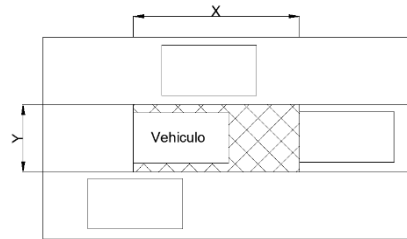
5.1 Descripción de los NDS de acuerdo con las velocidades de operación.

Adicional a la realización de aforos, también se registró material videográfico de los nueve sectores; para una vez determinado el volumen horario de máxima demanda, poder calcular mediante el software Kinovea el valor de la velocidad para cada uno de los vehículos estudiados en ese transcurso de tiempo en específico.

Este programa permite establecer una distancia fija sobre el eje de la vía y a su vez cuenta con la herramienta de cronometro, con el que se mide el tiempo que tarda un vehículo en recorrer dicha distancia fija. Al dividir la distancia fija entre el tiempo que tarda el vehículo, obtenemos la velocidad a la que el vehículo recorría el tramo.

Figura 17.

Ejemplo de espacio efectivo.



Nota. Tomado de Chu et al. (2009).

Figura 18.

Cálculo de tiempos por vehículo en el software Kinovea, para determinar velocidades de los automoviles.



Cono los valores de velocidad de cada vehículo analizado, se determina la velocidad promedio de vehículos y motocicletas, para así poder clasificar los niveles de servicio por tramo.

Tabla 2.

Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado.

Floridablanca			
	Motocicletas	Automóviles	Flujo Mixto
	Vprom	Vprom	Vprom
	[Km/h]	[Km/h]	[Km/h]
Primer punto	20,20	14,40	17,30
segundo punto	8,24	6,37	7,31
tercer punto	21,25	12,89	17,07

Tabla 3.

Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado

Girón			
	Motocicletas	Automóviles	Flujo Mixto
	Vprom	Vprom	Vprom
	[Km/h]	[Km/h]	[Km/h]
Primer punto	9,91	6,94	8,42
segundo punto	11,55	6,95	9,25
tercer punto	9,17	6,31	7,74

Tabla 4.

Velocidad promedio del flujo mixto, por cada punto analizado.

Piedecuesta			
	Motocicletas	automóviles	Flujo Mixto
	Vprom	Vprom	Vprom
	[Km/h]	[Km/h]	[Km/h]
Primer punto	6,99	7,02	7,00
segundo punto	8,97	6,61	7,79
tercer punto	17,35	13,53	15,44

Los nueve puntos analizados corresponden a sectores de vías urbanas clasificados como tipo IV según el HCM 2000 en base a las velocidades promedio de dichos puntos.

Se escogió la clasificación IV teniendo en cuenta el rango de velocidades para el tramo donde se realizaron los aforos. Con las velocidades promedio a la que transitan los vehículos, se cuentan con los datos necesarios para asignarles un nivel de servicio.

Tabla 5.

Niveles de servicio para vías urbanas en función de las velocidades.

Tabla 15.2 HCM 2000 NDS para vías Urbanas				
(km/h)				
Clasificación	I	II	III	IV
Rango velocidades	90-70	70-55	55-50	55-40
F. Libre	80	65	55	45
NDS	Promedio de velocidades			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	<-26	<-21	<-17	<-14

Nota. Tomado de: HCM 2000.

Utilizando las velocidades promedio para cada punto de los municipios en unidades de Kilómetros/hora, se clasifico el NDS en la tabla 8.

Tabla 6.

Determinación de niveles de servicio para puntos analizados en función de las velocidades.

NDS para vías urbanas tipo IV		
Punto de aforo	V PROM (km/h)	NDS
Floridablanca		
1	17,30	E
2	7,31	F

NDS para vías urbanas tipo IV		
Punto de aforo	V PROM (km/h)	NDS
3	17,07	E
Girón		
1	8,42	F
2	9,25	F
3	7,74	F
Piedecuesta		
1	7,00	F
2	7,79	F
3	15,44	E

5.2. Estudio de volúmenes vehiculares y análisis de congestionamiento.

Por medio de los aforos realizados, se calcula el volumen horario de máxima demanda (VHMD) así como también se calcula el factor horario de máxima demanda (FHMD) por medio de la expresión:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q15_{m\acute{a}x})} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde VHMD se determina en con una tasa de flujo tomada cada 15 minutos.

$$VHMD = Q15_1 + Q15_2 + Q15_3 + Q15_4 \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde N es el número de periodos Q15 presentes en una hora.

$Q15_{m\acute{a}x}$ es el flujo máximo que se presenta en la hora pico.

5.2.1 Cálculo de volúmenes primer punto Floridablanca

Para el primer punto (al igual que en los nueve totales) se determina el volumen vehicular en el software Excel, teniendo en cuenta todas las posibles combinaciones horarias.

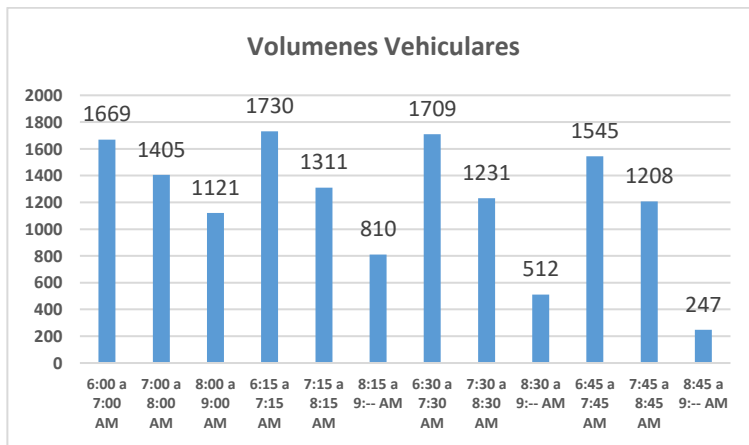
Tabla 7.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Floridablanca.

Franja Horaria	N° Vehículos
6:00 a 7:00 AM	1669
7:00 a 8:00 AM	1405
8:00 a 9:00 AM	1121
6:15 a 7:15 AM	1730
7:15 a 8:15 AM	1311
6:30 a 7:30 AM	1709
7:30 a 8:30 AM	1231
6:45 a 7:45 AM	1545
7:45 a 8:45 AM	1208
MAXIMO	1730

Figura 19.

Volumen vehicular primer punto Floridablanca



Determinación de VHMD Y FHMD para el primer punto de Piedecuesta, así mismo se determina para los demás puntos.

Tabla 8.

Cálculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Floridablanca.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (am)	Q15
6:30	399
6:45	452
7:00	474
7:15	405
VHMD	1730
FHMD	0,91

$$VHMD = 399 + 452 + 474 + 405 = 1730$$

$$FHMD = \frac{1730}{4(474)} = 0.91$$

Para el primer punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:15 am a 7:15 am, con valor de 1730 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.91 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Tabla 9.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Floridablanca.

Franja Horaria	N° Vehículos
11:30 a 12:30 M	614
12:30 a 1:30 PM	481
1:30 a 2:30 PM	407
11:45 a 12:45 M	646
12:45 A 1:45 PM	445
12:00 a 1:00 PM	618
1 :00 a 2:00 PM	439
12:15 a 1:15 PM	534

Franja Horaria	N° Vehículos
1:15 A 2:15 PM	444
MAXIMO	646

Figura 20.

Volumen vehicular segundo punto Floridablanca.

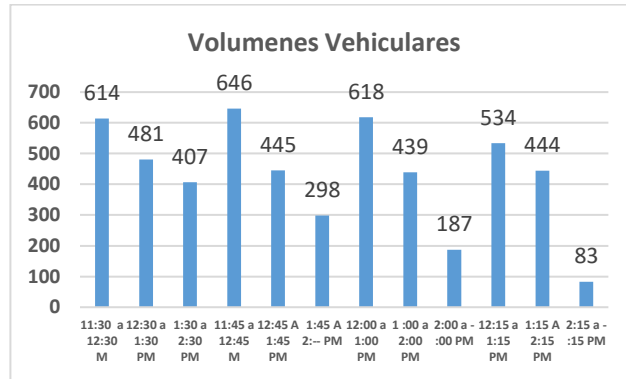


Figura 21.

Cálculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Floridablanca.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (m)	Q15
12:00	145
12:15	183
12:30	173
12:45	145
VHMD	646
FHMD	0,88

$$VHMD = 145 + 183 + 173 + 145 = 646$$

$$FHMD = \frac{646}{4(183)} = 0.88$$

Para el segundo punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:45 am a 12:45 pm, con valor de 646 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.88 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.2 Cálculo de volúmenes tercer punto Floridablanca

Tabla 10.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Floridablanca.

Franja Horaria	Nº Vehículos
5:00 a 6:00 PM	2300
6:00 a 7:00 PM	2144
7:00 a 8:00 PM	1794
5:15 A 6:15 PM	2344
6:15 a 7:15 PM	2002
5:30 A 6:30 PM	2312
6:30 a 7:30 PM	1910
5:45 a 6:45 PM	2197
6:45 a 7:45 PM	1882
MÁXIMO	2344

Figura 22.

Volumen vehicular tercer punto Floridablanca

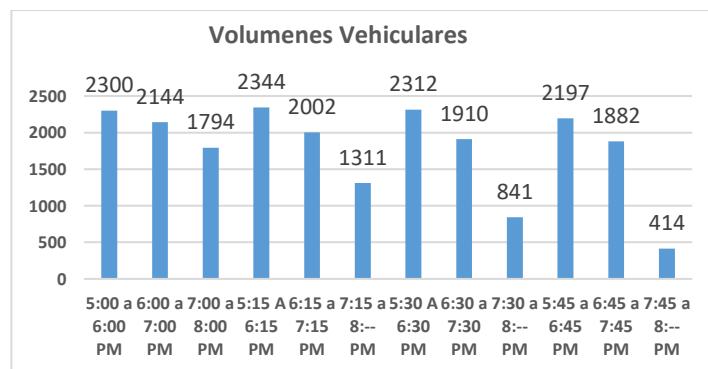


Tabla 11.

Cálculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Floridablanca.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (Pm)	Q15
17:30	594
17:45	570
18:00	555
18:15	625
VHMD	2344
FHMD	0,94

$$VHMD = 594 + 570 + 555 + 625 = 2344$$

$$FHMD = \frac{2344}{4(594)} = 0.94$$

Para el tercer punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 5:15 pm a 6:15 pm, con valor de 2344 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.3 Cálculo de volúmenes primer punto Girón

Tabla 12.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Girón.

Franja Horaria	Nº Vehículos
6:00 a 7:00 AM	1436
7:00 a 8:00 AM	1364
8:00 a 9:00 AM	1001
6:15 a 7:15 AM	1465
7:15 a 8:15 AM	1303

Franja Horaria	N° Vehículos
6:30 a 7:30 AM	1480
7:30 a 8:30 AM	1223
6:45 a 7:45 AM	1367
7:45 a 8:45 AM	1125
MAXIMO	1480

Figura 23.

Volumen vehicular primer punto Girón.

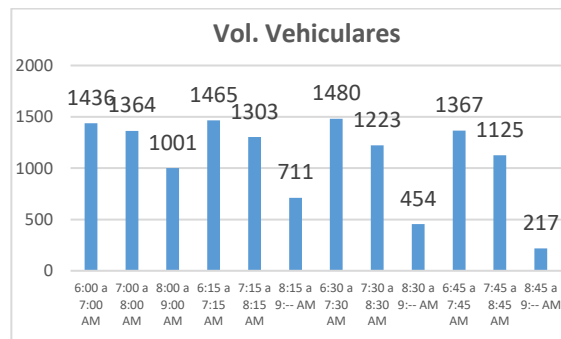


Tabla 13.

Cálculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Girón.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (am)	Q15
6:45	448
7:00	344
7:15	351
7:30	337
VHMD	1480
FHMD	0,83

$$VHMD = 448 + 344 + 351 + 337 = 1480$$

$$FHMD = \frac{1480}{4(448)} = 0.83$$

Para el primer punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:30 a 7:30 am, con valor de 1480 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.83 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.4 Cálculo de volúmenes segundo punto Girón

Tabla 14.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Girón.

Franja Horaria	N° Vehículos
11:30 a 12:30 M	802
12:30 a 1:30 PM	672
1:30 a 2:30 PM	494
11:45 a 12:45 M	817
12:45 A 1:45 PM	622
12:00 a 1:00 PM	788
1 :00 a 2:00 PM	579
12:15 a 1:15 PM	736
1:15 A 2:15 PM	531
MAXIMO	817

Figura 24.

Volumen vehicular segundo punto Girón.

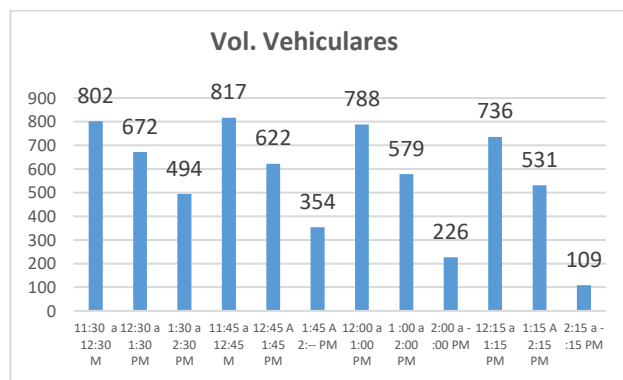


Tabla 15.

Cálculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Girón.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (m)	Q15
12:00	200
12:15	217
12:30	210
12:45	190
VHMD	817
FHMD	0,94

$$VHMD = 200 + 217 + 210 + 190 = 817$$

$$FHMD = \frac{817}{4(217)} = 0.94$$

Para el segundo punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:45 am a 12:45 pm, con valor de 817 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.5 Cálculo de volúmenes tercer punto Girón

Tabla 16.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Girón.

Franja Horaria	N° Vehículos
5:00 a 6:00 PM	1095
6:00 a 7:00 PM	1165
7:00 a 8:00 PM	988
5:15 A 6:15 PM	1121
6:15 a 7:15 PM	1179

Franja Horaria	N° Vehículos
5:30 A 6:30 PM	1149
6:30 a 7:30 PM	1134
5:45 a 6:45 PM	1194
6:45 a 7:45 PM	1044
MAXIMO	1194

Figura 25.

Volumen vehicular tercer punto Girón.

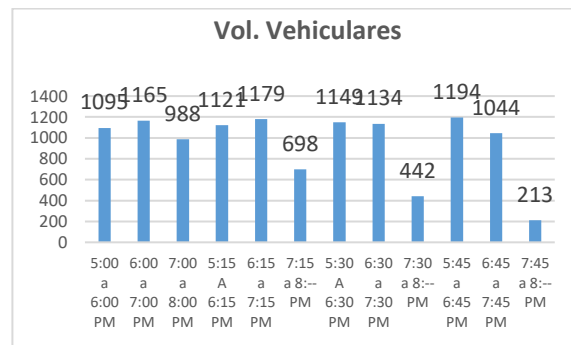


Tabla 17.

Calculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Girón

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (pm)	Q15
18:00	298
18:15	276
18:30	301
18:45	319
VHMD	1194
FHMD	0,94

$$VHMD = 298 + 276 + 301 + 319 = 1194$$

$$FHMD = \frac{1194}{4(319)} = 0.94$$

Para el tercer punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 5:45 pm a 6:45 pm, con valor de 1194 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.6 Cálculo de volúmenes primer punto Piedecuesta

Tabla 18.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Primer punto - Piedecuesta.

Franja Horaria	Nº Vehículos
6:00 a 7:00 AM	487
7:00 a 8:00 AM	533
8:00 a 9:00 AM	364
6:15 a 7:15 AM	555
7:15 a 8:15 AM	482
6:30 a 7:30 AM	629
7:30 a 8:30 AM	391
6:45 a 7:45 AM	605
7:45 a 8:45 AM	381
MAXIMO	629

Figura 26.

Volumen vehicular primer punto Piedecuesta.

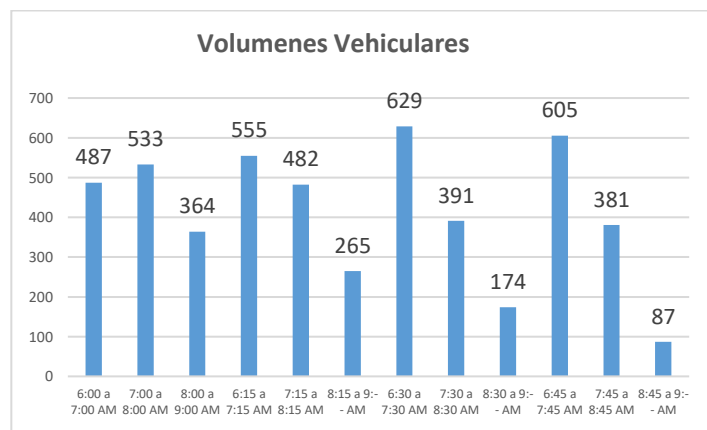


Tabla 19.

Cálculo de VHMD y FHMD para el primer punto de Piedecuesta.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (am)	Q15
6:45	121
7:00	176
7:15	150
7:30	182
VHMD	629
FHMD	0,86

$$VHMD = 121 + 176 + 150 + 182 = 629$$

$$FHMD = \frac{629}{4(182)} = 0,86$$

Para el primer punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:30 am a 7:30 am, con valor de 629 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.86 fuera del rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

5.2.7 Cálculo de volúmenes segundo punto Piedecuesta

Tabla 20.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Segundo punto - Piedecuesta.

Franja Horaria	N° Vehículos
11:30 a 12:30 M	1028
12:30 a 1:30 PM	862
1:30 a 2:30 PM	746
11:45 a 12:45 M	974
12:45 A 1:45 PM	846

Franja Horaria	N° Vehículos
12:00 a 1:00 PM	974
1 :00 a 2:00 PM	817
12:15 a 1:15 PM	915
1:15 A 2:15 PM	765
MAXIMO	1028

1Figura 27.

Volumen vehicular segundo punto Piedecuesta.

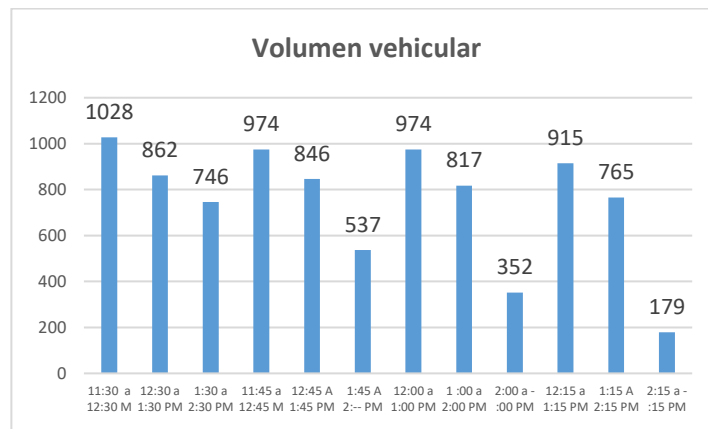


Tabla 21.

Calculo de VHMD y FHMD para el segundo punto de Piedecuesta.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (m)	Q15
11:45	279
12:00	214
12:15	284
12:30	251
VHMD	1028
FHMD	0,90

$$VHMD = 279 + 214 + 284 + 251 = 1028$$

$$FHMD = \frac{1028}{4(284)} = 0.90$$

Para el segundo punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:30 am a 12:30 pm, con valor de 1028 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.90 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.2.8 Cálculo de volúmenes tercer punto Piedecuesta

Tabla 22.

Determinación del volumen horario de máxima demanda, Tercer punto - Piedecuesta.

Franja Horaria	N° Vehículos
5:00 a 6:00 PM	1576
6:00 a 7:00 PM	1445
7:00 a 8:00 PM	1081
5:15 A 6:15 PM	1570
6:15 a 7:15 PM	1403
5:30 A 6:30 PM	1532
6:30 a 7:30 PM	1320
5:45 a 6:45 PM	1540
6:45 a 7:45 PM	1210
MAXIMO	1576

Figura 28.

Volumen vehicular tercer punto Piedecuesta.

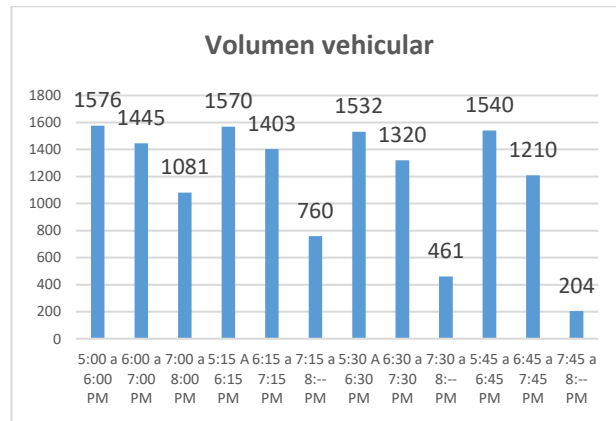


Tabla 23.

Cálculo de VHMD y FHMD para el tercer punto de Piedecuesta.

VHMD & FHMD	
Periodos de 15 minutos	
Hora (m)	Q15
11:45	369
12:00	420
12:15	359
12:30	428
VHMD	1576
FHMD	0,92

$$VHMD = 369 + 420 + 359 + 428 = 1576$$

$$FHMD = \frac{1576}{4(359)} = 0,92$$

Para el tercer punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:30 am a 12:30 pm, con valor de 1576 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un

FHMD de 0,92 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

5.3 Factor de conversión

Para determinar los factores de conversión se realizan análisis que se describen a continuación.

5.3.1. Localización de los sectores viales

Se escogieron los nueve sectores viales donde se presentan la mayor afluencia vehicular de los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, sin presencia de daños en el pavimento, sin accesos cercanos a parqueaderos o edificios grandes y con la presencia cercana de semáforos, con el fin de no afectar el flujo vehicular.

5.3.2 Material Video – Grafico

Adicional a la realización de aforos, también se registró material videográfico de los nueve sectores para una vez determinado el volumen horario de máxima demanda, poder analizar mediante el software Kinovea el valor del espaciamiento efectivo y la velocidad efectiva de cada vehículo a estudiar.

5.3.3 Procesamiento Manual

Mediante el material videográfico y el software Kinovea se determina el espaciamiento efectivo y la velocidad de cada vehículo analizado en la hora de máxima demanda (Visualbeta, 2021).

Para cada velocidad del auto o motocicleta corresponde específicamente un espacio efectivo calculado mediante una opción del software kinovea que permite crear una línea para asignar una referencia de medida de longitud, pudiendo así tomar las longitudes de área efectiva del vehículo como se ilustra en la siguiente Fotografía.

Figura 29.

Determinación área efectiva de un vehículo liviano en el software Kinovea.



Con el registro de los tiempos y la distancia fija, se calcula la velocidad de los automóviles y motocicletas analizadas, así como también se les relaciono con su espacio efectivo correspondiente. Los datos fueron analizados en el software Excel donde se obtuvieron los resultados para realizar las gráficas Velocidad vs Espacio efectivo.

Figura 30.

Valores de velocidad y espacio efectivo para graficar en el software Excel.

Distancia (m)	Motos				Carris						
	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Ancho	ℓ	Distancia	Tiempo	Velocidad	Ancho	ℓ		
9	4,52	1,99	2,2	3,3	7,26	9	5,22	1,72	3,7	4,8	17,76
9	5,12	1,76	2,1	3,2	6,72	9	4,86	1,85	3,8	4,8	18,24
9	5,32	1,69	2	3,1	6,20	9	5,12	1,76	3,6	4,8	17,28
9	4,72	1,93	2,1	3,3	6,93	9	5,42	1,66	3,7	4,7	17,59
9	3,7	2,43	2,5	3,4	8,50	9	4,86	1,85	3,8	4,8	18,24
9	4,22	2,13	2,2	3,4	7,48	9	3,56	2,53	3,9	4,89	19,07
9	4,6	1,96	2,2	3,2	7,04	9	4,16	2,16	3,9	4,8	18,72
9	5,1	1,76	2,1	3,3	6,93	9	5,2	1,73	3,7	4,8	17,76
9	4,44	2,03	2,3	3,3	7,59	9	4,82	1,87	3,8	4,86	18,47
9	5,6	1,61	2	3	6,00	9	4,36	2,06	3,83	4,7	17,56
9	4,2	2,14	2,2	3,4	7,48	9	6,1	1,48	3,7	4,6	17,02
9	4,1	2,20	2,3	3,4	7,82	9	5,24	1,72	3,7	4,7	17,59
9	4,8	1,88	2,1	3,2	6,72	9	5,1	1,76	3,7	4,8	17,76
9	3,72	2,42	2,5	3,4	8,50	9	4,86	1,85	3,8	4,8	18,24
9	3,76	2,39	2,5	3,3	8,25	9	4,5	2,00	3,8	4,9	18,62
9	4,1	2,20	2,3	3,4	7,82	9	4,24	2,12	3,9	4,7	18,33
9	4,24	2,12	2,2	3,3	7,26	9	4,36	2,06	3,82	4,7	17,56
9	5,1	1,76	2,1	3,3	6,93	9	4,7	1,91	3,8	4,8	18,24
9	3,86	2,33	2,5	3,2	8,00	9	4	2,25	3,9	5	19,50
9	4,24	2,12	2,2	3,3	7,26	9	3,86	2,33	4	5,2	20,80
9	5,62	1,60	2	3	6,00	9	4,12	2,18	3,9	4,9	19,11
9	6,12	1,47	1,96	3	5,88	9	4,34	2,07	3,82	4,8	18,34
9	6,22	1,45	1,9	2,9	5,51	9	5	1,80	3,7	4,9	18,13
9	5,7	1,58	2	3	6,00	9	4,82	1,97	3,8	4,86	18,47
9	5,62	1,60	2	3,1	6,20	9	4,14	2,17	3,9	4,9	19,11
9	4,32	2,08	2	3,3	6,60	9	5,22	1,72	3,7	4,8	17,76
9	5,12	1,76	2,1	3,5	7,35	9	4,82	1,87	3,8	4,86	18,47
9	4,82	1,87	2,1	3,3	6,93	9	4,24	2,12	3,9	4,7	18,33
9	3,94	2,28	2,4	3,2	7,68	9	4,12	2,18	3,9	4,9	19,11
9	4,62	1,95	2,2	3,1	6,85	9	3,96	2,27	4	5,1	20,40
9	4,42	2,04	2	3,2	6,60	9	4,52	1,99	3,8	4,91	18,66
9	3,86	2,33	2,5	3,2	8,00	9	4,82	1,87	3,8	4,86	18,47
9	5,2	1,73	2,1	3	6,30	9	3,8	2,37	4	5,3	21,20
9	4,2	2,14	2,2	3,4	7,48	9	4	2,25	3,9	5	19,50
9	4,1	2,20	2,3	3,4	7,82	9	4,62	1,95	3,8	4,9	18,62
9	3,86	2,33	2,5	3,2	8,00	9	3,96	2,27	4	5,2	20,80
9	4,64	1,94	2,1	3	6,30	9	4,56	1,97	3,8	4,9	18,62
9	5,4	1,67	2	3	6,00	9	5,24	1,72	3,7	4,7	17,59
9	5,42	1,66	1,98	3	5,94	9	3,6	2,50	3,9	4,8	18,72
9	5,6	1,61	2	3	6,00	9	4,2	2,14	3,9	4,72	18,41
9	5,12	1,76	2,1	3,5	7,35	9	3,82	2,36	4	5,2	20,80
9	4,76	1,89	2,1	2,98	6,26	9	4,1	2,20	3,9	4,9	19,11
9	4,14	2,17	2,3	3,4	7,82	9	3,54	2,54	3,92	4,9	19,21
9	3,56	2,53	2,5	3,3	8,25	9	4	2,25	3,9	5	19,50
9	4	2,25	2,4	3,4	8,16	9	5,12	1,76	3,6	4,8	17,28
9	4,1	2,20	2,3	3,4	7,82	9	5,18	1,74	3,6	4,7	16,92

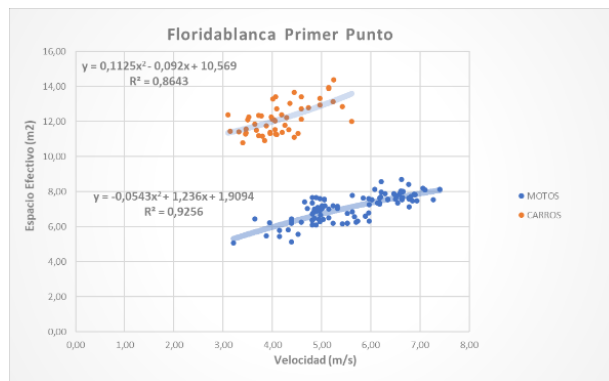
Los resultados obtenidos para cada uno de los nueve puntos aforados y un resultado general por municipio se grafican velocidades vs espacios efectivos, mediante el software Excel.

- Floridablanca

Primer punto.

Figura 31.

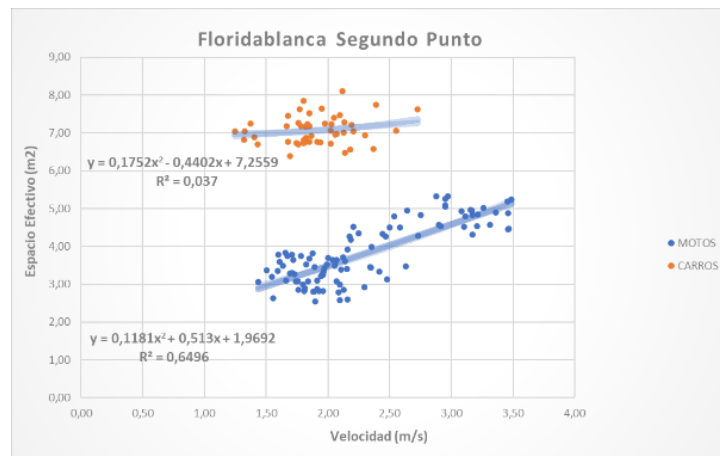
Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Floridablanca.



Segundo punto.

Figura 32.

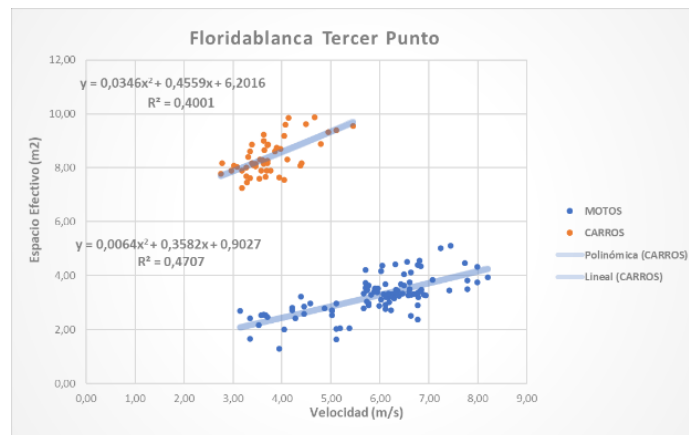
Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Floridablanca.



Tercer punto.

Figura 33.

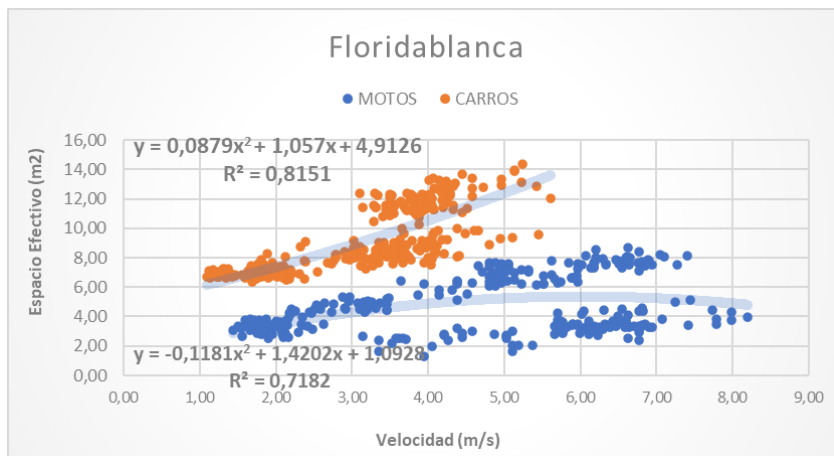
Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Floridablanca.



Todos los puntos.

Figura 34.

Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Floridablanca.

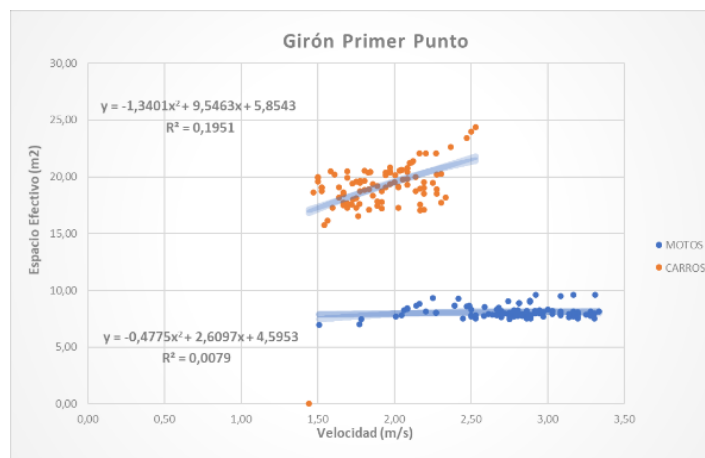


- Girón

Primer punto.

Figura 35.

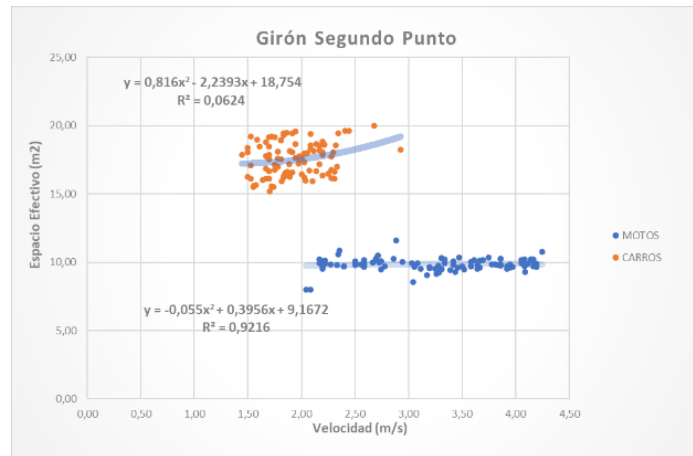
Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Girón.



Segundo punto.

Figura 36.

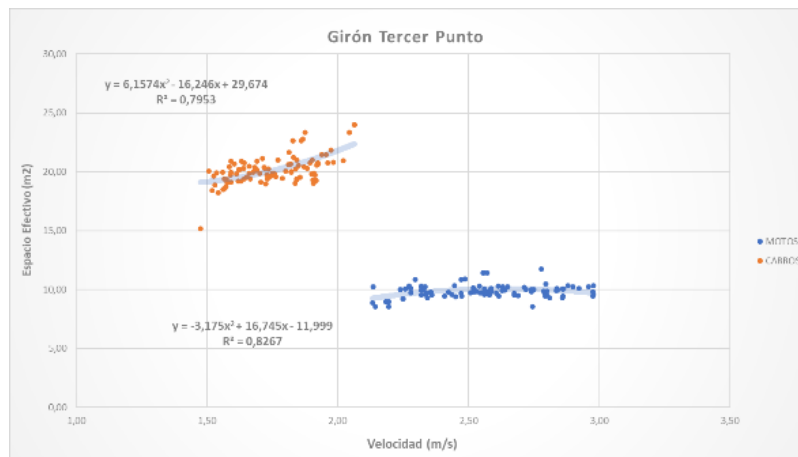
Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Girón.



Tercer punto.

Figura 37.

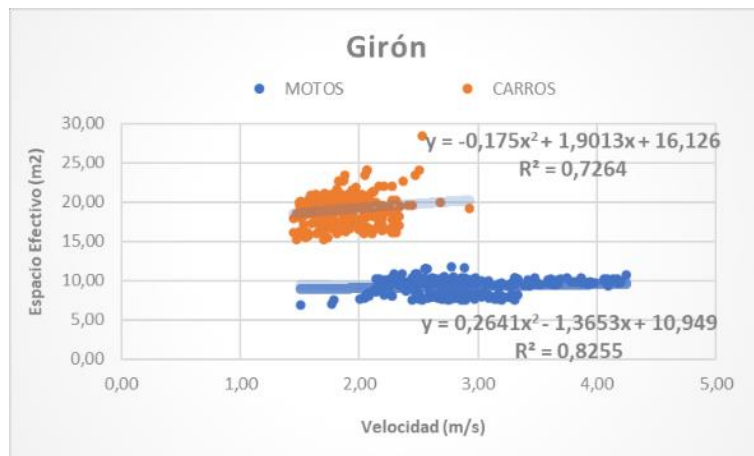
Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Girón.



Todos los puntos.

Figura 38.

Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Girón.

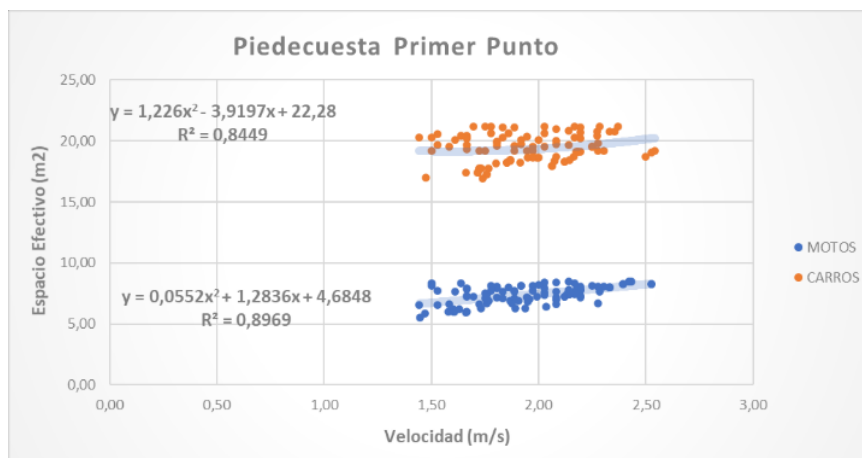


- Piedecuesta

Primer punto

Figura 39.

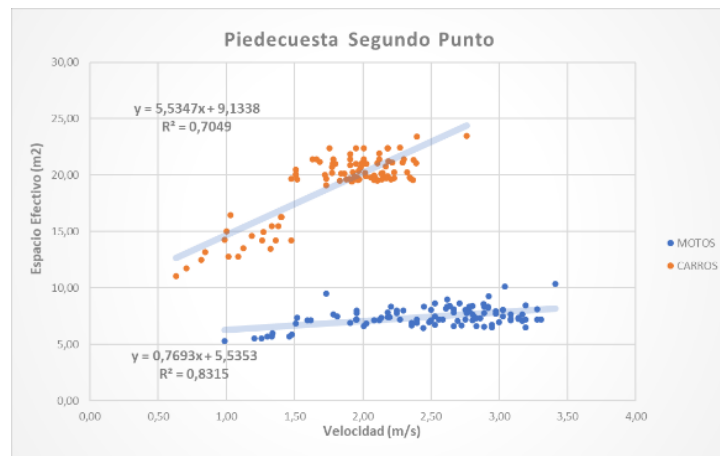
Velocidad vs Espacio efectivo primer punto Piedecuesta.



Segundo punto

Figura 40.

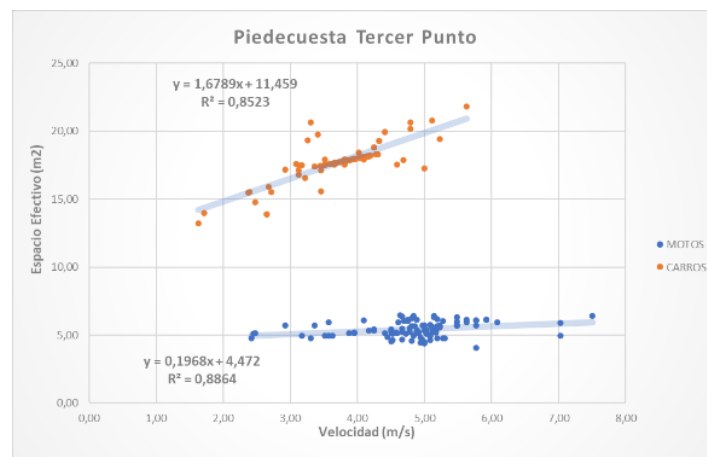
Velocidad vs Espacio efectivo segundo punto Piedecuesta.



Tercer punto.

Figura 41.

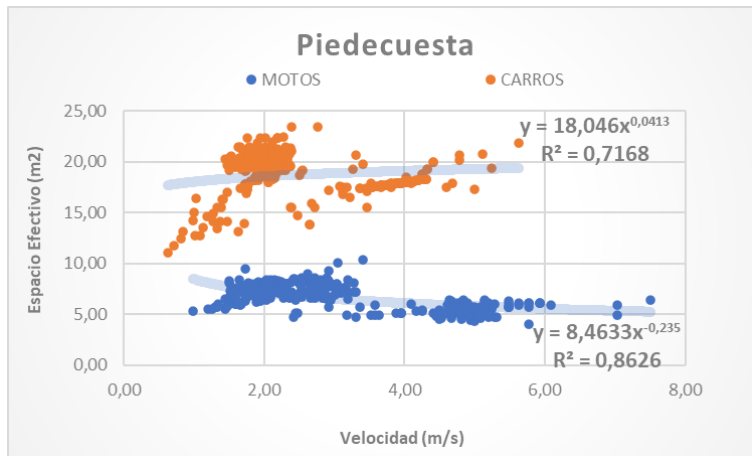
Velocidad vs Espacio efectivo tercer punto Piedecuesta.



Todos los puntos.

Figura 42.

Velocidad vs Espacio efectivo municipio de Piedecuesta.



A continuación, se presenta una tabla con las ecuaciones obtenidas de cada uno de los municipios en general en las anteriores gráficas, donde:

$$Y = \text{Espacio Efectivo (m}^2\text{)}$$

$$X = \text{Velocidad(m/s)}$$

Tabla 24.

Ecuaciones de línea de tendencia para cada municipio en general.

Floridablanca	
Motocicletas	$Y = -0,1181 x^2 + 1,4202 x + 1,0928$ $R^2 = 0,7182$
Autos livianos	$Y = 0,0879 x^2 + 1,057 x + 4,9126$ $R^2 = 0,8251$
Girón	

	$Y = 0,2641 x^2 - 1,3653$
Motocicletas	$x + 10,949$ $R^2 = 0,8255$
Autos livianos	$Y = -0,175 x^2 + 1,9013$ $x + 16,126$ $R^2 = 0,7264$
Piedecuesta	
Motocicletas	$Y = 8,4633 x^{(-0,235)}$ $R^2 = 0,8626$
Autos livianos	$Y = 18,046 x^{(0,0413)}$ $R^2 = 0,7168$

Se determinaron los valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio para cada uno de los puntos aforados, los valores se presentan a continuación.

- Espacio efectivo – Floridablanca.

Tabla 25.

Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Floridablanca.

Primer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	5,09	10,24
Max (m2)	8,69	14,38
Prom (m2)	7,09	12,02
Segundo punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	2,55	6,38
Max (m2)	5,33	8,10
Prom (m2)	3,80	6,97
Tercer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	1,29	7,26
Max (m2)	5,12	9,98
Prom (m2)	3,25	8,50

- Espacio efectivo – Girón.

Tabla 26.

Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón.

Primer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	6,93	15,75
Max (m2)	9,62	28,40
Prom (m2)	8,09	19,39
Segundo punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	7,98	15,18
Max (m2)	11,62	19,98
Prom (m2)	9,85	17,54
Tercer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	8,55	15,18
Max (m2)	11,73	24,00
Prom (m2)	9,89	20,25

- Espacio efectivo – Piedecuesta.

Tabla 27.

Valores de espacio efectivo mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón.

Primer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	5,51	16,92
Max (m2)	8,50	21,20
Prom (m2)	7,39	19,37
Segundo punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	5,32	11,07
Max (m2)	10,34	23,46

Prom (m2)	7,45	19,29
Tercer punto		
Espacio Efectivo	Motocicleta	Automóvil
Min (m2)	4,05	13,20
Max (m2)	6,44	21,84
Prom (m2)	5,42	17,77

Se determinaron los valores de velocidades mínimas, máximas y promedio para cada uno de los puntos aforados, los valores se presentan a continuación.

- Velocidades – Floridablanca.

Tabla 28.

Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Floridablanca.

Primer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	3,20	3,10
Max (m/s)	7,40	5,61
Prom (m/s)	5,61	4,00
Segundo punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	1,44	1,10
Max (m/s)	3,49	2,73
Prom (m/s)	2,29	1,77
Tercer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	3,15	1,89
Max (m/s)	8,20	5,45
Prom (m/s)	5,90	3,58

- Velocidades –Girón.

Tabla 29.

Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Girón.

Primer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	1,51	1,44
Max (m/s)	3,33	2,53
Prom (m/s)	2,75	1,93
Segundo punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	2,05	1,44
Max (m/s)	4,25	2,92
Prom (m/s)	3,21	1,93
Tercer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	2,13	1,48
Max (m/s)	2,98	2,06
Prom (m/s)	2,55	1,75

- Velocidades – Piedecuesta.

Tabla 30.

Valores de velocidades mínimo, máximo y promedio de los puntos de Piedecuesta.

Un Primer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	1,44	1,44
Max (m/s)	2,53	2,54
Prom (m/s)	1,94	1,95
Segundo punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	0,99	0,63
Max (m/s)	3,41	2,76

Prom (m/s)	2,49	1,84
Tercer punto		
Velocidad Efectiva	Motocicleta	Automóvil
Min (m/s)	2,42	1,63
Max (m/s)	7,50	5,63
Prom (m/s)	4,82	3,76

Para determinar el factor de conversión motocicleta a automóvil, se relaciona las ecuaciones de la Tabla 28 para cada tipo de vehículo a motocicleta, utilizando la velocidad promedio del automóvil a convertir.

Tabla 31.

Valores de velocidades promedio de los autos livianos por municipio analizado.

Velocidades promedio Floridablanca		
(m/s)		
Punto 1	Punto 2	Punto 3
4,00	1,77	3,58
Promedio Puntos	3,12	
Velocidades promedio Girón		
Punto 1	Punto 2	Punto 3
1,93	1,93	1,75
Promedio Puntos	1,87	
Velocidades promedio Floridablanca		
Punto 1	Punto 2	Punto 3
1,95	1,84	3,76
Promedio Puntos	2,51	

Calculo tipo de factor de conversión motocicleta - auto liviano.

$$FCM_{Floridablanca} = \frac{EE_{moto}(V_{ka})}{EE_{auto l.}(V_{ka})} \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$FCM_{Florida} = \frac{4,3742 (3,12 \text{ m/s})}{9,0661 (3,12 \text{ m/s})}$$

$$FCM_{Floridablanca} = 0,48$$

Cumpliendo con el objetivo principal de la investigación, se presentan los Factores de Conversión Motocicletas a Auto liviano tras el levantamiento de restricciones establecidas por la pandemia.

Tabla 32.

Valores de los Factores de conversión para cada municipio.

FCM	Auto liviano	Motocicleta
Floridablanca	1	0,48
Girón	1	0,49
Piedecuesta	1	0,36

Se observa que una motocicleta equivale a 0.48, 0.49 y 0.36 autos livianos para los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta respectivamente.

Finalmente se comparan en la Tabla 37 los factores calculados en la presente investigación vs los factores calculados para para los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta en los meses donde había restricciones de circulación impuestas por causas de la Pandemia del Covid19.

Tabla 33.

Comparación factores de conversión de cada municipio con investigación precedente existente.

MCU	Sin restricciones		Con restricciones	
	Auto liviano	Moto-cicleta	Auto liviano	Moto-cicleta
Floridablanca	1	0,48	1	0,37
Girón	1	0,49	1	0,34
Piedecuesta	1	0,36	1	0,30

6. Conclusiones

Basados en los aforos realizados para la investigación, se encontró que, en los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, respectivamente, el 51%, 46% y 58% de los vehículos mixtos son motocicletas.

Utilizando la tabla 15.2 de HCM 2000, se calificó el nivel de servicio en los puntos analizados mediante su velocidad promedio de operación. El primer y tercer punto de Floridablanca, así como el tercero de Piedecuesta se clasificó con NDS E; los demás puntos se clasificaron con NDS F.

Para el primer punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:15 am a 7:15 am, con valor de 1730 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.91 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el segundo punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:45 am a 12:45 pm, con valor de 646 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.88 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el tercer punto de Floridablanca el Volumen horario de máxima demanda se da de 5:15 pm a 6:15 pm, con valor de 2344 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el primer punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:30 a 7:30 am, con valor de 1480 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.83 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el segundo punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:45 am a 12:45 pm, con valor de 817 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el tercer punto de Girón el Volumen horario de máxima demanda se da de 5:45 pm a 6:45 pm, con valor de 1194 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.94 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el primer punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 6:30 am a 7:30 am, con valor de 629 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.86 fuera del rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

Para el segundo punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:30 am a 12:30 pm, con valor de 1028 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0.90 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

Para el tercer punto de Piedecuesta el Volumen horario de máxima demanda se da de 11:30 am a 12:30 pm, con valor de 1576 Vehículos mixtos/hora. Así mismo, este punto tiene un FHMD de 0,92 entrando en el rango de 0.80-0.98; indicando la presencia de un flujo uniforme de vehículos.

El espacio efectivo que requiere un vehículo para transitar y la velocidad a la que este circula son directamente proporcionales, como se puede observar en las figuras que relacionan estas dos variables.

El método empleado para la determinación del factor de conversión que se utilizo es el basado en el espacio efectivo y la velocidad, ya que se adapta al tráfico mixto que caracteriza a los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

Para la investigación, una motocicleta equivale a 0.48, 0.49 y 0.36 autos livianos para los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta respectivamente; mientras que para la investigación previa realizada a los mismos municipios y puntos analizados fueron de 0.37, 0.34 y 0.30 respectivamente.

7. Recomendaciones

Se debe contar con personal calificado y preparado para la toma de aforos vehiculares ya que, para el desarrollo de un estudio, dichos datos de campo demandan responsabilidad y compromiso al ser recolectados.

A la hora de escoger los sectores viales a analizar, es importante asegurarse que no posean obstrucciones viales como vehículos mal estacionados ó daños severos en los pavimentos que puedan afectar los volúmenes de tránsito.

Para la toma del material videográfico se debe contar con iluminación adecuada y una posición en la que se registre de forma adecuada la circulación vehicular y se pueda también visualizar el espacio ocupado por vehículo.

A la hora de realizar los análisis de datos, se recomienda utilizar los programas más calificados para cada estudio en específico. Esto permite la reducción de errores a la hora de analizar datos.

La adquisición y uso masivo de motocicletas es una realidad para el país, es recomendable la realización de estudios similares para tomar en cuenta la motocicleta como uno de los actores principales en la movilidad vial.

En zonas rurales la composición vehicular esta inclinada para las motocicletas, recomendando así la realización de estudios similares a esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Alvarado Ríos, V. (2021). *Santander no tendrá más restricciones, habrá reapertura económica total desde el 1 de junio*. Obtenido de .
[.https://www.alertasantanderes.com/santander/santander-no-tendra-mas-restricciones-habra-reapertura-economica-total-desde-el-1-de](https://www.alertasantanderes.com/santander/santander-no-tendra-mas-restricciones-habra-reapertura-economica-total-desde-el-1-de)
- Blu Radio. (2021). *Estas son las medidas que regirán en Bucaramanga y Santander hasta el 19 de abril*. Obtenido de <https://www.bluradio.com/blu360/santanderes/estas-son-las-medidas-que-regiran-en-bucaramanga-y-santander-hasta-el-19-de>
- Chu Cong, M., Kazushi, S., & Shoji, M. (2005). The speed, flow and headway analyses of Motorcycle traffic. *Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6*, 1496 – 1508.
- Chu Cong, M., Kazushi, S., Tran Thanh, M., & Shoji, M. (2009). Development of Motorcycle Unit (MCU) For Motorcycle-Dominated Traffic. *Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 7*.
- FórmulaMoto. (2021). *Los países donde más motos se venden del mundo*. Obtenido de <https://www.formulamoto.es/industria-mercado/paises-motos-venden-mundo/56340.html>
- kazushi, S., & Chu Cong, M. (2001). Análisis of motorcycle effects to saturation flow rate at signalized intersection in developing countries. *The Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6*, 1496 – 1508.
- Peña, A. (2014). *Determinación del factor de equivalencia de motocicletas en flujo ininterrumpido en vías con pendientes 0% de 3 carriles en Colombia*. Bogotá: [Tesis de maestría], Universidad de los Andes.

- Portafolio. (2021). *Según el Runt, los registros de motos crecían 5% hasta mayo*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/cantidad-de-motos-que-hay-en-colombia-a-mayo-de-2021-553205>
- RCN Radio. (2021). *Metrolínea suspendió rutas alimentadoras para Piedecuesta y Floridablanca*. Obtenido de <https://www.rcnradio.com/colombia/santanderes/metrolinea-suspendio-rutas-alimentadoras-para-piedecuesta-y-floridablanca>
- Redacción Motor. (2021). *En enero 2020 se vendieron 52 mil motos en Colombia y se creció 10 x ciento / Motor*. Obtenido de <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/enero-2020-vendieron-52-mil-motos-colombia-crecio-10-x-ciento/33594>
- Songsakdi, R., Rongviriyapanich, T., & Sompakdee, P. (2010). Microscopic Simulation for Modeling Effects of Motorcycles on Traffic Operations at Signalized Intersection. *The Eastern Asia Society for Transportation Studies, Volumen 8*, 1-8.
- Vanguardia Liberal. (2021). *Estas son las medidas que funcionarán en Santander hasta el 6 de agosto*. Obtenido de <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/estas-son-las-medidas-que-funcionaran-en-santander-hasta-el-6-de-agosto-HC4026229>
- Vega, Z. (2018). *Análisis de la Capacidad y Niveles de Servicio de las vías de ingreso a la ciudad de Cajamarca pertenecientes a la Red Vial Nacional*. Cajamarca-Peru.
- Velandia, P. J. (2014). *Criterios metodológicos para involucrar el factor moto en los estudios de tránsito en Bogotá*. Bogotá: Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola.
- Yarce-Marín., Y. G. (2015). *Método para hallar el factor de equivalencia vehicular a motocicletas Aplicación en la ciudad de Medellín*.

Apéndices

Apéndice A. Aforos vehiculares en el municipio de Floridablanca.

- Primer punto.

FOPRMULARIO N°1								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Av El Tejar entre				ESTACIÓN: Primer punto.				
Cll 126-Cra 45.								
SENTIDO: Sur - Norte.				DÍA: miércoles.				
UBICACIÓN: Floridablanca - Santander.				FECHA: 11/08/2021				
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
6:00 AM - 6:15 AM	38	54	6	2	6	237	1	344
6:15 AM - 6:30 AM	50	67	5	1	7	268	1	399
6:30 AM - 6:45 AM	64	83	8	3	5	286	3	452
6:45 AM-7:00 AM	66	92	9	3	9	289	6	474
7:00 AM-7:15 AM	62	82	6	2	7	245	1	405
7:15 AM - 7:30 AM	32	86	6	3	9	242	0	378
7:30 AM - 7:45 AM	40	88	8	1	6	143	2	288
7:45 AM - 8:00 AM	61	114	5	3	4	142	5	334
8:00 AM - 8:15 AM	60	101	7	2	5	136	0	311
8:15 AM - 8:30 AM	41	98	6	1	3	148	1	298
8:30 AM - 8:45 AM	29	62	6	1	6	159	2	265
8:45 AM - 9:00 AM	32	49	5	0	5	156	0	247
TOTAL	575	976	77	22	72	2451	22	4195

Apéndice B. Aforo vehicular segundo punto – Floridablanca

- Segundo punto.

FOPRMULARIO N°2								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Cra 8 entre calles				ESTACIÓN: Segundo punto.				
5-6.								
SENTIDO: Sur - Norte.				DÍA: miércoles.				
UBICACIÓN: Floridablanca - Santander.				FECHA: 11/08/2021				
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
11:30 AM-11:45 AM	11	42	3	2	0	55	0	113
11:45 AM-12:00 M	17	48	3	2	3	70	2	145
12:00 M-12:15 PM	23	66	3	1	2	88	0	183
12:15 PM-12:30 PM	18	57	3	1	5	86	3	173
12:30 PM-12:45 PM	21	55	3	2	2	61	1	145
12:45 PM-1:00 PM	10	37	2	2	0	64	2	117
1:00PM-1:15 PM	8	32	2	1	0	53	3	99
1:15PM-1:30 PM	14	37	2	1	1	64	1	120
1:30 PM-1:45 PM	11	41	3	1	0	52	1	109
1:45 PM-2:00 PM	15	33	3	2	0	58	0	111
2:00PM-2:15 PM	12	35	3	1	1	50	2	104
2:15PM-2:30 PM	9	28	2	1	1	42	0	83
TOTAL	169	511	32	17	15	743	15	1502

Apéndice C Aforo vehicular tercer punto – Floridablanca

- Tercer punto.

FORMULARIO N°3								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Tv el Bosque			ESTACIÓN: Tercer punto. frente a la clínica Ardila Lülle.					
SENTIDO: Oeste - este.			DÍA: miércoles.					
UBICACIÓN: Floridablanca - Santander.			FECHA: 11/08/2021					
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
5:00 PM - 5:15 PM	56	205	6	4	3	303	4	581
5:15 PM - 5:30 PM	68	213	7	5	6	290	5	594
5:30 PM - 5:45 PM	57	218	5	6	13	259	12	570
5:45 PM -6:00 PM	63	214	6	6	5	259	2	555
6:00 PM-6:15 PM	80	198	9	7	2	326	3	625
6:15PM-6:30 PM	59	226	10	4	6	252	5	562
6:30 PM - 6:45 PM	49	194	8	1	6	195	2	455
6:45 PM - 7:00 PM	76	176	4	5	2	237	2	502
7:00 PM-7:15 PM	82	164	6	4	1	226	0	483
7:15 PM-7:30PM	76	171	6	4	2	209	2	470
7:30 PM - 7:45 PM	60	180	5	4	1	176	1	427
7:45 PM - 8:00 PM	54	182	5	2	4	164	3	414
TOTAL	780	2341	77	52	51	2896	41	6238

Apéndice D. Aforo vehicular primer punto – Girón

- Primer punto.

FORMULARIO N°4								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Av Los Caneyes				ESTACIÓN: Primer punto.				
frente a Metro								
SENTIDO: Oeste - Este.				DÍA: jueves.				
UBICACIÓN: Girón - Santander.				FECHA: 12/08/2021				
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
6:00 AM - 6:15 AM	45	112	16	2	7	134	6	322
6:15 AM - 6:30 AM	65	94	27	6	8	117	5	322
6:30 AM - 6:45 AM	62	152	28	6	5	189	6	448
6:45 AM-7:00 AM	56	110	20	4	7	142	5	344
7:00 AM-7:15 AM	67	113	24	5	9	128	5	351
7:15 AM - 7:30 AM	78	116	22	3	4	110	4	337
7:30 AM - 7:45 AM	71	106	18	3	5	129	3	335
7:45 AM - 8:00 AM	68	95	26	2	6	138	6	341
8:00 AM - 8:15 AM	64	91	25	2	3	104	1	290
8:15 AM - 8:30 AM	57	73	16	4	2	103	2	257
8:30 AM - 8:45 AM	53	68	17	3	1	94	1	237
8:45 AM - 9:00 AM	47	57	15	1	1	96	0	217
TOTAL	733	1187	254	41	58	1484	44	3801

Apéndice E. Aforo vehicular segundo punto – Girón

- Segundo punto.

FORMULARIO N°5								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Crr 26 entre Cll 18- ESTACIÓN: Segundo punto.								
19								
SENTIDO: Norte - Sur					DÍA: jueves.			
UBICACIÓN: Girón - Santander.					FECHA: 12/08/2021			
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
11:30 AM-11:45 AM	30	47	6	3	4	85	0	175
11:45 AM-12:00 M	33	54	7	4	3	96	3	200
12:00 M-12:15 PM	41	59	6	3	5	99	4	217
12:15 PM-12:30 PM	46	57	6	2	3	90	6	210
12:30 PM-12:45 PM	39	49	5	1	2	92	2	190
12:45 PM-1:00 PM	35	39	7	3	1	85	1	171
1:00PM-1:15 PM	28	43	6	4	2	78	4	165
1:15PM-1:30 PM	22	35	6	2	2	77	2	146
1:30 PM-1:45 PM	26	30	5	2	3	72	2	140
1:45 PM-2:00 PM	19	32	5	4	1	67	0	128
2:00PM-2:15 PM	17	25	7	3	2	62	1	117
2:15PM-2:30 PM	15	26	5	2	4	55	2	109
TOTAL	351	496	71	33	32	958	27	1968

Apéndice F. Aforo vehicular tercer punto – Girón

- Tercer punto.

FORMULARIO N°6								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Cll 44 entre Crr					ESTACIÓN: Tercer punto.			
23-26								
SENTIDO: Este - Oeste.					DÍA: jueves.			
UBICACIÓN: Girón - Santander.					FECHA: 12/08/2021			
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
5:00 PM - 5:15 PM	29	62	10	1	2	144	2	250
5:15 PM - 5:30 PM	37	64	12	2	3	149	6	273
5:30 PM - 5:45 PM	41	70	11	1	2	145	4	274
5:45 PM -6:00 PM	48	75	9	1	2	161	2	298
6:00 PM-6:15 PM	52	49	10	3	4	155	3	276
6:15PM-6:30 PM	36	81	11	2	3	162	6	301
6:30 PM - 6:45 PM	38	78	11	4	5	180	3	319
6:45 PM - 7:00 PM	42	85	6	2	3	130	1	269
7:00 PM-7:15 PM	29	83	7	3	4	158	6	290
7:15 PM-7:30PM	32	76	11	1	2	124	10	256
7:30 PM - 7:45 PM	27	69	6	2	3	117	5	229
7:45 PM - 8:00 PM	24	64	8	1	2	110	4	213
TOTAL	435	856	112	23	35	1735	52	3248

Apéndice G. Aforo vehicular primer punto – Piedecuesta

- Primer punto.

FORMULARIO N°7								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Cll 10 entre Cra 7- ESTACIÓN: Primer punto.								
8								
SENTIDO: Oeste - Este.					DÍA: viernes.			
UBICACIÓN: Piedecuesta - Santander.					FECHA: 13/08/2021			
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
6:00 AM - 6:15 AM	12	16	11	3	0	40	0	82
6:15 AM - 6:30 AM	14	20	12	4	2	53	3	108
6:30 AM - 6:45 AM	17	22	15	2	1	58	6	121
6:45 AM-7:00 AM	35	27	18	3	2	82	9	176
7:00 AM-7:15 AM	28	13	13	4	0	85	7	150
7:15 AM - 7:30 AM	39	28	14	2	3	87	9	182
7:30 AM - 7:45 AM	22	18	6	2	0	47	2	97
7:45 AM - 8:00 AM	24	15	11	4	1	45	4	104
8:00 AM - 8:15 AM	20	17	15	3	0	42	2	99
8:15 AM - 8:30 AM	17	13	12	3	1	44	1	91
8:30 AM - 8:45 AM	19	16	10	1	1	39	1	87
8:45 AM - 9:00 AM	14	14	14	2	2	41	0	87
TOTAL	261	219	151	33	13	663	44	1384

Apéndice H. Aforo vehicular primer segundo– Piedecuesta

- Segundo punto.

FORMULARIO N°8								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Cra 6 entre Cll 9-10				ESTACIÓN: Segundo punto.				
SENTIDO: Norte - sur.				DÍA: viernes.				
UBICACIÓN: Piedecuesta - Santander.				FECHA: 13/08/2021				
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total	
11:30 AM-11:45 AM	51	69	1	1	3	142	12	279
11:45 AM-12:00 M	33	37	1	2	4	129	8	214
12:00 M-12:15 PM	43	60	2	1	5	163	10	284
12:15 PM-12:30 PM	45	63	1	1	2	132	7	251
12:30 PM-12:45 PM	42	55	2	1	1	118	6	225
12:45 PM-1:00 PM	40	45	1	0	3	125	0	214
1:00PM-1:15 PM	43	58	1	1	0	119	3	225
1:15PM-1:30 PM	31	52	1	0	2	111	1	198
1:30 PM-1:45 PM	29	47	2	0	1	129	1	209
1:45 PM-2:00 PM	36	36	2	0	0	107	4	185
2:00PM-2:15 PM	33	34	1	1	3	99	2	173
2:15PM-2:30 PM	39	39	1	3	4	92	1	179
TOTAL	465	595	16	11	28	1466	55	2636

Apéndice I. Aforo vehicular tercer punto – Piedecuesta.

- Tercer punto.

FORMULARIO N°9								
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER								
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL								
FORMATO DE CONTEOS DE TRAFICO								
TRAMO DE LA CARRETERA: Diagonal 6, Frente a Parque Temático. ESTACIÓN: Tercer punto.								
SENTIDO: Norte - sur.					DÍA: viernes.			
UBICACIÓN: Piedecuesta - Santander.					FECHA: 13/08/2021			
Hora	Taxis	Particulares	Buses	Busetas	C-2p	Motocicletas	Bicicletas	Total
5:00 PM - 5:15 PM	28	101	1	0	4	228	7	369
5:15 PM - 5:30 PM	47	127	4	1	5	231	5	420
5:30 PM - 5:45 PM	26	99	2	2	6	221	3	359
5:45 PM -6:00 PM	33	107	2	2	3	270	11	428
6:00 PM-6:15 PM	26	99	1	1	4	229	3	363
6:15PM-6:30 PM	41	89	2	3	4	243	0	382
6:30 PM - 6:45 PM	34	93	2	1	2	230	5	367
6:45 PM - 7:00 PM	28	80	1	1	3	217	3	333
7:00 PM-7:15 PM	24	84	1	0	1	205	6	321
7:15 PM-7:30PM	21	87	1	2	0	187	1	299
7:30 PM - 7:45 PM	22	69	2	4	2	156	2	257
7:45 PM - 8:00 PM	17	50	2	3	2	130	0	204
TOTAL	347	1085	21	20	36	2547	46	4102