



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA INVOLUCRAR EL FACTOR MOTO EN LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ**

**PEDRO JAVIER VELANDIA SIACHOQUE**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola  
Bogotá, Colombia

2014



# **CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA INVOLUCRAR EL FACTOR MOTO EN LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ**

**PEDRO JAVIER VELANDIA SIACHOQUE**

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magíster en Ingeniería - Transporte**

Director:

Ing. Msc. Lenin Alexander Bulla Cruz

Codirector:

Ing. Msc. William Castro García

Línea de Investigación:

Tránsito

Grupo de Investigación:

Programa de Investigación en Tránsito y Transporte (PIT)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Bogotá, Colombia

2014



*Avanzamos en el conocimiento porque somos conscientes que el hábito del estudio nos convierte en transeúntes autónomos de la vida; de lo contrario y de ignorar esta costumbre seremos simples mendigos del destino a espera que otros dejen huella del camino recorrido para tal vez seguirlos como ovejas...*

*Cuando decidimos cambiar la tranquilidad del ser humano y convertirla en actos medidos, cambiamos de piel, una corteza para vivir en esta jungla llamada ciudad... he cambiado de piel ya que he migrado en el uso de los medios de transporte, de a pie, a bicicleta, a bus, a automóvil y por ahora a motocicleta.*

*...sobre el concepto de "rodar" en dos ruedas, la mente y el corazón puestos en el proceso de evolución; que hace que rodar sea siempre hacia adelante...*



## **Agradecimientos**

La investigación es una rutina, es un hábito que complementa otros quehaceres del ser humano, en esta oportunidad agradezco enormemente a mis directores, ya que fueron ellos quienes con sus aportes lograron articular mis ideas y poderlas convertir en este trabajo de investigación que hoy asiento en mi espejo retrovisor como un gran logro.

Ingeniero Lenin, docente investigador, compañero y consultor, muchas gracias por su tiempo, por su dedicación y complemento a la investigación, ya que sin su aporte no hubiera logrado transitar por estos parajes hasta hoy desconocidos. A usted Ingeniero William, investigador y profesor de la Universidad, porque siempre estuvo atento al avance y a interpretar mis ideas con el fin de aterrizarlas y montar sobre ellas un proceso que termina con la materialización de este documento, como un peldaño más en mi vida, que se realiza en el aprendizaje del tránsito y el transporte.

La experiencia que me ha dejado el ingresar en la vida de motociclista, no se compara con lo que me falta por aprender, al respecto y en primera medida agradezco a todas aquellas personas que alimentaron mi idea de andar en un vehículo de dos ruedas y bueno por qué no, a todas aquellas personas que no estuvieron de acuerdo con mi decisión sobre las motos, porque vivo en sus pensamientos, a todos ustedes que vieron mi cambio y que viven conmigo en este deseo mil gracias.

A las personas que me colaboraron en mi desarrollo investigativo con el aporte de información, con la réplica o el cuestionamiento, o con la escucha de mis ideas, porque así desencadené en complementos y ajustes de esto que termina parcialmente acá. Por último, un agradecimiento sin igual a mis padres, hijos, hermanos, familiares y amigos que tendrán la oportunidad de leer este documento, un abrazo enorme; y, cómo olvidarme de ti, Magda Fabiola mil gracias porque siempre has estado a mi lado y siempre me has apoyado en cada uno de los proyectos que he emprendido.





## Resumen

Las condiciones de la movilidad en Bogotá requieren de intervenciones estratégicas por parte de las entidades encargadas de la vialidad, que apliquen sobre el tránsito buscando una sostenibilidad en el tiempo y que tengan en cuenta la variación en la oferta y la demanda de transporte urbano. La motocicleta como medio de transporte está en evolución en cuanto a la cantidad de estos vehículos en las vías y el uso que se les da y, requiere para ellas de análisis técnicos de capacidad vial que sean útiles para la gestión de la movilidad y para la definición de políticas públicas. El presente trabajo establece lineamientos metodológicos para involucrar el factor moto en los estudios de tránsito en Bogotá partiendo del análisis de los parámetros que influyen en la operación del tránsito, proponiendo un modelo de aplicación basado en la velocidad – espacio, validando el modelo y finalmente proponiendo relaciones que comparan la motocicleta con el automóvil en términos de tránsito.

### Palabras clave:

**Capacidad vial:** Máximo número de vehículos que lógicamente se espera pasen por un punto o tramo uniforme de un carril o calzada durante un período de tiempo dado, en condiciones normales de vía, tránsito y control.

**Congestión:** 1) Condición en que existen muchos vehículos circulando y cada uno de ellos avanza lenta e irregularmente<sup>1</sup>. 2) Condición en que la demanda se acerca a la capacidad vial y el tiempo de recorrido aumenta a un valor superior al que rige en condiciones de baja demanda<sup>2</sup>. 3) Condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Real Academia Española, 2001.

<sup>2</sup> Thomson y Bull, 2001.

<sup>3</sup> Ortúzar y Willumsen, 1994.

**Factor moto:** Relación o equivalencia determinada entre la operación de una motocicleta y un automóvil, que incluye el efecto que la moto produce en el tránsito.

**Motocicleta:** Vehículo automotor de dos o más ruedas, con capacidad para el conductor y un acompañante.

**Modelos de simulación:** Sistemas informáticos que permiten analizar y evaluar diferentes configuraciones de la infraestructura y la operación del tránsito, que analizan la relación entre la oferta y la demanda mediante un software especializado en tránsito.

**Tránsito:** Es la acción y el efecto de pasar de un lugar a otro por un punto específico, se cuantifica como un número de vehículos o personas que pasan por una sección o tramo en un periodo determinado.

## **Abstract**

Mobility conditions in Bogotá require strategic interventions by the agencies responsible for roads and transit looking for sustainability over time and take into account variations in supply and demand for urban transport. The motorcycle as a transportation tool is evolving in terms of the number of these vehicles on the roads and the use given to them and requires technical analysis of road capacity that are useful for mobility management and for public policies definition. This study provides methodological guidelines for involving the motorcycle factor in traffic studies in Bogotá, beginning from the analysis of parameters that affect the transit operation, proposing a model based on speed - space, validating the model and finally proposing comparing ratios between motorcycles and cars in terms of traffic.

## **Keywords:**

(Road Capacity, Congestion, Motorcycle Equivalent, Motorcycle, Simulation Model, Traffic)

## Contenido

|   | Pág.      |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. CONTEXTO INVESTIGATIVO .....</b>                              | <b>7</b>  |
| 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....                                   | 7         |
| 2.2 OBJETIVOS .....   | 11        |
| 2.3 ALCANCE .....   | 12        |
| <b>3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....</b>                     | <b>13</b> |
| 3.1 LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ .....                        | 13        |
| 3.1.1 Análisis sobre flujo continuo .....                           | 15        |
| 3.1.2 Análisis sobre flujo discontinuo .....                        | 16        |
| 3.1.3 Análisis sobre estacionamientos .....                         | 17        |
| 3.2 PARÁMETROS ESTUDIADOS .....                                     | 18        |
| 3.2.1 La velocidad .....  | 18        |
| 3.2.2 La relación velocidad espacio utilizado .....                 | 22        |
| 3.2.3 La composición vehicular .....                                | 25        |
| 3.2.4 Las comparaciones físicas .....                               | 27        |
| 3.3 FACTORES DE EQUIVALENCIA UTILIZADOS .....                       | 28        |
| 3.3.1 A nivel internacional .....                                   | 28        |
| 3.3.2 A nivel nacional .....  | 31        |
| <b>4. ANÁLISIS DE LA MOTOCICLETA COMO MEDIO DE TRANSPORTE .....</b> | <b>33</b> |
| 4.1 LA MOTOCICLETA COMO VEHÍCULO URBANO .....                       | 33        |
| 4.2 TENDENCIA DE LA MOTOCICLETA EN LAS VÍAS URBANAS .....           | 41        |
| <b>5. REVISIÓN DE PARÁMETROS DE LA OPERACIÓN .....</b>              | <b>53</b> |
| 5.1 EL MOTOCICLISTA .....   | 53        |
| 5.2 LA MOTOCICLETA .....  | 58        |
| 5.3 LAS VÍAS .....  | 66        |
| 5.4 LA REGULACIÓN Y EL CONTROL .....                                | 73        |
| <b>6. CRITERIOS PROPUESTOS .....</b>                                | <b>77</b> |
| 6.1 MEDIR LA VELOCIDAD DE LAS MOTOCICLETAS .....                    | 77        |
| 6.2 DIMENSIONAR EL ESPACIO DE LOS VEHÍCULOS .....                   | 78        |
| 6.3 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA FLUJO CONTINUO .....                 | 79        |
| 6.3.1 Definición del tramo de estudio .....                         | 79        |

XII Criterios metodológicos para involucrar el factor moto en los estudios de tránsito  
en Bogotá

---

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 6.3.2      | Definición de factores estáticos de comparación .....         | 80         |
| 6.3.3      | Filmación del tramo de estudio .....                          | 80         |
| 6.3.4      | Medición de variables macroscópicas .....                     | 81         |
| 6.3.5      | Cálculo del factor moto para flujo continuo .....             | 82         |
| <b>7.</b>  | <b>ESTUDIO DE CASO.....</b>                                   | <b>85</b>  |
| 7.1        | VÍA DE CINCO CARRILES .....                                   | 85         |
| 7.2        | VÍA DE DOS CARRILES.....                                      | 93         |
| 7.3        | COMPARACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE 2 Y 5 CARRILES .....         | 100        |
| <b>8.</b>  | <b>APLICACIÓN EN LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ .....</b> | <b>103</b> |
| 8.1        | FACTOR MOTO EN TRAMOS DE VÍA.....                             | 103        |
| 8.2        | FACTOR MOTO EN SEMÁFOROS .....                                | 104        |
| 8.3        | LA MOTOCICLETA Y EL ESTACIONAMIENTO.....                      | 105        |
| <b>9.</b>  | <b>CONCLUSIONES .....</b>                                     | <b>111</b> |
| <b>10.</b> | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                   | <b>117</b> |

## Lista de Gráficas

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Gráfica 1:</b> Crecimiento del parque automotor en Bogotá últimos diez años .....            | 2    |
| <b>Gráfica 2:</b> Crecimiento del parque automotor de motocicletas en Bogotá.....               | 3    |
| <b>Gráfica 3:</b> Participación de los medios de transporte en Bogotá en el tiempo.....         | 35   |
| <b>Gráfica 4:</b> Localización geográfica del punto de registro en video (5 carriles).....      | 86   |
| <b>Gráfica 5:</b> Panorámicas en sentido sur norte y norte sur (5 carriles).....                | 87   |
| <b>Gráfica 6:</b> Volúmenes registrados durante 5 minutos en sentido Norte – Sur (5 carriles)   | 88   |
| <b>Gráfica 7:</b> Volúmenes registrados durante 5 minutos en sentido Sur – Norte (5 carriles)   | 89   |
| <b>Gráfica 8:</b> Relación de velocidades de operación autos – motocicletas (5 carriles) .....  | 91   |
| <b>Gráfica 9:</b> Factor moto en función de la velocidad de los autos (5 carriles) .....        | 92   |
| <b>Gráfica 10:</b> Localización geográfica del punto de registro en video (2 carriles).....     | 93   |
| <b>Gráfica 11:</b> Panorámicas en sentido sur norte y norte sur (2 carriles).....               | 94   |
| <b>Gráfica 12:</b> Volúmenes registrados durante 5 minutos, sentido Norte – Sur (2 carriles)    | 95   |
| <b>Gráfica 13:</b> Volúmenes registrados durante 5 minutos, sentido Sur – Norte (2 carriles)    | 96   |
| <b>Gráfica 14:</b> Relación de velocidades de operación autos – motocicletas (2 carriles) ..... | 98   |
| <b>Gráfica 15:</b> Factor moto en función de la velocidad de los autos (2 carriles) .....       | 99   |
| <b>Gráfica 16:</b> Comparación de resultados (2 y 5 carriles) .....                             | 100  |
| <b>Gráfica 17:</b> Motocicletas dentro de un cupo de estacionamiento de un automóvil .....      | 106  |
| <b>Gráfica 18:</b> Batería de estacionamientos a 45 <sup>0</sup> .....                          | 108  |
| <b>Gráfica 19:</b> Batería de estacionamientos a 60 <sup>0</sup> .....                          | 108  |
| <b>Gráfica 20:</b> Batería de estacionamientos a 90 <sup>0</sup> .....                          | 109  |



## Lista de Ilustraciones

|   | Pág. |
|---|------|
| <b>Ilustración 1:</b> Evolución de la malla vial de Bogotá entre los años 1998 y 2012.....      | 3    |
| <b>Ilustración 2:</b> La función de potencial que relaciona la velocidad y el espacio .....     | 23   |
| <b>Ilustración 3:</b> La relación entre la velocidad y el espacio utilizado .....               | 24   |
| <b>Ilustración 4:</b> Velocidad - espacio en función del número de carriles .....               | 25   |
| <b>Ilustración 5:</b> Factor moto en función del % de automóviles dentro de la corriente .....  | 26   |
| <b>Ilustración 6:</b> Uso de la motocicleta en Bogotá .....                                     | 37   |
| <b>Ilustración 7:</b> Reducción de la velocidad en la carrera 7 de Bogotá .....                 | 38   |
| <b>Ilustración 8:</b> Tiempo de viaje promedio de los medios de transporte más usados.....      | 39   |
| <b>Ilustración 9:</b> Previsión de viajes motorizados en el tiempo para Densapar, Bali .....    | 43   |
| <b>Ilustración 10:</b> Relación entre el número de motocicletas por 1.000 habitantes y el PIB45 |      |
| <b>Ilustración 11:</b> Definición teórica de las tasas de motorización de carros y motos .....  | 46   |
| <b>Ilustración 12:</b> Proyección de la tasa de motorización de carros y motos en Colombia. 47  |      |
| <b>Ilustración 13:</b> La participación de las motocicletas versus los vehículos.....           | 50   |
| <b>Ilustración 14:</b> Cambio en el uso de la motocicleta en Colombia .....                     | 50   |
| <b>Ilustración 15:</b> Accidentes con motocicleta involucrada (años 2007 a 2012).....           | 51   |
| <b>Ilustración 16:</b> Accidentes con motocicleta vs accidentes totales (años 2007 a 2012)..    | 52   |
| <b>Ilustración 17:</b> Género de los motociclistas en Colombia .....                            | 55   |
| <b>Ilustración 18:</b> Distribución por edad de los motociclistas en Colombia .....             | 56   |
| <b>Ilustración 19:</b> Años de experiencia de los motociclistas en Colombia.....                | 56   |
| <b>Ilustración 20:</b> Nivel educativo de los motociclistas por ciudades en Colombia.....       | 57   |
| <b>Ilustración 21:</b> Participación mundial de producción de motocicletas .....                | 59   |
| <b>Ilustración 22:</b> Las motos más vendidas en Colombia en el 2012.....                       | 60   |
| <b>Ilustración 23:</b> Motos por persona por lugar de residencia en Bogotá y la región2.....    | 61   |
| <b>Ilustración 24:</b> Composición vehicular por zonas en Bogotá .....                          | 62   |
| <b>Ilustración 25:</b> Estimación lineal de motos matriculadas y rodando en Bogotá a 2015..     | 63   |
| <b>Ilustración 26:</b> Cantidad de motos nuevas por año en Bogotá). .....                       | 64   |
| <b>Ilustración 27:</b> Comparación de espacio utilizado por diferentes medios de transporte. 64 |      |
| <b>Ilustración 28:</b> Cilindraje de las motocicletas matriculadas en Bogotá .....              | 65   |
| <b>Ilustración 29:</b> Expansión urbana de Bogotá.....  | 69   |
| <b>Ilustración 30:</b> Clasificación y estado de la malla vial de Bogotá a 2012.....            | 70   |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ilustración 31:</b> Correlación entre los estudios de tránsito y la malla vial arterial..... | 72  |
| <b>Ilustración 32:</b> Aplicaciones de los Sistemas Inteligentes de Transporte .....            | 74  |
| <b>Ilustración 33:</b> Comparación de la cantidad autos y motos por ciclo de semáforo .....     | 105 |



## Lista de Tablas

|  | <b>Pág.</b> |
|--|-------------|
| <b>Tabla 3-1:</b> Un ejemplo de las dimensiones de los vehículos .....                         | 27          |
| <b>Tabla 3-2:</b> Un ejemplo de la variación del factor moto en función de la velocidad.....   | 30          |
| <b>Tabla 4-1:</b> Causas del incremento y uso de la motocicleta .....                          | 41          |
| <b>Tabla 5-1:</b> Paquetes de servicios ITS en Colombia.....                                   | 75          |
| <b>Tabla 7-1:</b> Volúmenes registrados en video durante 5 minutos (5 carriles) .....          | 89          |
| <b>Tabla 7-2:</b> Resultados obtenidos de velocidad y del cálculo del factor moto (5 carriles) | 90          |
| <b>Tabla 7-3:</b> Volúmenes registrados en video durante 5 minutos (2 carriles) .....          | 97          |
| <b>Tabla 7-4:</b> Resultados obtenidos de velocidad y del cálculo del factor moto (2 carriles) | 97          |



## 1. INTRODUCCIÓN

El transporte terrestre, dentro de un contexto urbano y regional, funciona como un sistema soportado en tres grandes ápicos (infraestructura, regulación-control y medios), en donde la interacción de los mismos genera sobre un territorio unas implicaciones definidas o externalidades de ese sistema<sup>4</sup>; por su lado, la planeación urbana vista como la definición de políticas públicas sobre un territorio específico, debe hacer del transporte un motor de competitividad y no dejarlo como una problemática sin solución.

En este orden de ideas, el sistema de transporte -en una condición ideal- presenta una relación entre oferta y demanda, que para el caso de transporte de pasajeros, la demanda son viajes y, desde el punto de vista de la oferta, es la prestación del servicio, sea público o privado entre otras; en donde, se entiende como público el colectivo y el individual; y el privado como equipos de transporte para el uso personal y particular. El transporte privado entonces, para el caso urbano puede ser motorizado y no motorizado; en el caso de no motorizado, puede darse a pie, en bicicleta y otros medios alternativos; y, en el caso del motorizado se puede dar en vehículos livianos<sup>5</sup> y motocicletas.

En Bogotá, capital de Colombia -y estudio de caso de la presente investigación-, el transporte privado automotor, refiere cambios importantes entre la oferta y la demanda. Durante la última década, la ciudad ha modificado su oferta -en término de equipos-, esto es, un aumento del parque automotor, que en cifras concretas pasó de 679.299 en el año 2002, a 1.737.962 en diciembre de 2012.

---

<sup>4</sup> Concepto aplicado al transporte de personas visto como un sistema, en donde las externalidades son: accidentalidad, congestión, contaminación y deterioro urbano.

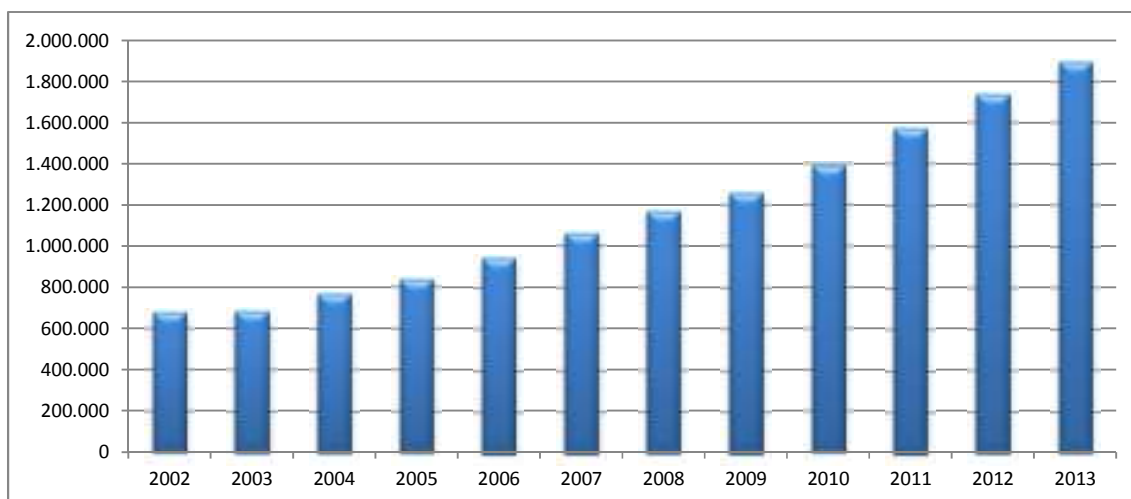
<sup>5</sup> Vehículo automotor de pasajeros, de carga o de uso mixto, con una masa total menor a 3.856 kg.

En la **Gráfica 1**<sup>6</sup> y con datos de la Secretaría Distrital de Movilidad, se presenta el crecimiento del parque automotor registrado en Bogotá (RDA) en el periodo de 2002 a 2013; en este caso el crecimiento promedio año por año es del 10 % y, refleja una continuidad en el crecimiento sostenido desde el año 2009.

En el mismo sentido, la oferta de infraestructura vial en Bogotá se ha mantenido relativamente constante tal como se presenta en la **Ilustración 1**<sup>6</sup>, en donde se exhibe cómo ha sido la evolución en la extensión de la malla vial desde el año 1998 hasta el año 2012, esta evolución se refiere en términos de kilómetros carril del sistema vial y del subsistema de transporte.

Dado el crecimiento del parque automotor mencionado y refiriendo el uso de la infraestructura vial disponible por cuenta de los vehículos, se han generado externalidades, dentro de éstas la más representativa es la congestión; ésta se acentuó en Bogotá en los últimos diez años, lo cual es evidente en el aumento de los tiempos de recorrido y en la modificación de los patrones de movilización.

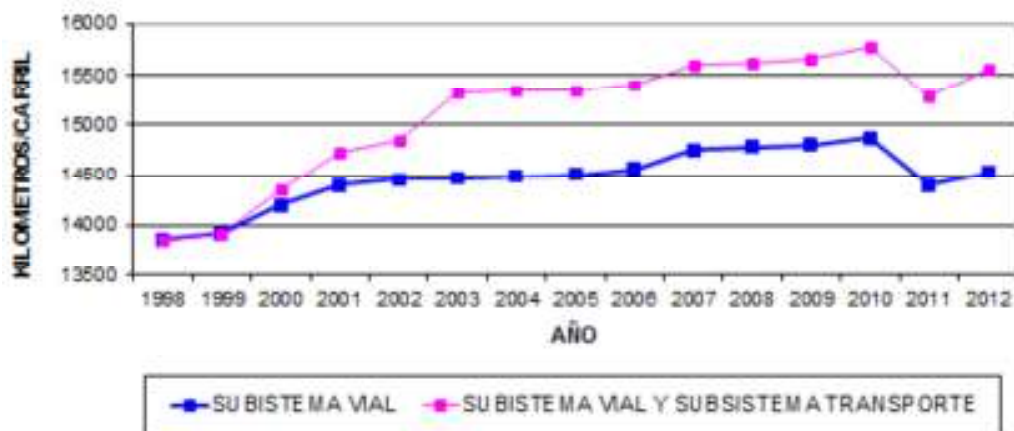
**Gráfica 1:** Crecimiento del parque automotor en Bogotá del año 2002 al año 2013



*Fuente: Elaboración propia a partir de información de la Oficina de Información Sectorial – Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, 2013.*

<sup>6</sup> Se hace referencia a gráficas cuando las imágenes son generadas a partir del desarrollo de la investigación o cuando la imagen refiere algún tratamiento sobre los datos para su presentación y, se hace referencia a ilustraciones cuando las imágenes se insertan en el documento sin ningún tratamiento sobre los datos.

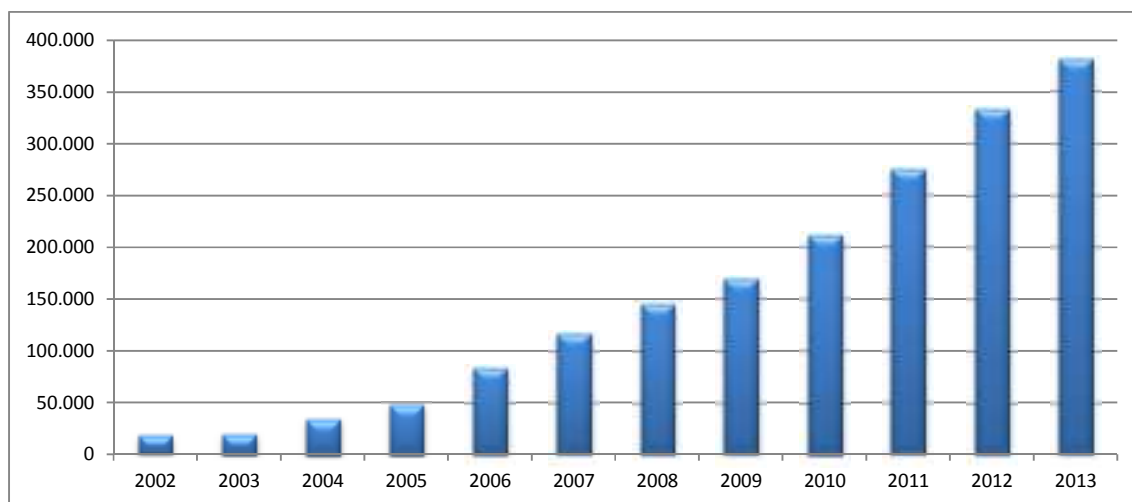
**Ilustración 1:** Evolución de la malla vial de Bogotá entre los años 1998 y 2012



Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial. Elaboración Dirección Técnica Estratégica IDU, 2013.<sup>7</sup>

En cuanto al número de Motocicletas que para este mismo periodo de tiempo (año 2002 a 2013) aumentó más de veinte veces y cuyo crecimiento se puede ver en la **Gráfica 2**, presenta un ingreso promedio de 150 motocicletas por día.

**Gráfica 2:** Crecimiento del parque de motocicletas en Bogotá para los años 2002 a 2013



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la OIS<sup>8</sup> – Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, 2013.

<sup>7</sup> Al respecto de esta gráfica de la evolución de la malla vial, es importante aclarar que entre los años 2010 y 2011 el Instituto de Desarrollo Urbano -IDU- realizó un contrato de actualización del inventario de la malla vial y ajustó los segmentos viales; por lo tanto, la cantidad de kilómetros carril del año 2011 es inferior a la cantidad de kilómetros carril del año 2010 sin que se entienda como una disminución real de la red vial.

Este crecimiento, que representa un ingreso de casi 150.000 motocicletas al año, presenta una tendencia promedio de aumento del 34 % por cada año; lo que indica, si se compara con el parque total una relación de 3,4 veces. Esta condición, sumado a la accidentalidad y otras consideraciones de la operación, hace de este vehículo un objeto proclive de planeación urbana y de políticas públicas de movilidad, ya sea en la provisión de infraestructuras especializadas o en la organización de los flujos vehiculares en espacios urbanos.

De la mano con el aumento en el número de motocicletas, aumenta la exposición a la accidentalidad de este tipo de vehículos de dos ruedas; en cifras concretas, ésta ha aumentado considerablemente durante los últimos años<sup>9</sup>. La accidentalidad entonces, entendida como otra externalidad del sistema de transporte, hace que las miradas de las entidades se centren únicamente en el control y la regulación de las motocicletas y no en el uso y crecimiento del parque como tal y, mucho menos, en el impacto que estos vehículos generan sobre la vialidad y desde luego sobre la movilidad urbana en Bogotá.

Dentro del anterior contexto y, dado el crecimiento del parque automotor ya mencionado, es de notar que la motocicleta se ha convertido en un atractivo para la comunidad en general, por las diferentes eficiencias en cuanto a su desplazamiento y la economía que esta representa para los usuarios. Por lo tanto, se hace necesario investigar sobre algunas causas y consecuencias que han surgido del incremento y, por supuesto del uso de las motocicletas en espacios urbanos, particularmente en el caso de Bogotá.

Es importante denotar que, en la revisión de políticas y normatividad, la motocicleta aún no es tenida en cuenta como un “vehículo” ya sea desde el punto de vista de transporte automotor y mucho menos si se hace referencia a los análisis desde el punto de vista de tránsito vehicular. En términos de estudios de tránsito por ejemplo, dentro de los requerimientos realizados por la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, en cuanto a la toma de datos en campo (aforos vehiculares) para los diferentes estudios que se presentan en la actualidad, aparece la motocicleta; sin embargo con estos datos no se

---

<sup>8</sup> Oficina de Información Sectorial.

<sup>9</sup> Estadísticas de accidentalidad 1999 a 2009, Fondo de Prevención Vial, Bogotá 2009.

---

realizan los análisis correspondientes, tal vez porque no se sabe cómo compararla con un vehículo liviano (en términos de un factor de equivalencia) o porque no se reconoce totalmente el impacto que ésta genera en la operación del tránsito vehicular de la ciudad y la capacidad de las vías.

A nivel nacional, el análisis de la motocicleta dentro de los estudios de tránsito se presenta en dos escenarios: uno en el cual la motocicleta no es tenida en cuenta en los análisis –al menos como porcentaje de un vehículo liviano-; y otro en el cual se utilizan equivalencias de motocicletas a vehículos livianos (sin saber de dónde se obtienen o por qué se usan). En ambos escenarios se está desconociendo el impacto de la operación de este medio de transporte dentro de las corrientes vehiculares. Un ejemplo de los factores empleados en Colombia se encuentra en ciudades como Medellín, en donde se utiliza un factor de **0,50** como equivalencia de una motocicleta con un vehículo liviano<sup>10</sup> o en Manizales que se utiliza **0,75** (Agudelo, 2006).

El encontrar entonces, una equivalencia entre la motocicleta y un vehículo liviano, hace que se pueda cualificar acertadamente la oferta de la infraestructura vial, es decir, si se conoce el ingreso de vehículos (incluyendo las motos) en un periodo de tiempo se puede inferir hasta cuándo podrán, por ejemplo, ingresar más vehículos a la malla vial de Bogotá cumpliendo estándares de servicio y confort o cuáles deben ser las políticas de movilidad en cuanto a la interacción de los vehículos en las vías; es en este sentido, que al encontrar un factor de comparación entre estos dos vehículos, se podrán cuantificar las motocicletas como vehículos dentro de las corrientes vehiculares y proponer políticas que mejoren la movilidad urbana.

En el segundo capítulo del presente documento se hace referencia al contexto investigativo del proyecto como trabajo de grado; en el tercer capítulo se hace una revisión del marco teórico y el estado del arte que ostenta los estudios de tránsito, las metodologías utilizadas y los factores de capacidad vial utilizados; en el cuarto capítulo se describe algunas causas y consecuencias del crecimiento de la motocicleta como medio de transporte; en el quinto capítulo se revisa en detalle las condiciones de los

---

<sup>10</sup> Factor utilizado en Medellín por la Secretaría de Tránsito y Transportes para generar equivalencia de la motocicleta y se menciona en el documento del Carril Sólo Motos, prueba piloto de Septiembre de 2008.

parámetros de la operación del tránsito (vía, vehículo, conductor y, regulación y control); en el sexto capítulo se proponen criterios para involucrar a la motocicleta dentro de los análisis del tránsito; en el séptimo, por medio de un estudio de caso se valida la propuesta y, finalmente en el último capítulo se aplica de manera conceptual los factores de comparación en los estudios de tránsito en Bogotá.



## **2. CONTEXTO INVESTIGATIVO**

En este capítulo, se hace referencia en primera medida a la definición del problema que motiva la presente investigación, seguido de los objetivos y el alcance del proyecto académico; los cuales en conjunto forman parte del documento y justifican la estructura del mismo.

### **2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La incorporación progresiva y sostenida de las motocicletas de los últimos años en las corrientes vehiculares sobre las vías urbanas mencionada en el capítulo anterior, debe verse de manera incluyente y normal en la composición del tránsito de ciudades en desarrollo como Bogotá; en donde la motocicleta ostenta ya una participación importante en la distribución de los viajes por medios de transporte<sup>11</sup>. El crecimiento del número de motoristas<sup>12</sup>, hace de la motocicleta un medio de transporte urbano de uso masivo.

¿Qué pasa entonces con las políticas Nacionales o Distritales sobre el motociclismo? Pues básicamente éstas deben entender el rol de la motocicleta y propender por incentivar o limitar el uso de este vehículo de manera concreta para mitigar las posibles externalidades que produce el sistema de transporte dentro del territorio.

Desde el punto de vista de transporte, la motocicleta ostenta eficiencias en comparación con la operación de otros medios de transporte, las cuales se detallan en el capítulo 4 del presente documento. Desde el punto de vista del tránsito y con referencia a la accidentalidad se tiende a ligar el crecimiento del parque automotor de motocicletas con

---

<sup>11</sup> Resultados de la Encuesta de Movilidad de 2011 en Bogotá y la Región, Secretaría Distrital de Movilidad, 2012.

<sup>12</sup> Término utilizado en algunos contextos literarios y de operación vial para hacer referencia a los conductores de motocicletas.

---

aumento de la accidentalidad -que se puede asociar con la probabilidad de conflictos entre los diferentes actores<sup>13</sup>-, lo cual no es tan directo como parece<sup>14</sup>.

Unas de variables encontradas en los análisis de la seguridad vial de las motocicletas en Bogotá<sup>15</sup> son: las diferencias en el comportamiento del ser humano, que tiene que ver con la variación en la forma de conducir, que puede verse modificada por la misma maniobrabilidad de la motocicleta y que la hace diferente a la de otros vehículos; o la falta de reconocimiento del motociclista por parte de los demás actores de la movilidad.

En cuanto a la congestión, es importante mencionar que se realizan maniobras únicas de este tipo de vehículo; en un semáforo por ejemplo, en donde la congestión se refleja en las filas de vehículos a espera de cruzar una determinada intersección, los motoristas transitan por los espacios que deja un vehículo detenido a lado de otro o “intercarriles”<sup>16</sup> hasta llegar a la primera línea de vehículos e iniciar la marcha en cabeza del pelotón<sup>17</sup> al cambio a verde del semáforo.

En cuanto a los estudios de tránsito, en Bogotá las autoridades encargadas de dar viabilidad a la construcción o regularización de una infraestructura, están guiadas por el Decreto 596 de 2007 “...por el cual se señalan las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de movilidad de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital”. Este decreto requiere, para la presentación y aprobación del

---

<sup>13</sup> La definición de actores de la vía viene dada por el artículo 2 de la Ley 1503 de 2011 “los actores de la vía son personas que asumen un rol determinado para hacer uso de las vías, con la finalidad de desplazarse entre un lugar y otro”, estos son: Peatón, conductor, pasajero, ciclista y motociclista, entre otros.

<sup>14</sup> Las cifras de la accidentalidad en Bogotá que dispone la Dirección de Seguridad Vial de la Secretaría de Movilidad refieren una disminución de la accidentalidad relativa de motocicletas, es decir comparando el número de accidentes por 10.000 motocicletas entre los años 2007 a 2012.

<sup>15</sup> Hace parte de los resultados de la Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito de la Secretaría Distrital de Movilidad, sobre ejercicios realizados como estrategias para disminuir la accidentalidad en el año 2012; en donde se evidencia que la mezcla de comportamientos de todos los actores, las formas de pensar, las diferencias de velocidad de los vehículos, la tensión social por el tiempo de recorrido y el estrés que se produce por el tránsito en sí, generan inconvenientes en la operación y aportan en la causalidad de la accidentalidad.

<sup>16</sup> Espacio libre que no se ocupa normalmente por los vehículos y que se delimita por el espacio libre de una calzada entre dos vehículos alineados en paralelo o entre un vehículo y el límite con el espacio público.

<sup>17</sup> Hace referencia a un conjunto de vehículos que se siguen unos a otros y que avanzan en la misma dirección por una vía.

---

correspondiente estudio de tránsito, de un contenido mínimo, el cual refiere entre otros aspectos “del aforo vehicular y peatonal sobre la malla vial circundante al proyecto”, igualmente requiere “del análisis de puntos críticos del tránsito vehicular resultante de la modelación y propuesta de intervención”. En este sentido cuando se habla de aforo vehicular, se requiere de la caracterización del volumen en un punto definido discriminando este volumen por tipo de vehículo en un tiempo determinado, es decir se aforan a lo largo del periodo de análisis, los autos-buses-camiones-motos- y por el otro los tránsitos no motorizados como peatones y bicicletas.

En cuanto a la normatividad técnica, el Manual de Planeación de Bogotá<sup>18</sup>, describe diferentes parámetros que determinan el nivel de servicio de una infraestructura, pero para el caso de vías arterias es la velocidad la que se utiliza para determinar el nivel de servicio; en este sentido este manual contempla el ajuste de la velocidad en función de factores tales como: la continuidad del flujo, del ancho y número de carriles, de la superficie de rodadura y del porcentaje de vehículos pesados<sup>19</sup>, pero en ningún caso define qué hacer con los vehículos más pequeños a un vehículo liviano, es decir no se define cómo comparar una motocicleta con un vehículo liviano, como sí lo hace con los vehículos tipo Bus y tipo Camión en donde se expone un factor de comparación como un porcentaje de un vehículo liviano; para el caso de Bogotá el factor de equivalencia utilizado es **2,0** para buses (Factor Bus = 2,0) y **2,5** para camiones (Factor Camión = 2,5).

Entonces, al no tener definido técnicamente un factor para comparar a la motocicleta con un vehículo liviano, no se puede incluir este vehículo en los diferentes análisis de tránsito que se realizan y presentan para aprobación de las autoridades pertinentes; razón por la cual, al realizarse los cálculos de la capacidad vial y desde luego todos los modelos de simulación del tránsito, el número de motocicletas que se aforó previamente, no se incluye el porcentaje de motocicletas en el total del volumen vehicular en la corriente de tránsito, o simplemente se utiliza un factor de ajuste sin valoración del impacto real de la motocicleta en una corriente vehicular.

---

<sup>18</sup> Hace referencia al Manual de Planeación para la Administración del Tránsito y el Transporte, elaborado por Cal & Mayor y Asociados para la Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá en el 2005.

<sup>19</sup> Se considera un vehículo pesado, todo aquel que presenta como mínimo un eje tándem en la parte trasera del vehículo indiferente del servicio que preste.

---

Por otro lado, surge la pregunta de ¿por qué se piensa que el uso de la motocicleta es un problema? si en algunas ciudades de Europa la motocicleta es pensada ya como un medio alternativo para solucionar la movilidad obligada<sup>20</sup>; ciudades como Londres realizan apuestas por masificar el uso de la motocicleta y la bicicleta de la mano de los vehículos unipersonales. En algunas ciudades americanas con grandes desarrollos viales y desarrollos urbanos desconcentrados, la motocicleta no presenta impacto sobre la movilidad urbana; en estos espacios urbanos se avanza en la formulación de políticas de movilidad que dan oportunidad al tránsito de motocicletas dentro de las corrientes vehiculares con estrategias como: “Lane Splitting” (circulando entre carriles) o “Lane Sharing” (compartiendo los carriles)<sup>21</sup>.

Y ¿qué pasa si la motocicleta es un medio de transporte de uso masivo? como sucede en ciudades del “lejano oriente”; en países como Indonesia, China, India, Camboya, Tailandia y Vietnam<sup>22</sup>, en donde el desarrollo de la infraestructura y el crecimiento del uso de la motocicleta han generado la necesidad de proponer modelos de operación diferentes; allí existen carriles exclusivos para el uso de la motocicleta. O donde la motocicleta es la única opción de transporte y su operación vial se regula entonces en función de este tipo de vehículo.

La circulación, el uso y el crecimiento de motocicletas son las variables a analizar y en esta medida, es de gran importancia para la toma de decisiones, el definir la equivalencia de una motocicleta con un automóvil o el definir un volumen vehicular máximo transitando en las vías, para finalmente definir políticas de movilidad sostenible, que den claridad sobre cuál es la participación real de la motocicleta en la composición vehicular;

---

<sup>20</sup> Patrón de movilización de las personas de una ciudad asociado principalmente con motivos de viaje de estudio y trabajo que se realizan de lunes a viernes.

<sup>21</sup> Términos de Greg Speier utilizados en el marco del Primer Foro Iberoamericano sobre Motos y Seguridad Vial, realizado en Brasil en el año 2013 y que refieren las políticas de circulación de motocicletas en California (Estados Unidos).

<sup>22</sup> Citado por la Fundación Ciudad Humana en el documento de Caracterización de los Motociclistas Colombianos, en donde describen que en Vietnam las motos representan más del 90 % del parque automotor y en Camboya más del 70 % del total de vehículos automotores.

o por lo menos se infiera sobre ¿cómo se debe manejar el crecimiento del parque automotor frente a las necesidades de construcción y mantenimiento de la infraestructura vial? Ahí es donde se convierte en un tema crucial para los diferentes análisis de tránsito y por qué no de transporte.

En función de lo anteriormente descrito, la presente investigación plantea la pregunta para el caso de Bogotá: ¿Cómo identificar, en los estudios de tránsito así como en los diferentes análisis de movilidad, un factor de equivalencia de la motocicleta en relación con vehículos livianos, que dé participación integral a la motocicleta como un medio de transporte de uso masivo en un espacio urbano?

## **2.2 OBJETIVOS**

Como objetivo general de la presente investigación se tiene:

Establecer criterios que sirvan para determinar factores de equivalencia de la motocicleta en relación con el automóvil, en los estudios de tránsito requeridos para el diseño y la operación vial, a partir de comparaciones físicas de la operación entre estos dos vehículos.

A continuación se presentan los objetivos específicos de la investigación:

- Definir las causas y consecuencias incursas en la evolución de la motocicleta como medio de transporte en Bogotá en relación con otros medios, para de ese modo entender el porqué del crecimiento de ese parque automotor.
- Caracterizar dentro de un marco analítico los parámetros que influyen en la operación del tránsito, de las motocicletas como son: la infraestructura, los vehículos, los conductores y los sistemas de control.
- Proponer relaciones entre parámetros caracterizados que logren asociar diferentes factores de equivalencia de la motocicleta con un automóvil que se puedan utilizar en los estudios de tránsito.

### **2.3 ALCANCE**

Es importante mencionar que la metodología propuesta, los análisis realizados y los resultados obtenidos, se realizan y sirven de criterio para incluir un “factor moto” para la ciudad de Bogotá como equivalencia de un automóvil; no obstante la metodología pueda ser utilizada para otras ciudades como fundamento técnico para el desarrollo de otras investigaciones y/o aplicaciones cuya finalidad sea la obtención del factor de comparación motocicleta - automóvil en términos de capacidad vial.

### 3. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se hace referencia a la literatura, los conceptos teóricos aplicados y algunas definiciones necesarias para el abordaje sistémico del problema; se efectúa igualmente una revisión bibliográfica de los estudios de tránsito en Bogotá, de las metodologías utilizadas y de los factores de equivalencia vehicular para el tránsito de motocicletas en espacios urbanos.

#### 3.1 LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ

Haciendo referencia a la dinámica del urbanismo en cuanto al desarrollo de proyectos en la ciudad y la evolución de los medios de transporte en Bogotá, es evidente que esta metrópoli afronta problemas de congestión vehicular, asociados con el desarrollo mismo.

La Administración Distrital como parte del abordaje para el análisis y solución de la problemática, elaboró el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte<sup>23</sup>, el cual define los lineamientos necesarios para realizar diferentes estudios de tránsito, cumpliendo con los parámetros de recolección y muestreo de datos e incluyendo temas básicos de capacidad y niveles de servicio. En este manual se define que:

*Los estudios de tránsito tratan de identificar y prever el comportamiento del flujo vehicular en redes viales, explicado a través de modelos matemáticos que incluyen las tres variables de la ecuación fundamental del tránsito: velocidad, densidad u ocupación vial y capacidad.*

Bogotá como capital del país, es modelo para la definición y aplicación de normas y políticas de movilidad, que de manera progresiva han incluido al ser humano dentro de las actividades mismas de la población; para el caso concreto de la presente

---

<sup>23</sup> Es un documento de Cal & Mayor y asociados para la Secretaría de Tránsito y Transporte y la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., realizado en octubre de 2005.

investigación y con énfasis en el tránsito vehicular y los medios de transporte privados, la Alcaldía Mayor mediante el Decreto 596 del 26 de diciembre de 2007, señala las reglas para la exigencia, realización y presentación de estudios de tránsito de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos en el Distrito Capital; el cual en su artículo primero define el estudio de tránsito como:

*Estudio que contiene el análisis riguroso de la situación actual del tránsito, de la demanda vehicular proyectada y de los impactos que el proyecto urbanístico genera sobre la movilidad circundante y su zona de influencia. Incluye tránsito vehicular y peatonal, análisis de colas, evaluación de cupos de parqueaderos, semaforización, análisis de puntos críticos y capacidad vehicular de la malla vial arterial principal y complementaria del área de influencia del proyecto.*

Al respecto es importante acotar que se habla de desarrollos urbanísticos y arquitectónicos a todos aquellos proyectos de infraestructura urbana incluyendo las vías que demandan impactos relevantes en las actividades socioeconómicas y el uso del suelo y, por lo tanto requieren de análisis rigurosos de la movilidad que hoy por hoy se enmarcan entre otros en estudios de tránsito.

De acuerdo con lo anterior, en Bogotá se realizan estudios de tránsito, contemplando las diferentes variables y analizando todos los actores, con el fin de mitigar los posibles impactos que se puedan generar por el desarrollo de proyectos urbanos en la ciudad. La mayor parte de los proyectos que presentan estudios de tránsito se encuentran sobre vías de la malla vial arterial principal o en su defecto intermedia<sup>24</sup>.

Todos estos estudios, en cuanto a la parte técnica son revisados y avalados por la Secretaría Distrital de Movilidad, específicamente por la Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito, proceso que es realizado teniendo en cuenta la normatividad de tránsito y transporte vigente y, que en la actualidad describe unos requerimientos mínimos para la elaboración de estos estudios acotados por el anexo 2 del Decreto 596 de 2007; dentro de los cuales se puede mencionar entre otros: la modelación de la red vial circundante de la situación con proyecto.

---

<sup>24</sup> En el numeral 5.3 del presente documento se analiza y acota la relación geográfica que existe entre la ubicación de los estudios de tránsito y su cercanía con las vías de la malla vial arterial.



---

Aunque los modelos de simulación se elaboran en diferentes programas de computador y tienen como fin representar las condiciones de operación de las situaciones mencionadas; estos programas requieren incluir además de parámetros geométricos y de operación, los volúmenes y velocidades de los diferentes tipos de vehículos, incluso parámetros de operación de medios no motorizados<sup>25</sup>. Es ahí, donde la problemática mencionada en el numeral 2.1 del presente documento cobra importancia, en el momento de ingresar los parámetros del vehículo tipo motocicleta para la elaboración y validación de los modelos de simulación y, que estos correspondan con la realidad en terreno. Es importante mencionar que los análisis de tránsito vehicular se realizan principalmente sobre corrientes vehiculares, las cuales son un conjunto de vehículos que circulan a lo largo de la calzada y en el mismo sentido<sup>26</sup>.

A continuación se hace mención a los análisis sobre flujos continuos y discontinuos, con la claridad que en los primeros los flujos circulan sin interrupciones y en los segundos existen unos elementos de control que los interrumpen.

### **3.1.1 Análisis sobre flujo continuo**

Se define como flujo continuo, a la interacción de los vehículos dentro de una corriente sin la presencia de controles tecnológicos o humanos que interrumpan la circulación bajo condiciones normales de operación. Los análisis de tránsito sobre estas corrientes están acotados dentro del Manual de Planeación<sup>23</sup> en el capítulo 2 del tomo III y hacen referencia al análisis de capacidad y los niveles de servicio de vías de dos carriles, vías multicarril, secciones básicas de autopista, rampas de convergencia y divergencia y, tramos de entrecruzamiento; es de acotar que para Bogotá no existen vías con características completas de flujo continuo como las mencionadas, sólo algunas vías presentan tramos con características y comportamientos similares a los de una vía multicarril.

Dentro del contexto de la operación de las motocicletas, tanto la literatura colombiana como los estudios de tránsito realizados, no reconocen a este vehículo para los análisis;

---

<sup>25</sup> Incluye los desplazamientos a pie, en bicicleta y otros medios alternativos que no tienen impulso mecánico y que no se consideran vehículo automotor.

<sup>26</sup> Tomo I, capítulo 2. Tránsito Vehicular. Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, Secretaría de Tránsito y Transporte, Bogotá, 2005.

sin embargo el HCM<sup>27</sup> en su versión 2010 reconoce que las motocicletas hacen parte de los tipos de vehículo a motor sin que con esto se determine alguna incidencia sobre la capacidad o los niveles de servicio.

Finalmente se denota que los diferentes manuales y metodologías reconocen la afectación que representan los buses, camiones y vehículos recreativos sobre la capacidad vial, disminuyéndola; por lo que, se hace necesario tener en cuenta entonces la afectación que genera los flujos de motocicletas sobre las condiciones de la oferta vial.

### **3.1.2 Análisis sobre flujo discontinuo**

El flujo discontinuo hace referencia a la interrupción de una corriente vehicular por un dispositivo de control, al respecto Ardila (2003) menciona que *“La circulación de una vía de flujo interrumpido está normalmente dominada por puntos donde existen elementos fijos que pueden interrumpir la circulación, entre los que se encuentran los semáforos, las señales de Pare y Ceda el Paso y otros tipos de control”*.

En este caso, el análisis de los flujos discontinuos tiene su interés sobre la determinación de niveles de servicio en intersecciones semaforizadas, toda vez que este tipo de control genera una discontinuidad en los flujos que es necesario revisar al detalle y entender qué sucede con la capacidad vial en las intersecciones con semáforo.

Del mismo modo que para los análisis de flujos continuos, para los flujos discontinuos la literatura colombiana, no reconoce a este vehículo para los análisis de intersecciones semaforizadas; en este caso, el análisis de la afectación de los diferentes tipos de vehículos se reconoce en la determinación del flujo de saturación, por tanto es necesario tener en cuenta la afectación por los flujos de motocicletas en la determinación de este parámetro y convertir a la motocicleta en un automóvil equivalente.

---

<sup>27</sup> Highway Capacity Manual, es un manual Americano realizado por “Transportation Research Board”.

### 3.1.3 Análisis sobre estacionamientos

El estacionamiento es el espacio público o privado destinado al acomodamiento temporal de los vehículos, el cual alberga a los vehículos la mayor parte del día, según el Código Nacional de Tránsito el estacionamiento se conoce como *parqueadero*.

En Colombia se usa de manera indiferente las palabras estacionamientos y parqueaderos; el deber ser de los conceptos es<sup>28</sup>: *estacionamiento* y *estacionar*, los cuales corresponden en su orden, a los espacios que satisfacen la necesidad de parada de un vehículo y la acción de realizar esta parada apagando el motor del vehículo en un lugar definido.

El análisis se enfoca sobre estacionamientos fuera de vía, toda vez que, en el caso del estacionamiento en vía y en el contexto de análisis de la presente investigación sobre vías arterias, el Código Nacional de Tránsito restringe el estacionamiento. Por lo tanto, los estudios de tránsito, para el caso de estacionamientos tienen que ver con las condiciones de la oferta y la demanda y, las exigencias mínimas de cuotas de estacionamiento; al respecto se acota que estas exigencias empiezan con procesos de ordenamiento físico del territorio, como es el acuerdo 6 de 1990<sup>29</sup> pasando por lo reglamentado por el cuadro anexo 4 del Plan de Ordenamiento Territorial, el cual su vez tiene que ver con las zonas de demanda y las cuotas mínimas de estacionamiento y, terminan por lo descrito en el Plan de Ordenamiento Territorial –POT- 2013<sup>30</sup>, que establece en su artículo 189, numeral i que:

*“En todas las licencias urbanísticas para nuevos desarrollos que provean estacionamientos que hagan parte de la red de estacionamientos públicos según lo contemplado en el Artículo 186 del presente plan, deberán prever y poner al servicio público un cupo para bicicletas por cada dos cupos para vehículos automotores y un cupo para motocicletas por cada tres cupos de vehículos automotores”.*

---

<sup>28</sup> De acuerdo con la estructura del subsistema de transporte del Plan Maestro de Movilidad se hace referencia al sistema de estacionamientos públicos.

<sup>29</sup> Es un Acuerdo del Distrito Especial, por el cual se adopta el estatuto para el ordenamiento físico del territorio del distrito especial de Bogotá en el año 1990.

<sup>30</sup> Decreto 364 de 26 de agosto de 2013, por el cual se modifican excepcionalmente las normas urbanísticas del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.

Dentro de los documentos revisados es importante mencionar que las cuotas de estacionamiento estaban enfocadas a vehículos particulares del tipo automóvil, con algunas consideraciones adicionales como espacios para conductores y pasajeros en condición de discapacidad entre otros; pero la referencia sobre la exigencia o características de los estacionamientos para motocicletas se asociaba con el estacionamiento de bicicletas y motocicletas como unos “vehículos menores”<sup>31</sup>; todo esto fue modificado con lo descrito por el POT 2013, en donde se describen especificaciones más de fondo sobre el tema de estacionamientos incluyendo el estacionamiento para motocicletas.

Por otro lado, la revisión de la operación de los estacionamientos de motocicletas en los grandes centros de concentración y atracción de tráfico define que estos espacios vienen determinados a partir de las fuerzas del mercado, las cuales han obligado a los urbanizadores y constructores a adaptar espacios pensados inicialmente para el automóvil, al estacionamiento de las motocicletas en función del número de cupos y la rotación de estos espacios.

## **3.2 PARÁMETROS ESTUDIADOS**

A nivel mundial se han investigado diferentes metodologías para estimar los vehículos equivalentes dentro de los análisis de las corrientes vehiculares; a continuación se describen algunos parámetros estudiados para determinar la incidencia de la motocicleta en el tránsito.

### **3.2.1 La velocidad**

En el contexto de la investigación se describen algunas consideraciones con el fin de establecer que la velocidad sea el parámetro base para el análisis del tránsito de motocicletas, todo esto por las implicaciones que la velocidad tiene sobre la capacidad vial y sobre los niveles de servicio de las vías.

---

<sup>31</sup> El término de vehículo menor se utiliza en el artículo 18 del Decreto 321 de 1992, que describe la clasificación de los estacionamientos y describe al grupo 1 como aquel estacionamiento para motocicletas y bicicletas.

---

La velocidad es la relación que existe entre el espacio recorrido por un móvil y la unidad de tiempo, se expresa comúnmente en kilómetros por hora y a veces en metros por segundo. Desde el punto de vista de tránsito, existen diferentes tipos de velocidad, pero es la velocidad media de todos los vehículos de una corriente de tránsito la que interesa para los diferentes análisis de capacidad<sup>26</sup>. La velocidad es un parámetro que los usuarios de la vía pueden medir y asociar directamente con la eficiencia del medio de transporte en un recorrido, toda vez que medir una velocidad puntual o un tiempo de recorrido se hace más fácil que percibir esta misma eficiencia desde la medición del volumen vehicular o desde la densidad de vehículos en las vías.

En cuanto a las consideraciones que se tienen a nivel mundial sobre la velocidad como variable del tránsito y la seguridad vial prima el hecho que ésta es uno de los factores que más contribuye a la accidentalidad bajo el argumento que un exceso de velocidad incide directamente en impactos sobre la interacción de un vehículo con otro y de un vehículo con el ser humano. Estudios sobre el tema de la investigación de accidentes demuestran que en un choque entre un carro y un peatón, si el carro va a 30 km/h, hay un 15% de probabilidad de que sea fatal. A 60 km/h la probabilidad de que sea fatal aumenta a un 80% y en ese orden de ideas la velocidad se constituye un factor detonante que amplifica la probabilidad y la gravedad de los accidentes y la probabilidad de que en el accidente se agrave el impacto sobre el ser humano.

La Organización Mundial de la Salud en su informe sobre la situación mundial de la seguridad vial en el año 2009, dentro de sus recomendaciones, en especial las que tiene que ver con la velocidad define *que los países deben fijar límites de velocidad que reflejen la función de las diferentes vías de tránsito*; al hacerlo, deberían tener en cuenta los tipos de vehículos que circulan por las vías, la naturaleza y el propósito de éstas, las actividades que se desarrollan junto a ellas, la disposición de servicios para los usuarios vulnerables y la frecuencia con que los peatones y los ciclistas usan dichas vías. Igualmente se define que es necesario que se conceda cada vez mayor prioridad a los usuarios vulnerables, sobre todo en zonas urbanas, donde los límites de velocidad no deberían exceder de 50 km/h. De ahí la necesidad de entender que la velocidad de los vehículos se debe analizar por tipo de vehículo y no en general del conjunto de vehículos, como es el caso de algunas normas de tránsito en las ciudades colombianas.

En cuanto al tránsito de vehículos automotores el Código Nacional de Tránsito<sup>32</sup> reglamenta la velocidad en las zonas urbanas la velocidad máxima permitida es de 60 km/h y en las zonas escolares, residenciales y hospitalarias será hasta de 30 km/h. Es así que los conductores deben circular a una velocidad segura, la cual debe tener en cuenta las condiciones del tráfico, el estado de la vía, sus propias condiciones físicas, las características del vehículo y otras características propias del comportamiento humano y el entorno que en conjunto hacen que la velocidad se considere segura para todos los usuarios.

Dentro del análisis de la velocidad y las implicaciones que ésta tiene sobre la operación del tránsito en particular sobre el comportamiento humano, se puede mencionar que:

- Constituye la forma más común de infringir las normas de tránsito
- No sólo es causa de accidentes sino que agrava sus consecuencias (lesiones) y los aumentos de los límites se asocian directamente con la siniestralidad
- Potencia negativamente la probabilidad de cometer errores humanos por la pérdida en el tiempo de reacción y la limitante en cuanto al espacio recorrido
- Los límites normativos tienen un efecto en función de la señalización y el control en vía, en donde con el pasar del tiempo se va produciendo un “efecto de adaptación o incremento de la tolerancia” en los conductores con tendencia a infringirla, lo que hace que se vaya superando el nuevo límite establecido y se vaya adaptando a esta limitante de la operación
- Produce una sensación psicológica de libertad en los humanos que se asocia directamente con el tipo de usuario: así por ejemplo los conductores jóvenes tienen a transitar a velocidades altas mientras que los conductores de avanzada edad transitan a velocidades asociadas con los límites humanos y no con los límites del vehículo o de la vía.

Ahora bien, en términos de capacidad vial en vías arterias, que es el objeto del análisis, la velocidad es la base para definir los niveles de servicio por cuanto la velocidad es la

---

<sup>32</sup> Ley 769 de 2002 y su actualización ley 1383 de 2010 del Congreso de la República de Colombia.

---

variable macroscópica que se asocia con el nivel de servicio, toda vez que el volumen puede ser el mismo para dos velocidades diferentes de una corriente (flujo libre y congestión).

Bajo las consideraciones mencionadas y respecto de la propuesta de definir a la velocidad como el parámetro de comparación de la operación de la motocicleta y convertirla en vehículos equivalentes, se indica que la velocidad media de la corriente vehicular varía en función de la demanda vehicular, no es la misma velocidad de operación en periodos de congestión que en periodos de velocidad a flujo libre, haciendo referencia desde luego a la diferencia en la operación de la motocicleta con los demás vehículos automotores y que la hace objeto de análisis.

Para la conceptualización de que en periodos de baja demanda vehicular la velocidad de las motocicletas no refiere una grande diferencia sobre la velocidad de los demás vehículos, un estudio realizado para medir las velocidades de operación por tipo de vehículos en la Avenida NQS con Avenida de las Américas refiere que:

*“Los vehículos livianos alcanzan mayores velocidades que las motos, buses y camiones; se registró un máximo para este tipo de vehículo de 103 Km/h y un promedio de 58,75 Km/h, mientras que el promedio de velocidad puntual en motos es de 53,66 Km/h, para los buses es de 51,73 Km/h y para los camiones de 47,68 Km/h.”<sup>33</sup>*

La principal conclusión del estudio fue que el 42% de los vehículos transitan a velocidades superiores a la permitida y que las motocicletas transitan a velocidades inferiores a las de los automóviles.

En otro ejercicio de medición puntual de la velocidad se aforó la Avenida NQS pero esta vez a la altura de la calle 52 y los resultados fueron que:

*“Los vehículos livianos alcanzan mayores velocidades que los buses, motos y camiones; se registró un máximo para este tipo de vehículo de 110 Km/h y un*

---

<sup>33</sup> El estudio de medición puntual de la velocidad, lo realizó el contrato 1226 de 2011 “TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO, COMO INSUMO DEL CONTRATO DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y PLANEACIÓN DEL TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE BOGOTÁ D.C. de la Secretaría Distrital de Movilidad, se realizó un domingo en horario de 22:00 a 06:00 horas de la mañana y tuvo como fin realizar un seguimiento al comportamiento de la velocidad.

*promedio de 69 Km/h. El promedio de velocidad puntual a flujo libre en camiones y motos es del 61 Km/h y para los buses de 57 Km/h<sup>34</sup>.*

Bajo estos argumentos se puede concluir que la velocidad de las motocicletas es menor en condiciones de baja demanda vehicular, lo cual difiere de los análisis realizados en el numeral 4.2 del presente documento -sobre las velocidades de las motocicletas y la eficiencia del vehículo en cuanto a tiempos de recorrido-; en donde se verificó que la velocidad de las motocicletas en las vías es muy superior al promedio de los demás medios de transporte urbano, bajo la claridad que esa afirmación se da en vías congestionadas; lo anterior se resume en que la velocidad de las motocicletas es superior a la velocidad de los automóviles en periodos de alta demanda vehicular y que puede ser menor que la velocidad de los automóviles en periodos de baja demanda.

La velocidad entonces se considera como la principal variable para determinar el efecto de cada vehículo en las corrientes de tráfico de tal forma que la incidencia de la velocidad dictamina la incidencia del vehículo en la corriente vehicular y por lo tanto en la capacidad vial y los niveles de servicio de los tramos de vía analizados.

Una conclusión del análisis de la velocidad en las corrientes vehiculares es que *el estudio de la velocidad empírica en diferentes composiciones y características del tráfico vial expone diferentes niveles de velocidad* (Minh, 2005), la cual proviene del estudio de velocidades que realizó la universidad de Nagaota en Niigata -Japón- que midió en cuatro espacios urbanos y bajo diferentes composiciones del tráfico, en donde evaluaron y definieron la variación de la velocidad de acuerdo con el ancho de vía y la composición vehicular como una incidencia del tránsito de las motocicletas en las vías.

### **3.2.2 La relación velocidad espacio utilizado**

Investigaciones sobre modelos y metodologías para estimar la capacidad en vías con importantes volúmenes de motocicletas realizados en ciudades de “oriente”, refieren que

---

<sup>34</sup> El estudio lo realizó el contrato 966 de 2010 “TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO PARA EL PROGRAMA DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y PLANEACIÓN DEL TRÁNSITO Y EL TRANSPORTE DE BOGOTÁ D.C. de la Secretaría Distrital de Movilidad se realizó un domingo en horario de 06:00 a 09:00 horas de la mañana y tuvo como fin realizar una medición de la velocidad.

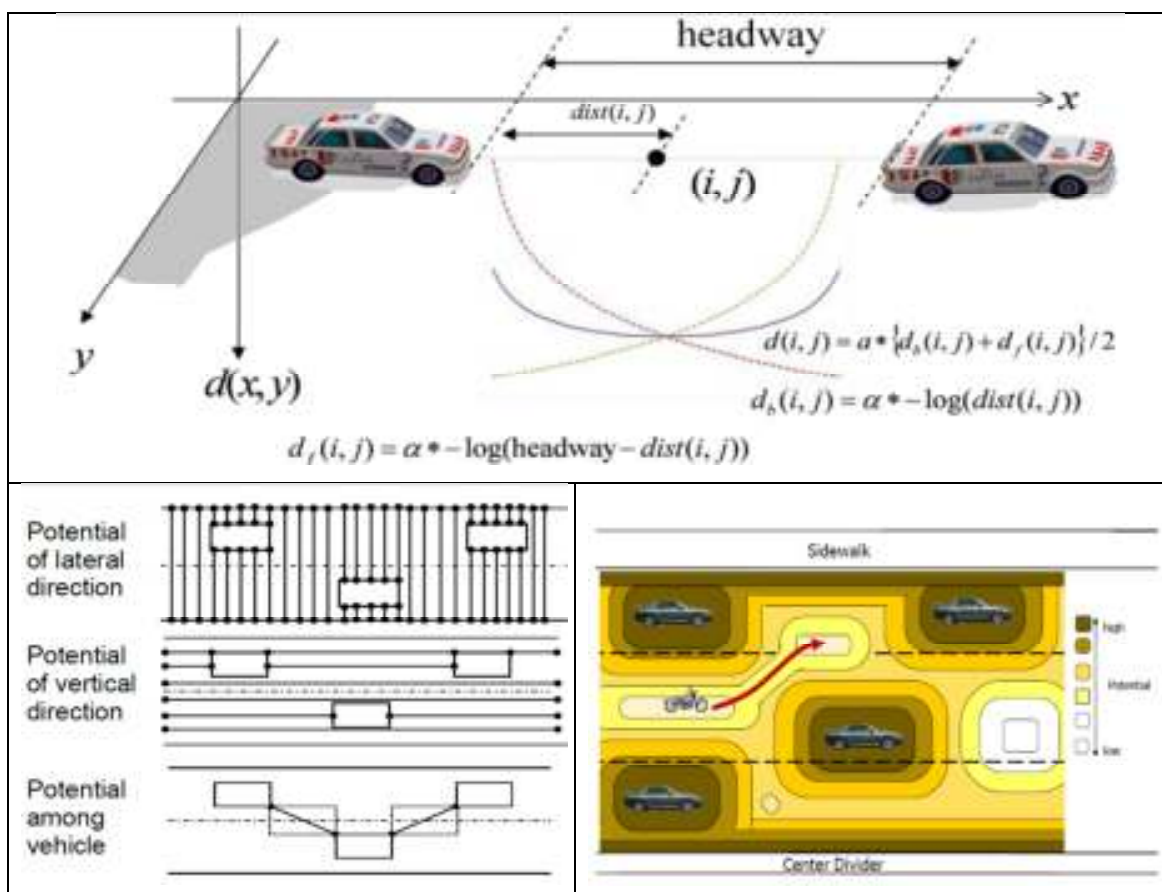


a medida que el vehículo transita a mayor velocidad sobre una vía consume un espacio virtual que se comporta de manera directa al aumento de velocidad.

Esta relación la fundamentan en ecuaciones en donde consideran como un potencial o espacio utilizado al espacio que separa físicamente los vehículos en las corrientes vehiculares y que depende directamente de la velocidad con que éstos transitan.

Este potencial o área de afectación es aquel espacio virtual que ocupa un vehículo dentro del espacio vial, que determina la interacción con los demás vehículos y que se mide en los intercarriles y espacios libres de tránsito; en la **Ilustración 2**, se evidencia la contextualización del potencial, del área con la velocidad del vehículo y como el potencial varía en función del espacio disponible.

**Ilustración 2:** La función de potencial que relaciona la velocidad y el espacio

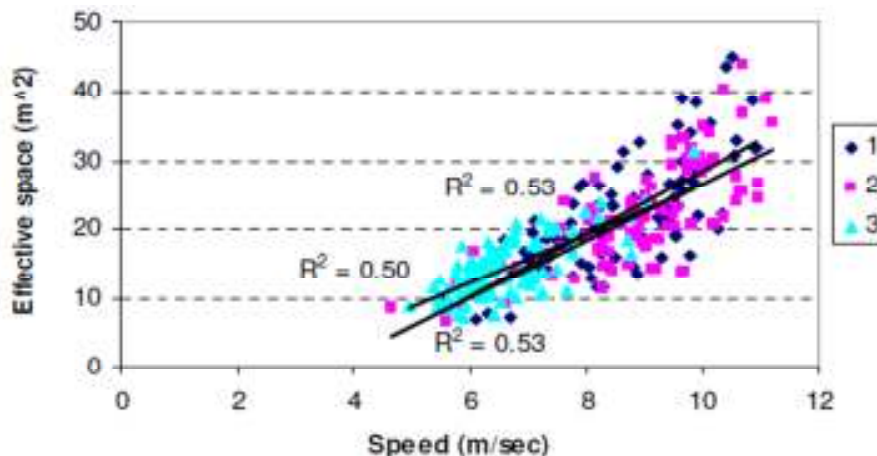


Fuente: *Development of Motorcycle Simulation Model Under Mixed Traffic Flow And Its Verification*, 2010.

En razón a este potencial, es que se define un espacio real más uno virtual que emplean los conductores para transitar en corrientes vehiculares y que sirve de base para el análisis del comportamiento real de las motocicletas en las vías urbanas, bajo el contexto del análisis de la velocidad.

Una vez calculado un espacio utilizado en función de la velocidad, para diferentes anchos de calzada (diferentes números de carriles por calzada) se puede obtener una relación del espacio utilizado en función de la velocidad, tal como aparece en la **Ilustración 3**, en donde se evidencia un ejemplo de la relación directa que existe entre la velocidad y el espacio efectivo en corrientes vehiculares.

**Ilustración 3:** La relación entre la velocidad y el espacio utilizado

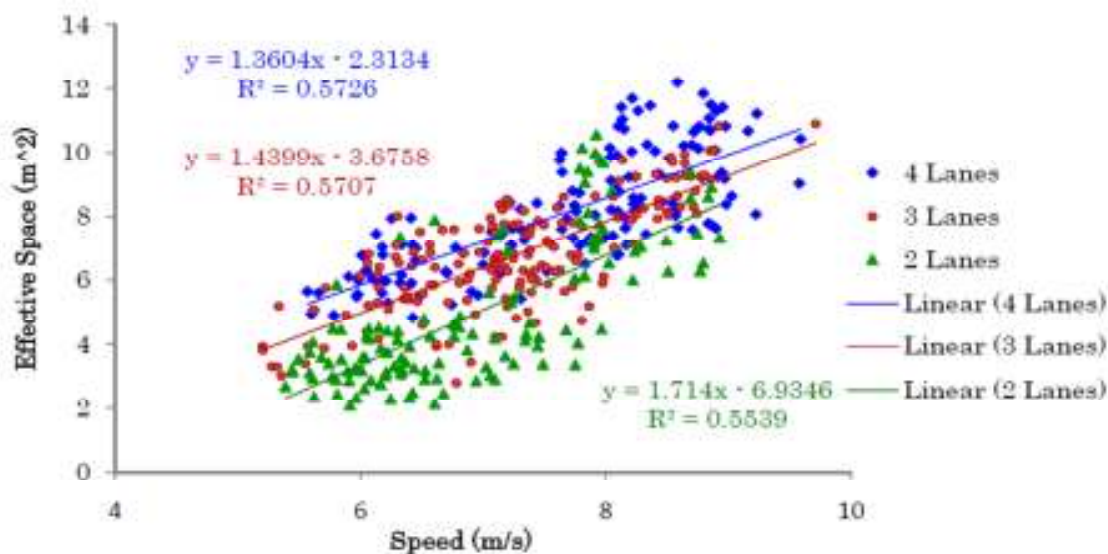


*Fuente: Development of Motorcycle Unit (MCU) For Motorcycle-Dominated Traffic, 2010.*

En la anterior ilustración, se evidencia la relación directa entre la velocidad y el espacio efectivo utilizado; en donde a medida que la velocidad aumenta, aumenta el espacio efectivo utilizado y, esa relación varíe dependiendo del espacio urbano analizado mantiene la correspondencia lineal entre velocidad y espacio.

Del mismo modo, y entendiendo que parte de la investigación es obtener relaciones entre dos vehículos; en la **Ilustración 4**, se evidencia un ejemplo de la relación velocidad - espacio y la variación en función del número de carriles; lo que es importante de esta ilustración es, evidenciar como la variación del espacio se disminuye en la medida en que la velocidad aumenta.

**Ilustración 4:** Velocidad - espacio en función del número de carriles



*Fuente: Estimating Capacity and Vehicle Equivalent Unit by Motorcycles at Road Segments in Urban Road, 2008.*

De la anterior ilustración se puede definir que, a medida que la sección transversal es mayor (aumento en el número de carriles) y se analiza una velocidad similar (por ejemplo 6 m/s) el espacio efectivo es mayor; lo que indica una correlación entre la velocidad y el espacio pero que además incluye la relación con el número de carriles y la variación en el espacio efectivo utilizado.

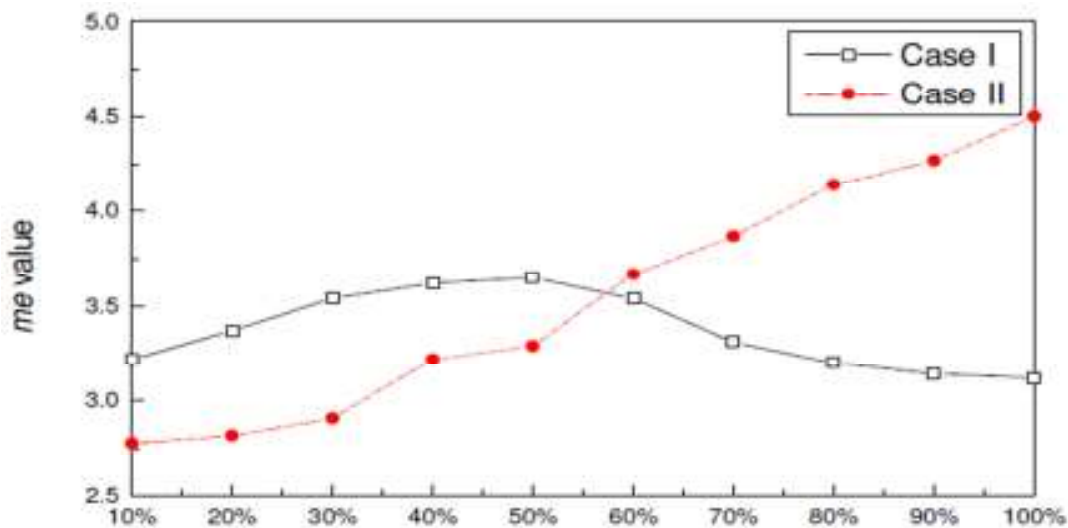
Como se puede evidenciar de las diferentes ilustraciones de los modelos usados en ciudades con importantes volúmenes de motocicletas, el medir la velocidad y utilizarla para dimensionar el espacio realmente usado por cada tipo de vehículo sirve de soporte para entender el comportamiento de los motociclistas dentro de las corrientes vehiculares y por tanto es base para establecer las comparaciones en la operación de las motocicletas y su equivalencia con los automóviles.

### 3.2.3 La composición vehicular

Una vez descritas las relaciones del espacio efectivo y el factor moto en función de la velocidad y el número de carriles (referidas en el numeral anterior), se puede verificar la variación del factor motocicleta en razón a la participación de motocicletas dentro de una determinada corriente vehicular.

En la **Ilustración 5**, se presenta la variación del factor moto, entendido como el inverso del valor “*me*”<sup>35</sup>, en donde la variación de ese factor se da en razón a la participación de motocicletas dentro de una corriente vehicular determinada y, dicha variación va desde vías destinadas al tránsito de motocicletas (10% de autos) hasta vías con presencia exclusiva de automóviles (100% de autos) para dos casos analizados; caso I ancho de carril de 2,5 metros y caso II ancho de carril de 3,75 metros.

**Ilustración 5:** Factor moto en función del % de automóviles dentro de la corriente



Fuente: Figura presentada en “Motorbike’s Moving Behavior in Mixed Traffic”.

Como conclusión de la ilustración anterior, en el caso II (ancho de carril 3,75 metros), en la medida en que la participación de los automóviles en la corriente aumenta, el valor de *me* aumenta, desde un valor de 2,75 para el 10% de autos hasta un valor de 4,5 para una participación de autos del 100%. En términos del análisis del presente trabajo, la lectura es: en la medida que la participación de las motocicletas disminuye el factor moto disminuye desde un valor de **0,36** para una participación de motocicletas del 90% hasta un valor de **0,24** para una participación de motocicletas del 10%.

---

<sup>35</sup> *Me* es un término utilizado en ciudades con corrientes vehiculares gobernadas por motocicletas, para convertir a los demás vehículos en motocicletas equivalentes; en estos espacios de análisis la unidad de medida son las motocicletas y no los automóviles por lo que convierten todos los tipos de vehículos a motos.

### 3.2.4 Las comparaciones físicas

Al respecto de las relaciones, es necesario definir que se trata de establecer una comparación física de las motocicletas en cuanto a la operación de los automóviles de tal forma que dicha relación se pueda utilizar para incluir a la motocicleta de manera técnica en los diferentes análisis y estudios de tránsito.

La relación que existe entre estos dos vehículos respecto del espacio ocupado es determinante para los análisis de tránsito, entonces se debe acotar que se trata de una comparación de los vehículos en condición estática; por lo que, de acuerdo con las dimensiones de los vehículos utilizadas en modelos de capacidad revisados en la literatura existente y haciendo referencia a la investigación de Chandra y otros (2003), en la cual se vincula las dimensiones del largo, el ancho y el área en condición estática de diferentes tipos de vehículos. En la **Tabla 3-1** se evidencia las dimensiones utilizadas en algunos análisis de capacidad que se hacen con motocicletas, automóviles y buses.

A partir de estas dimensiones se realiza un análisis sobre la relación de espacio en función de la comparación de la motocicleta y el automóvil en condición estática.

**Tabla 3-1:** Un ejemplo de las dimensiones de los vehículos

| Tipo de vehículo | Ancho (m) | Largo (m) | Área (m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----------|-----------|------------------------|
| Bicicleta        | 0,45      | 1,90      | 0,86                   |
| Motocicleta      | 0,64      | 1,87      | 1,20                   |
| Automóvil        | 1,44      | 3,72      | 5,36                   |
| Bus              | 2,43      | 10,10     | 24,54                  |

*Fuente: A partir de (Chandra Et A, 2003).*

De la tabla anterior y en cuanto a las relaciones que tienen que ver con esta comparación física en condición estática, las relaciones de largo, de ancho y de área, que incluye la comparación del vehículo como tal, son: relación de ancho de **0,44**; relación de largo de **0,50** y la relación en cuanto al área es de **0,22**.

### 3.3 FACTORES DE EQUIVALENCIA UTILIZADOS

Como parte del estado del arte, es importante mencionar que se habla de factores de equivalencia vehicular por la necesidad de tener un patrón de medida, que para el caso de Bogotá y las ciudades Colombianas el automóvil es el vehículo equivalente.

#### 3.3.1 A nivel internacional

En la revisión literaria se encuentra diferentes factores de equivalencia de una motocicleta con un automóvil en términos de tránsito; todos estos factores hacen referencia a que una motocicleta es en todo caso menor que un vehículo liviano, en cuyo efecto el factor de equivalencia siempre será un factor menor a **1,00**.

El definir que la unidad de medida sea el automóvil y comparar a la motocicleta con éste es una metodología utilizada en diferentes latitudes, incluyendo a Colombia en donde los vehículos equivalentes son los automóviles; no obstante, en ciudades donde la motocicleta es la que domina la composición de tráfico el análisis se realiza entonces comparando a los demás vehículos con la motocicleta, en este caso la unidad de medida es la motocicleta y se conoce como MCU (motocicletas equivalentes).

A continuación se realiza la descripción de algunos factores y relaciones de comparación de las motocicletas con el automóvil, utilizados en diferentes investigaciones y publicaciones, contextualizando que de la composición del tráfico, el volumen de motocicletas y las condiciones físicas y operativas de la vía depende el factor de comparación o la equivalencia.

En el "ANALYSIS OF MOTORCYCLE EFFECTS TO SATURATION FLOW RATE AT SIGNALIZED INTERSECTION IN DEVELOPING COUNTRIES", realizado en Tailandia en el año 2003, el investigador intentando analizar los efectos de la motocicleta en las intersecciones semaforizadas en Hanói y Bangkok, analizó el volumen de motocicletas y el flujo de saturación con el fin de estimar la incidencia de las motocicletas en la capacidad de las intersecciones; para este análisis se utilizó valores de **0,25** para convertir las motocicletas a PCE (Vehículos equivalentes), así mismo se utilizó el factor de **2,0** para el ejercicio con buses.

---

En otra publicación sobre la “ESTIMATING CAPACITY AND VEHICLE EQUIVALENT UNIT BY MOTORCYCLES AT ROAD SEGMENTS IN URBAN ROAD”, se ilustra un método más exacto que convierte todos los tipos de vehículos a motocicletas como unidad equivalente (MCU), considerando las características de los vehículos en movimiento, tales como la velocidad y el espacio efectivo. En esta investigación se analizan calzadas de dos, tres y cuatro carriles y, se encuentra que los vehículos al convertirlos en motocicletas equivalentes MCU, encuentran factores de 3,59 para dos carriles; 3,42 para tres carriles y 3,43 para cuatro carriles. Ahora bien, si se utilizara el vehículo equivalente PCE como unidad de análisis, los factores serían los inversos de los encontrados en dicha investigación, así entonces el factor moto para dos carriles sería **0,28**; para tres carriles **0,29** y para cuatro carriles **0,29**.

En el documento “DEVELOPMENT OF MOTORCYCLE UNIT (MCU) FOR MOTORCYCLE-DOMINATED TRAFFIC”, realizado en la India en el año 2010, se describe la relación que existe entre la velocidad y el espacio efectivo, allí se utilizan diferentes factores para convertir los demás vehículos a motocicletas equivalentes MCU. Se utilizan entonces factores de **0,45**; **0,46** y **0,39** para secciones transversales de 11,0; 7,4 y 7,2 metros respectivamente. Del mismo modo en esa investigación se utilizan otros factores para convertir a los PCE en MCU; por ejemplo factores de **0,25** tomados de las especificaciones para el diseño de vías urbanas en Vietnam; factores de **0,50** tomados del Congreso de Carreteras de la India en el año 2001 y factores de **0,61** tomados de la investigación del “ Desarrollo de Vehículos equivalentes para Malaysia” (Anard, 1999).

En la publicación “MOTORBIKE’S MOVING BEHAVIOR IN MIXED TRAFFIC: PARTICLE-HOPPING MODEL WITH CELLULAR AUTOMATA”, realizada en Taipéi en el año 2003, se desarrolla un modelo de celdas para asignar las diferentes posiciones de las motocicletas dentro de las corrientes vehiculares y, se desarrollan los factores en función de la velocidad y en función del ancho del carril; para el caso se analizaron carriles de 2,5 metros y de 3,75 metros y, los factores de equivalencia son los presentados en la **Tabla 3-2**, en donde se evidencia la variación del factor moto en función del porcentaje de automóviles y la velocidad en las corrientes vehiculares; en donde se presenta un factor mínimo de **0,19** y un máximo de **0,38**; incluso se presenta un factor promedio de **0,33** para una ancho de carril de 2,50 metros y un factor promedio de **0,22** para un ancho de carril de 3,75 metros.

**Tabla 3-2:** Un ejemplo de la variación del factor moto en función de la velocidad

| Ancho de carril de 2,50 metros |                 |      |      |      |      |             | Ancho de carril de 3,75 metros |                 |      |      |      |      |             |
|--------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------------|--------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------------|
| % de Autos                     | velocidad (m/s) |      |      |      |      |             | % de Autos                     | velocidad (m/s) |      |      |      |      |             |
|                                | 14              | 12   | 10   | 6    | 6    | 4           |                                | 14              | 12   | 10   | 6    | 6    | 4           |
| 10                             | <b>0,37</b>     | 0,36 | 0,31 | 0,31 | 0,29 | 0,26        | 10                             | <b>0,38</b>     | 0,38 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,32        |
| 20                             | 0,33            | 0,33 | 0,31 | 0,3  | 0,28 | 0,25        | 20                             | 0,38            | 0,38 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,32        |
| 30                             | 0,32            | 0,31 | 0,3  | 0,27 | 0,26 | 0,25        | 30                             | 0,37            | 0,37 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,29        |
| 40                             | 0,32            | 0,29 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,25        | 40                             | 0,36            | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,29 | 0,27        |
| 50                             | 0,31            | 0,3  | 0,29 | 0,27 | 0,25 | <b>0,24</b> | 50                             | 0,34            | 0,34 | 0,31 | 0,3  | 0,29 | 0,26        |
| 60                             | 0,33            | 0,31 | 0,29 | 0,29 | 0,26 | 0,24        | 60                             | 0,31            | 0,3  | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,22        |
| 70                             | 0,35            | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,29 | 0,25        | 70                             | 0,28            | 0,29 | 0,28 | 0,27 | 0,25 | 0,21        |
| 80                             | 0,36            | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,3  | 0,26        | 80                             | 0,27            | 0,27 | 0,25 | 0,25 | 0,23 | 0,20        |
| 90                             | 0,37            | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,3  | 0,27        | 90                             | 0,29            | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,20        |
| 100                            | 0,39            | 0,36 | 0,34 | 0,33 | 0,29 | 0,26        | 100                            | 0,25            | 0,25 | 0,23 | 0,23 | 0,21 | <b>0,19</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir (LAN. Et Al, 2003)

En una publicación realizada en Japón en el año 2005, cuyo nombre es “THE SPEED, FLOW AND HEADWAY ANALYSES OF MOTORCYCLE TRAFFIC”, se realizó un análisis de la variación de la velocidad en función del tipo de vehículo, para el ejercicio se consideraron dos valores de comparación de vehículos a MCU, 3,81 y 3,86 en función de diferentes locaciones y que varían en función del ancho de carril; estos valores al convertirlos a factores de comparación de motocicletas a PCE serían de **0,26** y **0,28**.

En el Codatu Conference del año 2008 se publicó “SHOULD MOTORCYCLE BE BLAMED FOR TRAFFIC CONGESTION IN VIETNAMESE CITIES?”, este artículo define que la unidad para sus análisis es la motocicleta MCU, al respecto el factor utilizado para convertir a los vehículos a motocicletas es de 3,81; por lo que para el caso de la presente revisión el factor moto sería de **0,26**.

Un artículo publicado en Transport Policy Journal y que lleva por nombre “URBAN MOBILITY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF MEGACITIES OF INDIA”, analiza impactos y consecuencias de la movilidad de 23 mega-ciudades, para sus análisis y poder convertir la motocicleta en vehículos equivalentes se utiliza un factor de **0,50**.



---

En Perú, un documento de la Universidad Nacional de Ingeniería, presenta consideraciones técnicas para el diseño de infraestructura vial e ingeniería de tránsito, en este documento se describen factores medios de equivalencia de diferentes tipos de vehículo en función de las vías que utilizan, indicando que el factor moto para vías rurales es de **1,0**; para vías urbanas es de **0,75** y para intersecciones de **0,33**. Es de acotar que en la fuente de la elaboración de estos factores se cita en el año 1965, al Research on Road Traffic -Road Research Laboratory- de Londres como fuente primaria.

En resumen de los factores utilizados, en cuanto a la equivalencia de motocicletas con automóviles es importante mencionar que los diferentes factores utilizados dependen en grande medida de la participación de las motocicletas dentro de las corrientes vehiculares, así por ejemplo ciudades con importantes volúmenes de motocicletas han desarrollado modelos técnicos que contemplan las implicaciones del tránsito de motocicletas sobre la capacidad de las vías, incluso han desarrollado sus modelos en función de la motocicleta como unidad de medida y acotan el resto de vehículos con equivalencias.

De acuerdo con esto, es importante resaltar que como se verá en el numeral 4.2 del presente documento, mientras la tendencia de las motocicletas genere una dependencia de las ciudades por su uso, los análisis de tránsito seguirán teniendo como unidad del automóvil y la investigación sobre la afectación del nivel de servicio por el tránsito de motocicletas no llegará a determinar la variación del factor moto en función de los anchos de vía o de las variables de la operación misma del tránsito.

### **3.3.2 A nivel nacional**

Del mismo modo que se revisó el estado del arte a nivel internacional, sobre los factores de equivalencia vehicular con flujos de motocicletas, se hace para ciudades colombianas, con la precisión que, en la actualidad se investiga respecto de la incidencia de la motocicleta en las corrientes vehiculares; no obstante, se puede mencionar que en Medellín, dentro del análisis de la prueba piloto del “Carril sólo Motos” realizado en el año 2008 por la Secretaría de Transportes y Tránsito, se utilizó un factor de **0,50** para involucrar a la motocicleta en los análisis de las corrientes vehiculares.

Del mismo modo, en la Ciudad de Cali para la formulación del informe final del “Análisis de alternativas y diseño funcional de un motovía en la ciudad de Cali<sup>36</sup>”, se asumió un factor moto de **0,33** con el fin de representar la equivalencia de una motocicleta con un automóvil y poder incluir este vehículo dentro de los análisis de capacidad vial.

En Manizales, la investigación de Agudelo (2006) cita una fuente de la Secretaría de Tránsito para utilizar factores de equivalencia de motocicletas a automóviles de **0,75** y poder convertir a la motocicleta en un vehículo equivalente y realizar así los diferentes análisis de tránsito.

Dentro de la revisión de la literatura nacional es importante mencionar que la Universidad de los Andes en el año 2013 realizó una investigación que tiene por nombre: “Determinación del Factor de Equivalencia de Motocicletas en Flujo Ininterrumpido en Vías con Pendiente 0% de 3 carriles en Colombia”<sup>37</sup>, la cual tenía por objeto estudiar el impacto de la motocicleta en la congestión del tráfico mixto en una ciudad colombiana.

En este trabajo se calculó el factor de equivalencia de la motocicleta en las condiciones específicas de una vía de 3 carriles, en flujo ininterrumpido, pendiente 0%, un solo sentido de circulación y un ancho fijo de carril de 3.25 metros en la ciudad de Medellín y, se concluyó en un factor de comparación de **0,29** para flujo estable, de **0,05** para flujo inestable y el promedio general de **0,16**.

Es importante mencionar que, indiferente del factor utilizado a nivel nacional para hacer referencia a la incidencia de la motocicleta en las vías urbanas, el valor que se use por ahora como factor moto es un número fijo, el cual no advierte la variación del mismo en función de variables adicionales como la velocidad o la composición del tráfico por ejemplo.

---

<sup>36</sup> Es un estudio de María Fernanda García para la Corporación Fondo de Prevención Vial, realizado en el año 2008 en la ciudad de Santiago de Cali que buscó alternativas para implantar motovías y realizó propuestas sobre el diseño funcional de las mismas.

<sup>37</sup> Es una tesis de Andrés Javier Peña Cabra, para optar por el título de Magíster en Transporte, en la Universidad de los Andes, del año 2013.

## **4. ANÁLISIS DE LA MOTOCICLETA COMO MEDIO DE TRANSPORTE**

En este capítulo se definen algunas causas y consecuencias incurtidas en la evolución de la motocicleta como medio de transporte en Bogotá, para de ese modo entender el porqué del crecimiento de ese parque automotor; lo anterior se acota en cumplimiento del primer objetivo específico de la presente investigación.

Existe una discrepancia en el uso de los términos “modos” y “medios” de transporte, al respecto la Ley 105 de 1993 y la Ley 336 de 1996 hacen referencia a los modos de transporte y los describe como aéreo, férreo, terrestre y fluvial, pero no describe qué es un medio, así las cosas dentro de la presente investigación se define como un medio de transporte a aquel equipo que permite el desplazamiento de una persona o cosa de un lugar a otro, para el caso de transporte terrestre de pasajeros se tiene que los medios son elementos tales como automóviles de todo tipo, motocicletas, alternativos (bicicletas, patines, monopatines, entre otros) y el ser humano en su desplazamiento a pie.

De acuerdo con esta definición, la motocicleta se incluye como un medio de transporte terrestre y se analiza dentro de un contexto urbano analizando entonces las causas y consecuencias del incremento de las motocicletas y el uso que se les da en Bogotá, como sigue.

### **4.1 LA MOTOCICLETA COMO VEHÍCULO URBANO**

Los medios de transporte urbano han evolucionado; hablando únicamente del transporte terrestre, se pasa del desplazamiento en vehículos impulsados por tracción animal o humano a vehículos a vapor y de ahí a vehículos con motor -por no mencionar los vehículos eléctricos y demás-. En esta evolución han cambiado los patrones de desplazamiento y movilización de las personas y han cambiado los espacios urbanos por

los cuales se realizan dichos desplazamientos. Es importante acotar que la motocicleta es un “Vehículo automotor de dos ruedas en línea, con capacidad para el conductor y un acompañante”<sup>38</sup>; así mismo es importante mencionar que a la fecha la normatividad Colombiana no permite el uso de este vehículo como medio de transporte público.

En el libro “Movilidad y Ciudad del Siglo XXI: Retos e Innovaciones” se publica un artículo<sup>39</sup> sobre la moto como medio de transporte, en él se realiza un recorrido por la historia del uso de la motocicleta hasta llegar al hoy, en donde se le considera un vehículo urbano de uso masivo. Se describe como en la primera guerra mundial la motocicleta era usada con fines militares únicamente (para enviar correos, transportar armas y para transportar heridos). En el recorrido por la historia del uso de este vehículo se pasa del uso militar prioritariamente a convertirse en una herramienta de trabajo de algunas profesiones liberales de la época (Derecho y medicina) así como una herramienta de trabajo para el control de la circulación vial. Luego con el transcurrir del tiempo, a mediados del siglo XX la motocicleta es usada con fines deportivos en competencias de velocidad; posteriormente en las décadas de los 60’s y 70’s la motocicleta es usada además con fines de esparcimiento y es considerada símbolo de libertad y rebeldía. La última década del siglo XX la motocicleta se empieza a usar de manera masiva como medio de transporte informal y, finalmente a partir de la primera década del siglo XXI la motocicleta se empieza a utilizar como medio de transporte cotidiano de uso masivo (Montezuma, 2010).

Para el caso de Bogotá, la motocicleta ha vivido estos mismos cambios en cuanto a su uso; pasando de ser exclusividad de las fuerzas del orden público (para seguridad y control del tránsito entre otras), pasando por fines deportivos y recreativos (dadas las consideraciones económicas del vehículo en cuanto a su adquisición), luego a ser vehículo mayoritariamente de las clases populares (estratos socioeconómicos 1 y 2) como herramienta de trabajo, para finalmente convertirse en un vehículo de transporte de uso masivo que no segrega edad ni género de los usuarios y mucho menos por motivo del viaje.

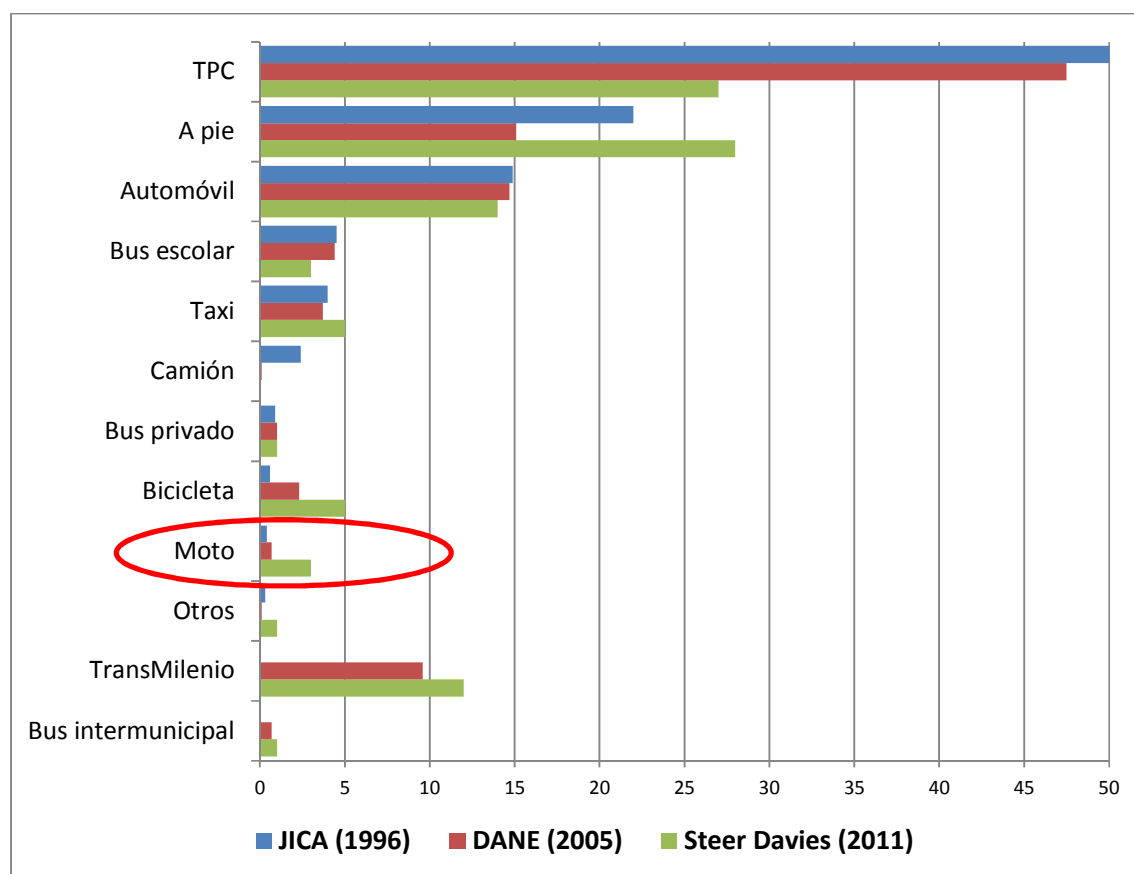
---

<sup>38</sup> Definición incluida en la Ley 769 de 2002 -Código Nacional de Tránsito de Colombia-

<sup>39</sup> El artículo “la moto como medio masivo de transporte: contexto inédito para muchos países, ciudades y ciudadano. El caso Colombiano con una mirada Global” es realizado por Ricardo Montezuma y la Fundación Ciudad Humana en el año 2010.

Para contexto del uso de los medios de transporte en Bogotá, la **Gráfica 3** compara la participación de la motocicleta dentro de los medios de transporte urbano usados a lo largo del tiempo, en ésta se ve como la motocicleta y los demás medios de transporte evolucionan en su participación en el tiempo.

**Gráfica 3:** Participación de los medios de transporte en Bogotá en el tiempo



*Fuente: Elaboración propia a partir de información de las encuestas de movilidad realizadas en Bogotá y la región.*

En el año 1997 la agencia de cooperación internacional del Japón (JICA) realizó un estudio de transporte en Bogotá e identificó que la motocicleta representaba en ese año tan sólo el **0,4 %** de la participación en los medios de transporte y que en ese momento el vehículo era utilizado con fines recreativos mayoritariamente; posteriormente en el año

2005 el DANE<sup>40</sup> realizó la encuesta sobre movilidad y encontró que el porcentaje de participación de la motocicleta dentro de los medios de transporte era del **0,7 %**. Por último y lo más reciente son los resultados de la encuesta de movilidad de Bogotá 2011<sup>41</sup>, en donde la participación de la motocicleta dentro del total de medios de transporte urbano es del **3,0 %** y con tendencia a aumentar.

De la **Gráfica 3**, se puede evidenciar que la participación de los usuarios de transporte público colectivo en el total de los medios ha disminuido considerablemente; es así como, en el año 1997 representaban el 50 % del total de los medios de transporte, mientras que en el año 2011 representaban el 27 % (casi la mitad). Esto se puede explicar, en parte por la aparición del sistema de transporte masivo TransMilenio y por otra, en el aumento de la participación de otros medios como: desplazamientos a pie (que pasaron en 1997 del 15 % al 28 % del total en 2011) o en el aumento de los ciclistas y motociclistas en las vías.

En adición de este contexto histórico, el Comité de Ensambladoras de motos Japonesas<sup>42</sup> ha realizado estudios sociodemográficos desde el año 2005 y presentan en su séptimo estudio hallazgos sobre las encuestas que realizan a sus compradores; así por ejemplo, durante el año 2011 la encuesta se aplicó 18.768 colombianos que tuvieron la oportunidad de adquirir una motocicleta nueva. Una de las variables del estudio, fue el uso de la motocicleta, el cual a nivel urbano refiere para aquellos usuarios que han decidido comprar una motocicleta nueva, la posibilidad de aumentar ingresos, así como de obtener una solución de movilidad y de hecho un medio transporte (para los colombianos de menores ingresos).

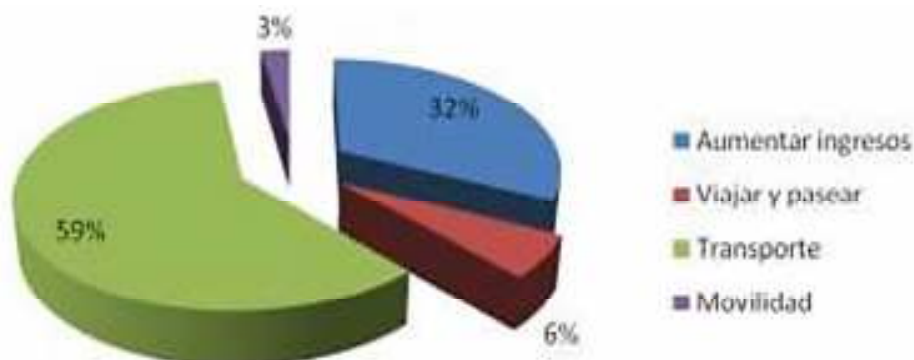
En la **Ilustración 6** se evidencia los diferentes usos que se dan a la motocicleta por parte de los usuarios de motocicletas nuevas.

---

<sup>40</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

<sup>41</sup> Encuesta de Movilidad de Bogotá y la región realizada por Steer Davies Gleave & Limited para la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá en el año 2011.

<sup>42</sup> Este comité está compuesto por las marcas de motocicletas: Auteco-Kawasaki, Fanalca-Honda, Incolmotos-Yamaha y Suzuki motor de Colombia.

**Ilustración 6:** Uso de la motocicleta en Bogotá

*Fuente: Séptimo estudio sociodemográfico de los usuarios de moto en Colombia, 2012.*

Otro de los análisis que se hace sobre el vehículo urbano y que explica en parte el incremento del parque es el tiempo de recorrido de un viaje habitual en Bogotá por los diferentes usuarios; para el caso, en las vías capitalinas las velocidades de movilización de los vehículos automotores ha disminuido y por ende los tiempos de desplazamiento se han aumentado creando una grande oportunidad para que los comercializadores de las motocicletas refieran en este medio de transporte una alternativa para mejorar los tiempos de recorrido.

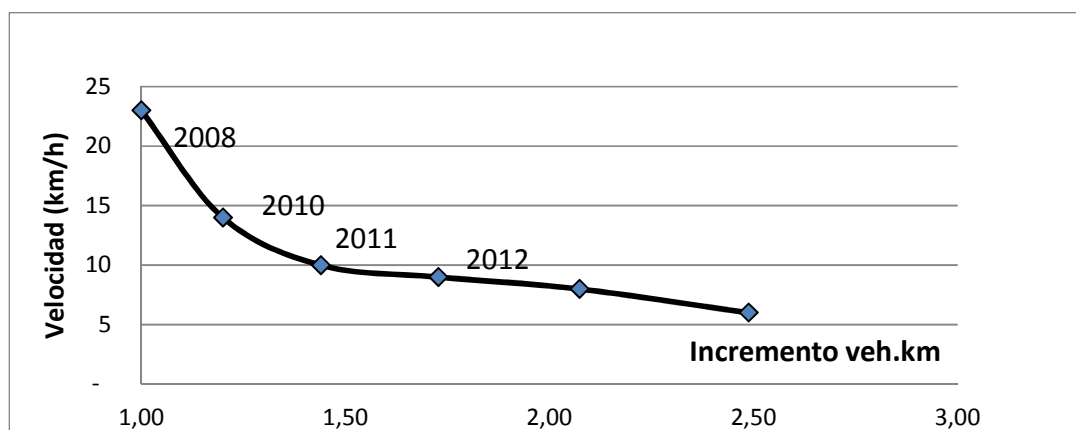
Al respecto de la reducción de la velocidad, un ejercicio de revisión realizado sobre el corredor de la carrera 7 por la Universidad de los Andes<sup>43</sup> refleja una reducción sostenida de la velocidad en ese corredor; que bajo los mismos parámetros analizados se puede asociar como una generalidad de la operación en la malla vial en Bogotá.

En la **Ilustración 7**, se presenta como en el año 2008 para el corredor de la carrera 7 se tenía una velocidad de 23 km/h y en el año 2012 la velocidad era menor a 10 km/h, lo cual se explica por el incremento de los vehículos por cada kilómetro y el estancamiento de la oferta de infraestructura vial. Este mismo estudio describe que en 10 años se

<sup>43</sup> Documento realizado por Jorge Acevedo y otros investigadores de la Universidad de los Andes en el año 2008 y lleva por nombre "El transporte como soporte al desarrollo de Colombia, Una Visión al 2040".

duplicarán los kilómetros recorridos en carro en Bogotá y que algunas vías llegarán a capacidad provocando caídas de la velocidad a niveles inferiores a los 10 km/h.

**Ilustración 7:** Reducción de la velocidad en la carrera 7 de Bogotá



Fuente: *El transporte como soporte al desarrollo: una visión a 2040*, Universidad de los Andes 2008.

Al respecto del cambio en las condiciones de movilidad, que determinan el cambio en los patrones de desplazamiento y el uso de un vehículo u otro, un análisis de la movilidad urbana realizado por la Corporación Andina para el Fomento -CAF<sup>44</sup>- describe de manera contundente que *“las personas consumen tiempo en sus desplazamientos y esto afecta sus vidas”*; por lo que, el interés de los usuarios por mejorar su nivel de vida revierte en el uso eficiente del tiempo.

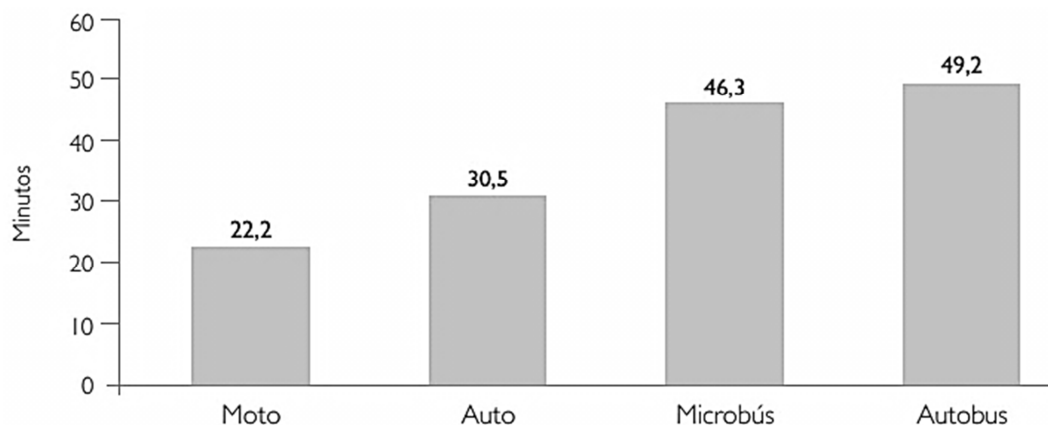
Así mismo, el Observatorio de la Movilidad Urbana para América Latina de la CAF determinó que el tiempo de viaje promedio de los motociclistas es menor que el utilizado en automóvil o en transporte público lo cual motiva la escogencia de este tipo de vehículo por sobre otros medios de transporte.

En la **Ilustración 8**, se evidencia los tiempos de viaje en minutos utilizados (promedio) por los medios de transporte más usados en América Latina.

---

<sup>44</sup> Es un documento realizado por Eduardo Alcántara Vasconcellos para la Corporación Andina de Fomento -CAF- en el año 2010 y lleva por nombre “Análisis de la movilidad Urbana. Espacio, medio ambiente y equidad”.



**Ilustración 8:** Tiempo de viaje promedio de los medios de transporte más usados<sup>45</sup>

Fuente: Observatorio de movilidad urbana para américa latina, CAF 2010.

Dentro del análisis de este vehículo como medio de transporte y producto de la investigación surgen muchas preguntas, pero para el contexto de la investigación de la motocicleta como medio de transporte se pueden resumir en: ¿qué causa el uso del vehículo con motor de dos ruedas? y ¿por qué se genera un incremento en la cantidad de motocicletas en una ciudad como Bogotá? Al respecto el panorama de respuestas es complejo y depende principalmente del análisis de la interacción de las condiciones de la oferta y la demanda de transporte.

No obstante lo integral del análisis, una de las respuestas a las preguntas mencionadas se puede soportar en que, las condiciones actuales de movilidad generan un aumento importante en los tiempos de recorrido para los desplazamientos habituales, por lo cual los usuarios buscan alternativas de solución; así mismo otra posible respuesta es que a lo largo de la última década los bogotanos han encontrado una alternativa de transporte que suple las restricciones de circulación (pico y placa) y que mejora las condiciones económicas (dados los aumentos del precio en el combustible por ejemplo); en adición otra posible explicación es que dentro de la mezcla de los vehículos existentes, la motocicleta es un vehículo fácil de obtener, económico de mantener, práctico de conducir

---

<sup>45</sup> El promedio hace referencia a 15 áreas metropolitanas consideradas por la CAF en 9 países: Buenos Aires, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Río de Janeiro, São Paulo, Santiago, Bogotá, San José, Ciudad de México, Guadalajara, León, Lima, Montevideo y Caracas.

y, todas las consideraciones de la operación que la convierte en un vehículo atractivo tales como (agilidad, velocidad, espacio para estacionar y otras); que en suma causan el uso y el incremento del vehículo dentro del parque automotor y dentro de las corrientes vehiculares de Bogotá.

Así mismo, la CAF en el documento: Metodología para elaborar planes de seguridad vial para motociclistas”, define que: factores como *la versatilidad de la motocicleta como vehículo, los bajos costos de adquisición y mantenimiento, la facilidad de manejo, entre otros*, se han constituido en incentivos para el incremento de su uso. Igualmente describe que este crecimiento se presenta principalmente en amplios sectores de población de bajos ingresos, los cuales la adquieren no sólo como una solución de movilidad, sino principalmente como medio para la generación de ingresos (CAF, 2013).

Por lo mencionado del análisis de la motocicleta como vehículo urbano, se puede resumir que dentro de la causalidad técnica, económica, sociocultural y los aspectos del entorno que han incrementado el número de motocicletas en un vehículo urbano como Bogotá se pueden consolidar por componente, tal como se presenta en la **Tabla 4-1**. Es importante mencionar las causas presentadas son atribuibles a ventajas comparativas y competitivas de este medio de transporte versus los demás medios existentes en Bogotá; así mismo mencionar que las causas presentadas no son atribuibles a todas las motocicletas y que no son el resultado del análisis global del vehículo, que algunas de éstas aplican bajo diferentes consideraciones como estrato socioeconómico, sectores de la sociedad, cilindraje del vehículo, tipo de motor entre otras, por lo que su lectura no puede generalizarse ni entenderse como un todo.

Con lo presentado en la **Tabla 4-1**, se puede dar respuesta a las preguntas planteadas sobre el crecimiento y uso de la motocicleta en Bogotá.

**Tabla 4-1: Causas del incremento y uso de la motocicleta**

|   |   |
|---|---|
| Tránsito y transporte   | Es una alternativa a la congestión de los automotores en las vías   |
|   | Opera con mayor agilidad y fluidez en las corrientes de tráfico en la ciudad                                      |
|   | No tiene restricciones a la circulación   |
|   | Tiene mayor velocidad y por tanto representa menores tiempos de recorrido   |
|   | Tiene menor requerimiento de espacio para estacionar  |
|   | Es una alternativa de acceso al transporte en sitios sin cobertura de transporte formal                           |
|   | Es un medio de transporte individual con la oportunidad de llevar un pasajero                                     |
| Economía y mercado  | Es el vehículo a motor más económico de adquirir y el sistema financiero lo facilita                              |
|   | Es un vehículo económico en su mantenimiento y ostenta un oportuno servicio de venta y postventa                  |
|   | Sirve de herramienta de trabajo que se utiliza como elemento para aumentar sus ingresos                           |
|   | Se obtiene un ahorro en dinero si se compara con el automóvil, sólo por temas de operación del vehículo           |
|   | Genera una mayor probabilidad de aumentar ingresos en ciertos usuarios  |
|   | No pagan impuesto de rodamiento, en ciertas escalas de cilindraje del motor                                       |
|   | Están exentas del pago de peajes  |
|   | El valor de pago mensual del vehículo es comparable con el valor invertido en el transporte público               |
| El valor de compra es cada vez menor si se compara en el tiempo |   |
| La diversificación y cambio del mercado                         |   |
| Aspectos socio-culturales                                       | Es un vehículo de uso personal que no depende de otras personas lo que revierte en eficiencias de tiempo y dinero |
|   | El uso del vehículo para los desplazamientos refiere un importante ahorro en tiempo                               |
|   | Es más cómodo que el transporte público por las implicaciones de la operación del sistema existente               |
|   | La operación del vehículo es flexible en cuanto a horarios y recorridos   |
|   | Se considera como el primer acceso a la motorización y por ende al ascenso del estatus social                     |
|   | Desarrolla en el usuario un estatus de independencia y desarrollo que es valorado cada vez más                    |
|   | Es un complemento eficiente como medio de transporte a las necesidades del grupo familiar                         |
| Medio ambiente y sostenibilidad                                 | Ostenta un uso racional del espacio comparado con la cantidad de personas que se desplazan en un automóvil        |
|   | Emiten menores niveles de CO <sub>2</sub> , en particular los motores de cuatro tiempos y motores eléctricos      |
|   | Genera bajo consumo de combustible y por tanto es más eficiente en consumo de energía                             |

*Fuente: Elaboración propia, a partir de la revisión literaria.*

## 4.2 TENDENCIA DE LA MOTOCICLETA EN LAS VÍAS URBANAS

*Bogotá afrontará un problema en apariencia insoluble: un crecimiento acelerado de la población de automóviles que no puede ser compensado, sino en una pequeña porción, con la construcción de nueva infraestructura vial. El desbalance entre la oferta y la*

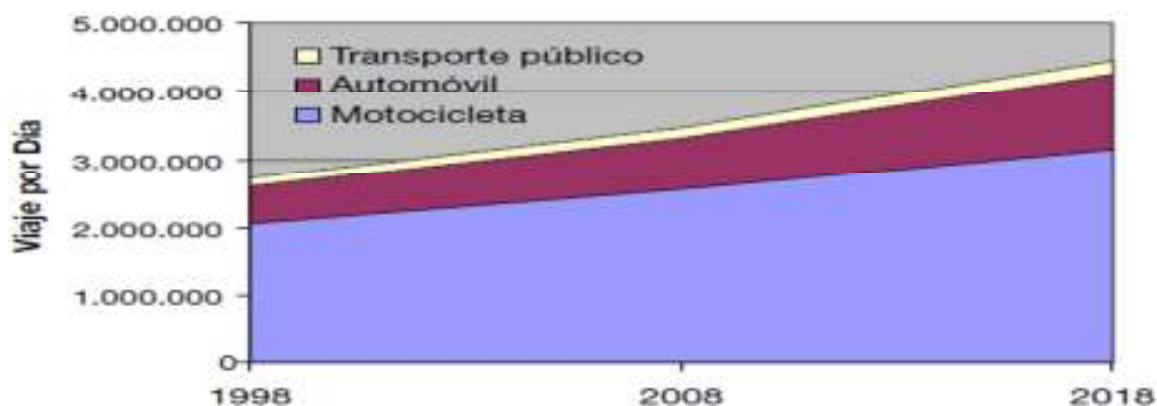
*demanda de vías será cada vez mayor* (Montezuma, 2000). Es una afirmación que con el pasar del tiempo, se convierte en realidad, ahora bien ¿y las motocicletas?

Es parte del análisis el encontrar ¿cuál es el medio de transporte que soportará los desplazamientos? en un futuro cercano y por qué no lejano. Y es que, una vez analizado el concepto de la motocicleta como medio de transporte, el interés se centra en describir qué pasará con esta segunda motorización que menciona Montezuma (2010) y que afirma que el siglo XXI estará gobernado por la hegemonía de los vehículos de dos ruedas. Incluso afirma que la motocicleta se aproxima a convertirse en una de las más codiciadas, apreciadas y valoradas aspiraciones sociales y herramientas tecnológicas de uso masivo en Colombia (Montezuma, 2010).

La tendencia de la motocicleta en el tiempo viene analizada bajo diferentes variables que se deben revisar en conjunto, la primera variable es el desarrollo urbano, tal como lo menciona Matiz (2005) “*existe una interdependencia sin reconocer entre el transporte y la estructura urbana que no es reconocida en las Ciudades Colombianas*” y que ha causado que se analicen el uno sin el otro. La tendencia urbana de Bogotá, según lo menciona la Universidad de los Andes, en su publicación “El transporte como soporte al desarrollo de Colombia, una visión 2040” se da en dos escenarios del desarrollo urbano, el primero es una apuesta por la ciudad expandida con el uso del vehículo privado como alternativa de movilización y el segundo es la de una ciudad densa con la prioridad del transporte público.

En el primer escenario, la motocicleta se comportaría como uno de los vehículos particulares de soporte para esos desplazamientos (bajo las condiciones actuales de la oferta y la demanda de transporte); bajo el análisis de las cifras y el análisis de la presente investigación el futuro de la motocicleta en Bogotá tendrá una tendencia similar a la estudiada para la ciudad de Densapar en Bali, en la cual el incremento de los medios de transporte está dominado por las motocicletas como soporte al crecimiento urbano y desde luego al incremento de la demanda de viajes. La **Ilustración 9**, describe el incremento del uso de la motocicleta aumentando en el tiempo versus la participación de la oferta de transporte público y de los vehículos particulares que se mantienen constantes.

**Ilustración 9:** Previsión de viajes motorizados en el tiempo para Densapar, Bali



Fuente: Figura presentada en el documento *Perspectiva general del texto de referencia y materias transversales del transporte urbano*, Karl Fjellstrom, (GTZ) 2002.

En el segundo escenario de desarrollo mencionado por la Universidad de los Andes, la motocicleta, entre otros medios como la bicicleta, pueden servir de complemento a los medios de transporte masivo (que se espera soporten y privilegien el uso del transporte público); en este contexto la tendencia es más “un ideal” que una realidad toda vez que requiere de proyectos de infraestructuras del transporte importantes y, de grandes inversiones las cuales no se darán en el futuro cercano bajo las actuales condiciones de planeación y ejecución de proyectos del Distrito Capital.

Otra de las variables que se debe analizar para conceptuar sobre la tendencia de la motocicleta en el tiempo es el concepto de desarrollo sostenible y el manejo del medio ambiente; y es que, bajo las condiciones de la movilidad urbana de Bogotá ya mencionadas (la insuficiencia de infraestructura, las deficiencias del transporte público, la falta de alternativas de medios de transporte entre otras), con las externalidades ya mencionadas (accidentalidad, congestión, contaminación y deterioro urbano) y, entendiendo que Bogotá es una ciudad aún en desarrollo, la visión de lograr una ciudad habitable con un sistema de transporte sostenible se debe fundamentar en cuatro objetivos estratégicos que son:

- a) Garantizar la movilidad,
- b) Garantizar la seguridad del tránsito urbano,
- c) Proteger el medio ambiente urbano y

- d) Mejorar la economía urbana y regional.

Estos objetivos son tomados de “Traffic Management in Motorcycle dependent Cities”<sup>46</sup> y refieren la búsqueda por un transporte sostenible; este documento define además políticas y estrategias para el desarrollo de ciudades con un importante uso de la motocicleta como medio de transporte y realiza un análisis sobre la dependencia de una ciudad hacia el uso de la motocicleta justificándola de acuerdo con tres indicadores que son:

- a) Parque automotor,
- b) Disponibilidad de medios alternativos al vehículo privado y
- c) Uso de la motocicleta.

Así mismo y de manera importante señala que el indicador que mejor refleja esa interdependencia es el parque automotor y su relación con el Producto Interno Bruto - PIB-.

En la **Ilustración 10**, se evidencia la relación creada<sup>47</sup> que tiene el número de motocicletas por cada 1.000 habitantes versus el Producto Interno Bruto –PIB- y los niveles de dependencia para 10 ciudades diferentes en todo el mundo; en donde se puede validar que ciudades desarrolladas con sistemas de transporte pesados y eficientes no tienen implicaciones importantes en cuanto al tránsito de motocicletas y la dependencia por el uso de este medio de transporte.

A manera de ejercicio de validación, para la verificación técnica de la dependencia de Bogotá por el uso de la motocicleta y con el fin de encontrar los datos de población, el Convenio de Cooperación Técnica No 096-2007 realizado entre el DANE<sup>48</sup> y la SDP<sup>49</sup> (mediante el cual se elaboraron las proyecciones de población 2005-2015), definió que

---

<sup>46</sup> Gestión del Tráfico en Ciudades Moto Dependientes. Es una tesis del Ingeniero Magister Khuat Viet Hung, presentada en cumplimiento de los requisitos para el grado de Doctorado en Ingeniería del Departamento de Ingeniería Civil y Geodesia de la Universidad de Darmstadt, Hanoi Vietnam en el Año 2006.

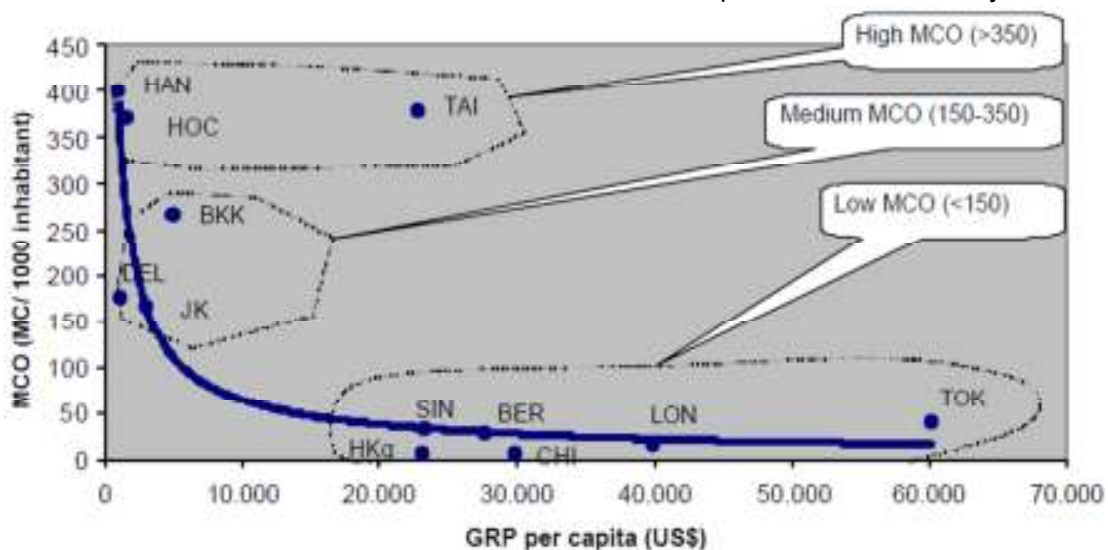
<sup>47</sup> Desarrollado en el documento: Traffic Management in Motorcycle Dependent Cities.

<sup>48</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Colombia.

<sup>49</sup> Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá D.C.

para el año 2012 la población fue de 7'571.345 habitantes. Por otro lado, para realizar el análisis comparativo mencionado se debe ingresar el PIB de Bogotá a precios constantes del año base de elaboración de la ilustración (2003) y mantener el número de motocicletas de 2012 con la población de 2012 de tal forma que sea comparable el análisis.

**Ilustración 10:** Relación entre el número de motocicletas por 1.000 habitantes y el PIB



Fuente: Figura presentada en "gestión del tráfico en ciudades moto dependientes"<sup>50</sup>, p- 37.

**Nota:** HAN: Hanoi, 2003, HOC: Hochiminh City, 2002; TAI: Taipei, 2003; BKK: Bangkok, 2002; DEL: New Delhi, 2003, JK: Jakarta, 2001; SIN: Singapur, 2003, HKg: Hong Kong, 2003; BER: Berlín, 2003; CHI: Chicago, 2000, LON: Londres, 2003; TOK: Tokyo 2003.

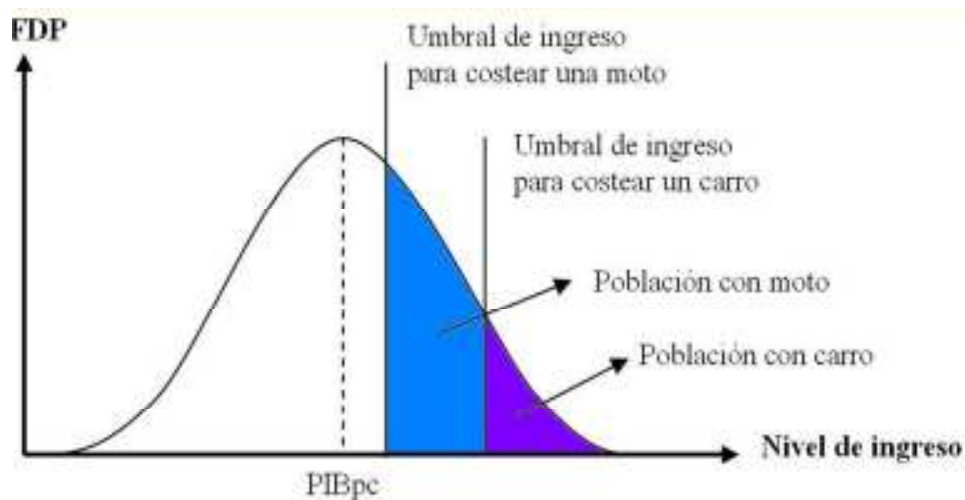
Los datos de entrada completos para el ejercicio son: 40 motocicletas por 1.000 habitantes y PIB de 17.000 US, con lo cual se ubica en el límite izquierdo de la zona de baja dependencia por la utilización de la motocicleta, determinando que no obstante el desarrollo económico de la ciudad y la cantidad de motocicletas es alto, aún no existe una dependencia fuerte por el uso de la motocicleta sin que por esto, la cantidad de motocicletas aumente a niveles superiores a los 150 vehículos por cada 1.000 habitantes en cuyo caso la dependencia de Bogotá por el uso de la motocicleta pasaría a un nivel medio.

<sup>50</sup> Desarrollado en el documento: Traffic Management in Motorcycle Dependent Cities.

Otra de las variables que se analiza en cuanto a la tendencia de la motocicleta en el tiempo es el aspecto financiero que rige la economía del motociclista y la población colombiana susceptible de ser usuario de este vehículo, la Universidad de los Andes, en su publicación “El transporte como soporte al desarrollo de Colombia, una visión 2040” hace un análisis sobre el ingreso de la población y describe que esta es la principal determinante de las tasas de motorización, a partir de esos análisis realiza gráficas sobre el umbral de ingreso para costear un carro y una moto y, define que este umbral se ha desplazado en función del aumento en el ingreso a lo largo del tiempo.

En la **Ilustración 11**, se evidencia la diferencia que existe entre el umbral de ingreso de la población colombiana para comprar una moto y un carro.

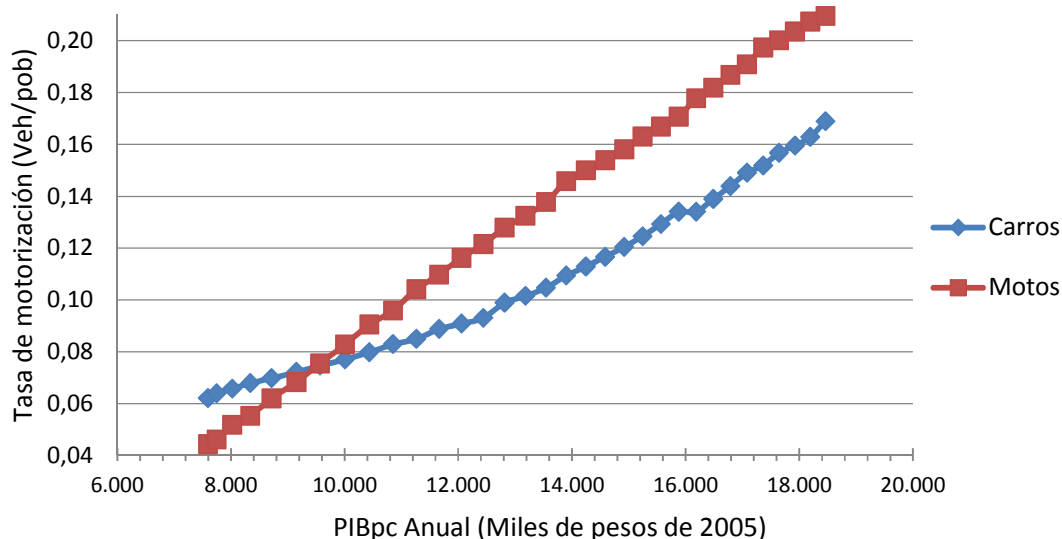
**Ilustración 11:** Definición teórica de las tasas de motorización de carros y motos



Fuente: *El transporte como soporte al desarrollo: una visión a 2040*, Universidad de los Andes 2008.

A partir de la definición de los umbrales y de las proyecciones del ingreso en el tiempo se estiman las tasas de motorización, proyectando al año 2040, el crecimiento de las tasas de carros y motos que se presenta en la **Ilustración 12**.



**Ilustración 12:** Proyección de la tasa de motorización de carros y motos en Colombia

Fuente: *El transporte como soporte al desarrollo: una visión a 2040*, Universidad de los Andes 2008.

Como conclusión del análisis de las tasas de motorización y el nivel de ingresos se concluye que el número de motocicletas aumentará en mayor proporción al aumento de automóviles en Colombia, lo cual para el caso de Bogotá no será diferente y en algún momento el parque de motocicletas será mayor que el parque de automóviles particulares.

Otra de las variables que se puede analizar para prever la tendencia de la motocicleta en el tiempo es la formulación de políticas públicas en el marco de la operación de este medio de transporte; y es que, en atención al incremento de las motocicletas en las ciudades colombianas, se ha pensado entre otras políticas en definir infraestructuras especializadas para el tránsito de estos vehículos, separando los flujos, tales como los carriles o calzadas sólo motos y las zonas de detención en intersecciones semaforizadas (adelantando las motos). -En Medellín por ejemplo, ya se ha evolucionado en este tema de la señalización para adelantar las motocicletas implementando rectángulos sólo motos en cinco intersecciones semaforizadas a modo de prueba, con la intención de aumentar

la seguridad vial, disminuir los tiempos perdidos por arranque y aminorar la congestión<sup>51</sup>. Del mismo modo se han pensado estrategias de disminuir la operación de estos vehículos (restricciones a la circulación), que a la postre buscan optimizar las condiciones de movilidad con la infraestructura vial disponible.

Un caso de como la política asiente sobre el crecimiento de las motocicletas es por ejemplo que, en algunas ciudades europeas se considera el uso de motos como una solución para la congestión y la falta de estacionamientos e incentiva su uso masivo para solucionar la problemática mencionada. En Milán y Londres las motocicletas están exentas del pago que corresponde a circular en zonas céntricas como medida de promoción a su uso y de solución a la congestión. Este ejemplo es determinante, en cuanto a la definición de políticas públicas dadas las condiciones de la movilidad de algunas ciudades capitales, que pudieran entender que los impactos en la movilidad por el uso de la motocicleta no son un problema sino una oportunidad de mejora de la movilidad, en la medida que no se generen problemas de accidentalidad o de congestión, en la medida en que el incremento de las motocicletas en las vías sea sostenible en el tiempo y, en la medida en que la oferta de subsistema de regulación y control lo permitan.

Una investigación sobre la movilidad de las motocicletas<sup>52</sup>, define que las *alternativas de solución tienen que ser radicales, aunque son un poco salidas de los procesos llevados en la actualidad en el país*. Afirmación que entiende el papel de la política en la sociedad, y es que para este caso concreto, las políticas deben primero entender el impacto de la motocicleta en la movilidad urbana, el crecimiento económico al que aspira (por ejemplo Bogotá y su región) y, los cambios en lo relacionado con el desarrollo urbano regional y de la movilidad; para ahí si formular lo pertinente en cuanto al uso y la operación de este vehículo en el contexto urbano. Por un lado entender el incremento previsto de la propiedad de vehículos privados a largo plazo -que insinúa un crecimiento urbano similar

---

<sup>51</sup> Es parte de una prueba piloto realizada por la Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín en el año 2008.

<sup>52</sup> Es un artículo de José Manuel Gaitán sobre "La movilidad de las motocicletas en la Ciudad de Neiva", para la revista Conocimiento Ciudad y Humanismo, de la Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA, de agosto de 2009.

---

al de las ciudades norteamericanas-, donde se ha generado una fuerte expansión urbana y donde predomina el uso del automóvil (Bocarejo, 2009) y por el otro explicando que la tenencia y uso del automóvil privado es determinante para la elaboración de políticas públicas que impacten la movilidad de Bogotá en el marco del incremento de las motocicletas.

Al respecto es importante mencionar que, no obstante cada ciudad y cada territorio tienen sus particularidades, el incremento de los vehículos particulares es una tendencia mundial y de la cual Bogotá no se ausenta, si es necesario acotar que con el pasar del tiempo lo que busca la evolución de los vehículos es una movilidad unipersonal, que puede darse -como es el caso de Colombia- en motocicletas o en vehículos más pequeños de tres y cuatro ruedas.

Así las cosas, el crecimiento del parque automotor de motocicletas en Bogotá bajo cualquier escenario analizado seguirá creciendo, tal vez no en la proporción de otras ciudades y otros países (situación hipotética evidenciada en la **Ilustración 13**), tal vez no tendrá el impacto sobre el uso y la movilidad que tiene en ciudades de la Indonesia o de Taiwán, pero es de esperar que el incremento de las motocicletas supere el parque de vehículos particulares y se convierta en un vehículo de uso masivo de tal suerte que las estrategias y las medidas de regulación y control adviertan sobre la operación de las motocicletas y, en ese contexto apliquen de manera específica políticas de movilidad enfocadas a una futura ciudad de motocicletas<sup>53</sup>.

Por todo lo anterior, la tendencia de la motocicleta en Bogotá y, una vez revisadas algunas variables, presenta un incremento de los vehículos de dos ruedas; en donde el número de motocicletas aumentará en la medida en que las condiciones de movilidad y las políticas públicas así lo permitan hasta llegar a ser el vehículo urbano más usado de todos los automotores.

---

<sup>53</sup> Término utilizado por Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit (GTZ) en “Perspectiva general del texto de referencia y materias transversales del transporte urbano” para definir ciudades en las cuales el parque automotor es dominado por las motocicletas.

**Ilustración 13:** La participación de las motocicletas versus los vehículos

La imagen es de una intersección en Medellín (Colombia)



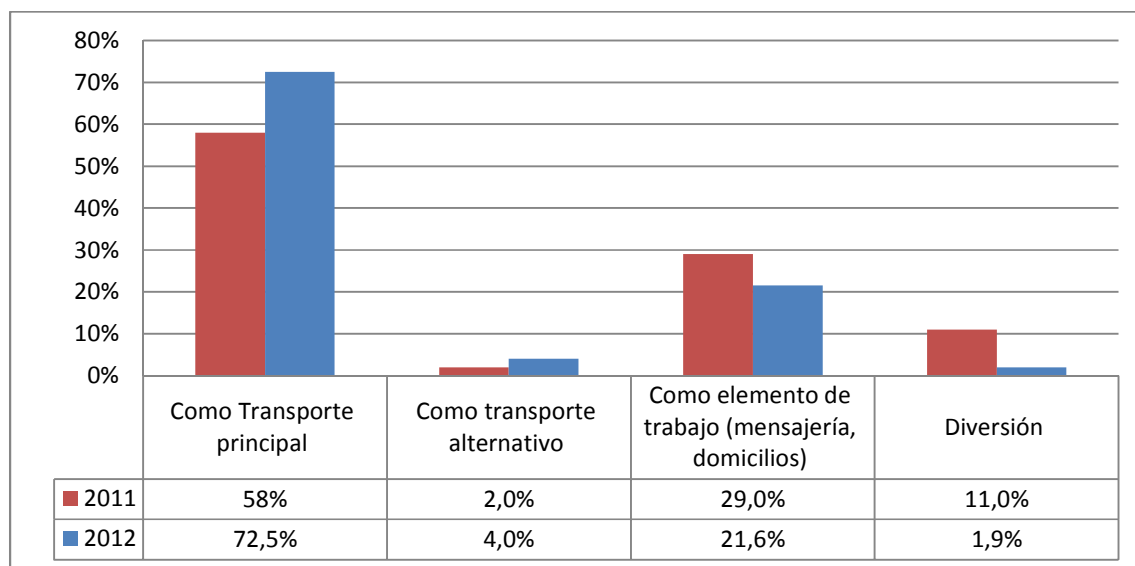
La imagen es de una intersección en Yakarta (Indonesia)



Fuente: Figura presentada en *La motocicleta en América Latina: situación actual y recomendaciones para mitigar sus externalidades negativas*, CAF, Octubre de 2012.

El octavo estudio sociodemográfico, elaborado en 2013 por el Comité de Ensambladoras de Motos Japonesas<sup>42</sup>, evidencia como en un año el cambio en el uso de la motocicleta refiere una evolución considerable; en la **Ilustración 14**, se presenta el cambio mencionado para los usuarios de motocicletas nuevas en Colombia, en especial se evidencia un aumento en el uso de la moto como medio de transporte principal (del 58,0% al 72,5%).

**Ilustración 14:** Cambio en el uso de la motocicleta en Colombia

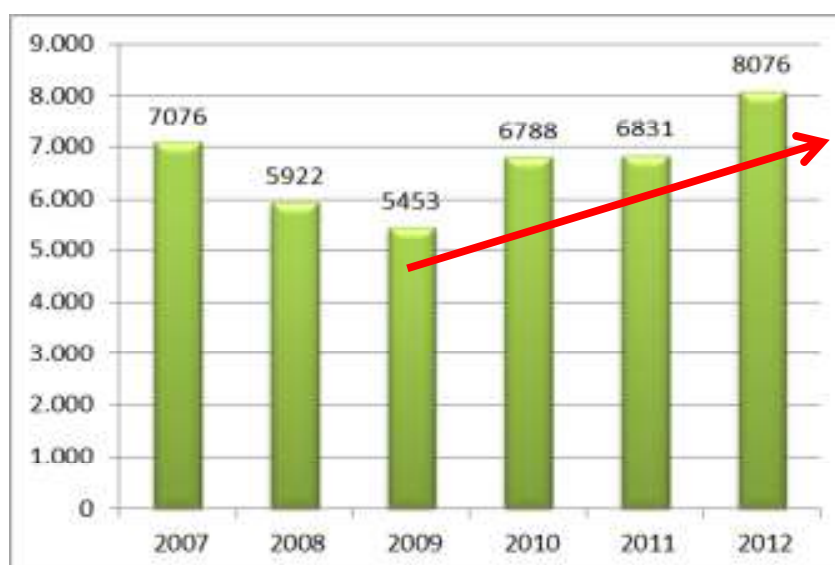


Fuente: Octavo estudio sociodemográfico de los usuarios de moto en Colombia, 2013.

Pero como toda tendencia tiene un impacto en la sociedad y el territorio, es necesario mencionar que los impactos positivos de esta tendencia pueden asociarse directamente con algunas de las causas mencionadas en la **Tabla 4-1**: “Causas del incremento y uso de la motocicleta”, en la medida en que las causas son eficiencias vistas y pueden generar guardadas proporciones impactos positivos. Por otro lado los impactos negativos de la tendencia refiere algunas consecuencias asociadas en primera medida con externalidades del sistema de movilidad tales como la accidentalidad o el deterioro urbano, las cuales tendrán incentivo en el incremento de las motocicletas en Bogotá; en las **Ilustraciones 15 y 16** se puede evidenciar por ejemplo el cambio en la accidentalidad de los motociclistas de los años 2007 a 2012 y la participación de estos actores accidentados dentro del total de accidentes como una tendencia natural al incremento.

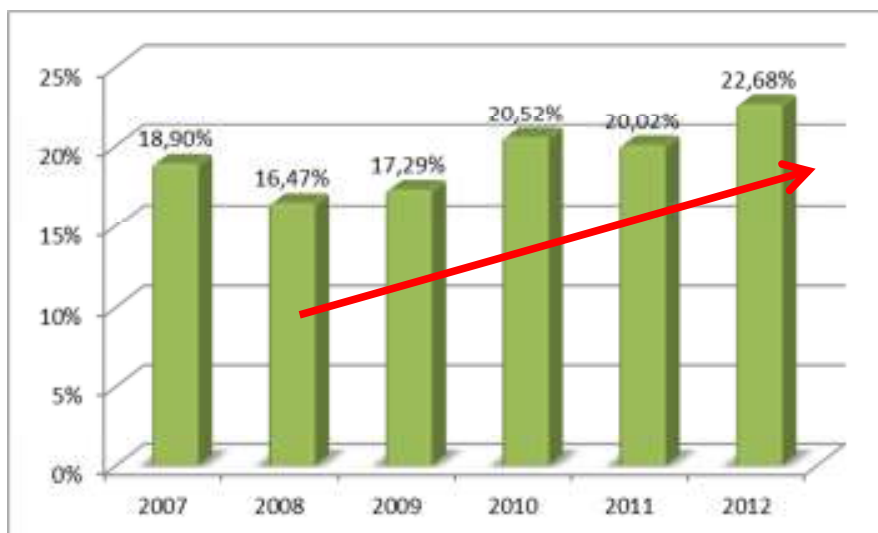
Es importante acotar que las ilustraciones de la accidentalidad que se presentan refieren un valor absoluto en la cantidad de accidentes sin tener en cuenta el parque automotor, por lo que estos crecimientos difieren del comportamiento de la accidentalidad si se analiza en términos relativos (teniendo en cuenta el parque automotor), en cuyo caso la tendencia no es hacia al aumento.

**Ilustración 15:** Accidentes con motocicleta involucrada (años 2007 a 2012)



*Fuente: Elaboración de la Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito con datos de la Oficina de Información Sectorial, Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá 2013.*

**Ilustración 16:** Accidentes con motocicleta vs accidentes totales (años 2007 a 2012)



*Fuente: Elaboración de la Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito con datos de la Oficina de Información Sectorial, Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá 2013.*

De la mano de las consecuencias que la tendencia de la motocicleta en las vías urbanas generará, están los impactos sobre la salud del ser humano, que se relacionan en primera medida con el sedentarismo, entendido en este caso como la disminución de la actividad de caminar por conceptos de flexibilidad de ruta, en donde el motociclista claramente camina menos que un usuario de vehículo particular o que un usuario de transporte público colectivo y desde luego que un peatón<sup>54</sup>. Por último, mencionar los impactos al ser humano asociados con el grado de exposición del motociclista frente a las condiciones climáticas de Bogotá (lluvia, contaminación auditiva, contaminación ambiental entre otras) y, algunas enfermedades adquiridas por la operación misma del vehículo dentro de las que se pueden asociar con la vibración del vehículo o el traslado de los impactos de las ruedas a las articulaciones o músculos del motociclista.

---

<sup>54</sup> Estas consideraciones se realizan bajo el entendido que son comparados medios de transporte para recorridos similares.

## **5. REVISIÓN DE PARÁMETROS DE LA OPERACIÓN**

En el presente capítulo y en cumplimiento del segundo objetivo específico, se hace una revisión y caracterización de los parámetros básicos para la operación del tránsito de manera analítica, que tienen que ver en la interacción de la motocicleta en las vías, acotando estos parámetros a las condiciones de Bogotá y generando algunas consideraciones necesarias para el análisis y posterior elaboración de la propuesta que se describe más adelante en el capítulo 6.

Se parte entonces de la caracterización del motociclista, la motocicleta, las vías y, la regulación y el control, para pasar a las implicaciones que cada parámetro tiene en la operación, de tal forma que se acote cada uno en función de lo que se busca con la propuesta.

### **5.1 EL MOTOCICLISTA**

Dentro de los resultados de las entrevistas que la Dirección de Seguridad Vial de la Secretaría Distrital de Movilidad -SDM- realiza a los motociclistas infractores con el fin de generar un perfil del actor, se encuentra que algunos de ellos tienden a pensar que conducir una motocicleta es fácil, que es como conducir bicicleta y no es así.

Por el contrario de lo expuesto por algunos de estos motociclistas, este vehículo de dos ruedas impulsado por motor presenta consideraciones operacionales y de seguridad vial muy particulares en razón a la facilidad de los movimientos y maniobras dentro de las corrientes vehiculares que difieren de la operación de cualquier otro medio de transporte.

Así mismo, dentro de las estrategias de la SDM que llevan por nombre “Pactos por la movilidad” y con relación a las mesas de trabajo con los taxistas, se encuentra que algunos de estos conductores del transporte público individual tienden a pensar que el

motociclista es un agente “intruso”<sup>55</sup> que está utilizando los espacios viales destinados inicialmente para automotores de cuatro o más ruedas. Dentro de los perfiles analizados por la Dirección de Seguridad Vial de la SDM en el intento de describir perfiles de los conductores de automotores y definir estrategias para disminuir la accidentalidad se expone entre otras cosas que: esta es una sociedad individualista, que en su imaginario considera que lo único importante es el desarrollo y bienestar personal sin importar lo que suceda con el resto; esa característica del comportamiento de los conductores bogotanos podría causar teóricamente que se disminuya los niveles de tolerancia, se aumente la agresividad y no exista solidaridad ni convivencia; sin mencionar que en ocasiones pueda causar accidentes de tránsito entre conflictos sociales.

En términos de la revisión del motociclista -desde una óptica medible-, es necesario ahondar en datos que sirvan para determinar el perfil del motociclista, para lo cual se presenta como una caracterización, cifras sobre género, edad, nivel educativo y otras variables útiles para el ejercicio de determinar la incidencia del ser humano en la operación del tránsito.

A nivel nacional el balance por género de los conductores de motocicleta, desde el año 2005 hasta el año 2011, es el que se presenta en la **Ilustración 17**, en donde se evidencia que la participación porcentual de las mujeres ha disminuido en el tiempo, lo cual puede explicarse en el incremento de los motociclistas de manera global y no en la mera participación de las mujeres.

Para el año 2012, la participación de los hombres motociclistas en Colombia es del 87.09% contra el 12.91% de mujeres motociclistas. Ciudades como Villavicencio e Ibagué fueron las ciudades con más mujeres motociclistas (27.6% y 26.9% respectivamente) mientras que la ciudad con menos mujeres motociclistas fue Barranquilla, con apenas un 2,0%. (Ciudad Humana, 2012).

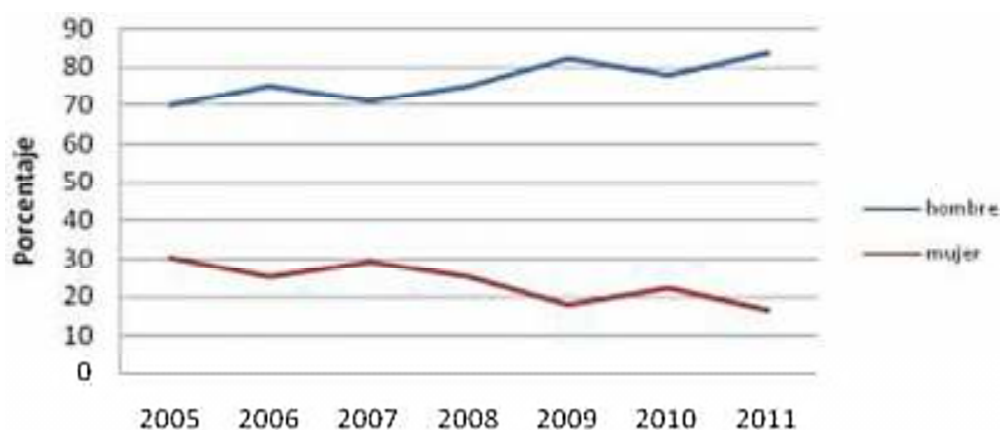
---

<sup>55</sup> El término es utilizado por algunos conductores de Taxi, que en su labor diaria interactúan constantemente con los motociclistas; estos dos actores difieren de la prelación de los vehículos en la vía en términos del espacio utilizado por cada vehículo.



Para el caso de Bogotá, dentro de la caracterización de los motociclistas realizada se refleja que el porcentaje de hombres motociclistas es del 93% y el de mujeres motociclistas es del 7% (Ciudad Humana, 2012).

**Ilustración 17:** Género de los motociclistas en Colombia



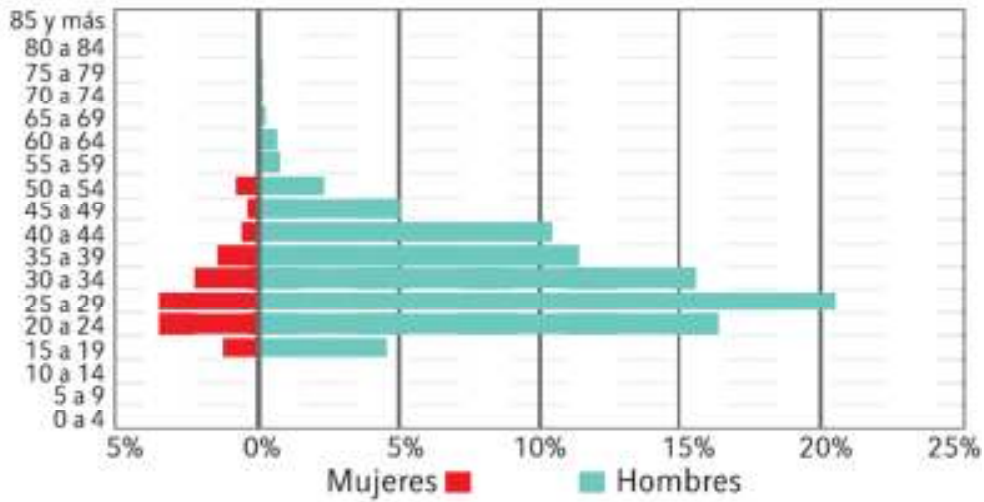
Fuente: Séptimo estudio sociodemográfico de los usuarios de moto en Colombia, 2012.

Por otro lado, la distribución por edad de los motociclistas en Colombia es la que se presenta en la **Ilustración 18**, en donde se evidencia que la mayor participación viene dada por personas ubicadas en el rango de los 25 a 29 años para hombres y en el rango de los 20 a 29 años para las mujeres<sup>56</sup> (Ciudad Humana, 2012), lo cual es determinante para la operación del vehículo en la medida en que son los jóvenes quienes están conduciendo estos vehículos de dos ruedas y, que el reflejo de esa juventud se puede asociar con las velocidades de operación de los vehículos y el hecho mismo de la peligrosidad de las maniobras referido a la conciencia del riesgo.

Por último, en cuanto a la experiencia de los motociclistas, la **Ilustración 19** presenta que la mayor participación de los motociclistas está entre los 1 a 5 años de experiencia (Ciudad Humana, 2012).

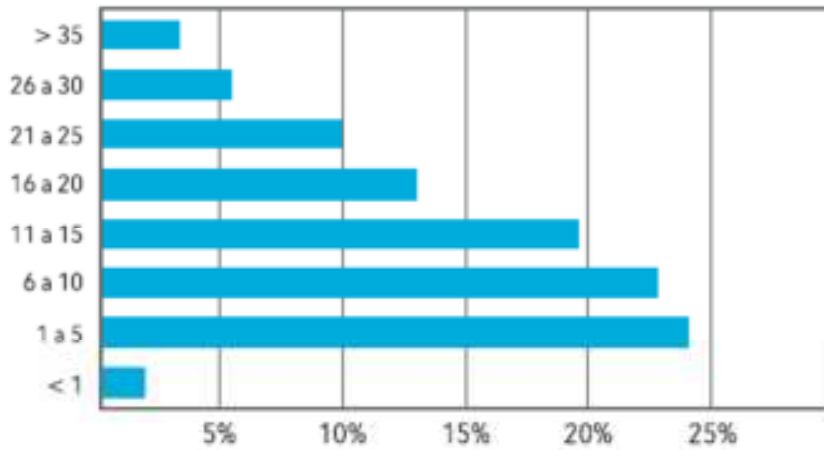
<sup>56</sup> A nivel de los resultados expuestos por la encuesta, las mujeres motociclistas presentan una participación diferente a la de los hombres; comparativamente con los hombres, las mujeres son más jóvenes.

**Ilustración 18:** Distribución por edad de los motociclistas en Colombia



Fuente: Encuesta de caracterización de los motociclistas, Ciudad Humana, 2012.

**Ilustración 19:** Años de experiencia de los motociclistas en Colombia



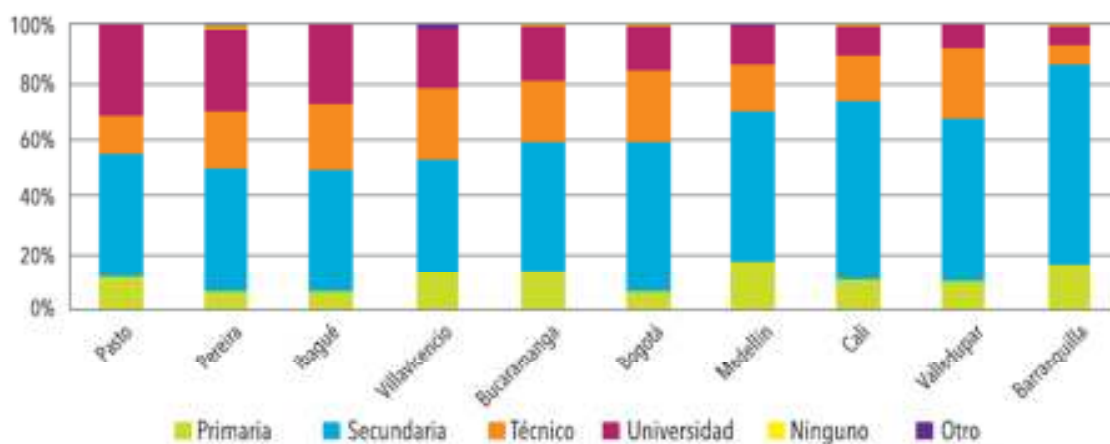
Fuente: Encuesta de caracterización de los motociclistas, Ciudad Humana, 2012.

En términos del nivel educativo de los motociclistas, se presenta que los motociclistas poseen una mayor formación académica en comparación con la población colombiana sin motocicleta. Así mismo, del total de los motociclistas a nivel Colombia, el 10,2% no

tiene ninguna preparación, el 37,2% alcanzó básica primaria, el 31,8% secundaria y sólo el 16,0% tiene estudios técnicos y superiores (Ciudad Humana, 2012).

En la **Ilustración 20**, se presenta el nivel educativo de los motociclistas por ciudad, en donde Bogotá refiere un promedio de la muestra, con una participación principal de motociclistas con nivel educativo tipo secundaria seguido del nivel técnico, luego universitario, primaria y, finalmente una participación mínima de motociclistas sin nivel educativo.

**Ilustración 20:** Nivel educativo de los motociclistas por ciudades en Colombia



Fuente: Encuesta de caracterización de los motociclistas, Ciudad Humana, 2012.

El perfil del motociclista bogotano y su comportamiento en las vías no se basa solamente en parámetros socioeconómicos, sino que es una combinación de factores de orden monetario, de preferencias psicológicas y de hábitos de conducta que a la postre redundan en comportamientos que convierten al motociclista en un actor de la movilidad con particularidades específicas proclives de análisis e investigación.

No es lógico pensar que el parámetro -motociclista- que incluye diferentes tipos de conductores sea generalizado en la conducta o el perfil de un ser humano que utiliza la motocicleta como herramienta de trabajo, como medio de transporte y en ocasiones como elemento de recreación para realizar un desplazamiento buscando celeridad en el recorrido y llegar a su destino sin inconvenientes.

Pero, a manera de contexto con el fin de parametrizar al actor y, producto de las actividades realizadas en campo, el motociclista bogotano es un conductor que: transita a velocidades superiores a la de los automóviles, utiliza los intercarriles de las vías cuando se presentan estados de congestión, en las intersecciones semaforizadas adelanta a los demás vehículos para llegar al inicio de las filas de vehículos con el fin de salir en primer lugar, realiza maniobras de zigzag dentro de las corrientes vehiculares y, presenta otras consideraciones que hacen de este conductor un perfil humano indefinido y que no está estudiado en profundidad<sup>57</sup>.

## 5.2 LA MOTOCICLETA

Una investigación sobre el mercado de motocicletas en Colombia<sup>58</sup>, determina que Colombia es uno de los países en Latinoamérica con mayor crecimiento en la producción de motos en los últimos años, llegando a ocupar el segundo lugar en Sudamérica después de Brasil.

Define además que el crecimiento positivo se debe a la buena inversión extranjera, lo que ha llevado a que grandes ensambladoras de motos como Suzuki, Fanalca, Akt, Incolmotos y Auteco tengan plantas a lo largo del territorio nacional. Así mismo menciona que la producción de las motocicletas en Colombia es mucho mayor a la importación de éstas, es decir el 93% de las motos vendidas en el primer semestre de 2012 fueron fabricadas en Colombia, mientras que el 7% restante fueron motocicletas importadas.

Según informe del Ministerio de Comercio Industria y Turismo, se muestra que las motos ensambladas y vendidas en nuestro país más las importadas no ensambladas en Colombia para el año 2012 fueron de 580.950 motocicletas.

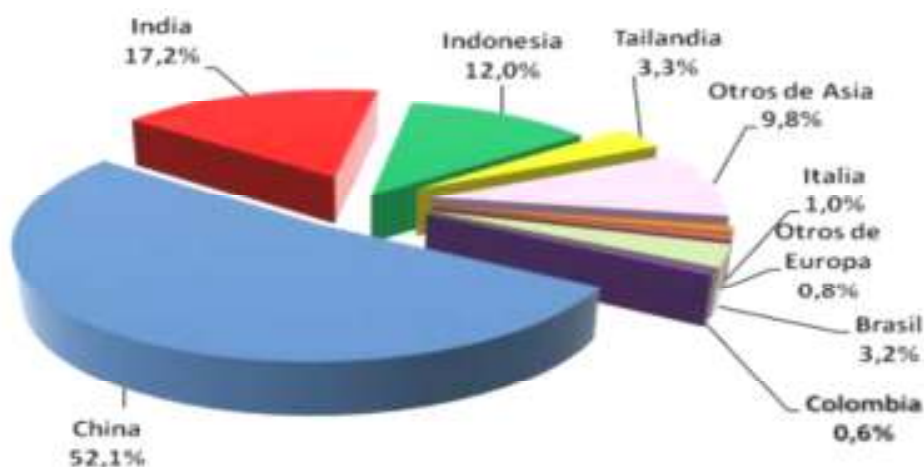
---

<sup>57</sup> Las anteriores afirmaciones se describen a partir de lo evidenciado en los videos realizados a las corrientes vehiculares, proceso que se describe en el capítulo 7.

<sup>58</sup> Es un informe final de práctica profesional que tiene por nombre "Proceso de Evolución del Mercado de las Motocicletas y sus Repuestos en Colombia", realizado por Jorge Eduardo Pérez Velasquez, en la Universidad Católica de Pereira en el año 2012.

A nivel mundial la participación de los países que ensamblan motocicletas es la presentada en la **Ilustración 21**, en donde se evidencia que China, seguido de India e Indonesia son los países que lideran este negocio, en donde Colombia sólo representa el 0,6 % (Ensambladoras Japonesas, 2012).

**Ilustración 21:** Participación mundial de producción de motocicletas



*Fuente: Séptimo estudio sociodemográfico de los usuarios de moto en Colombia, 2012.*

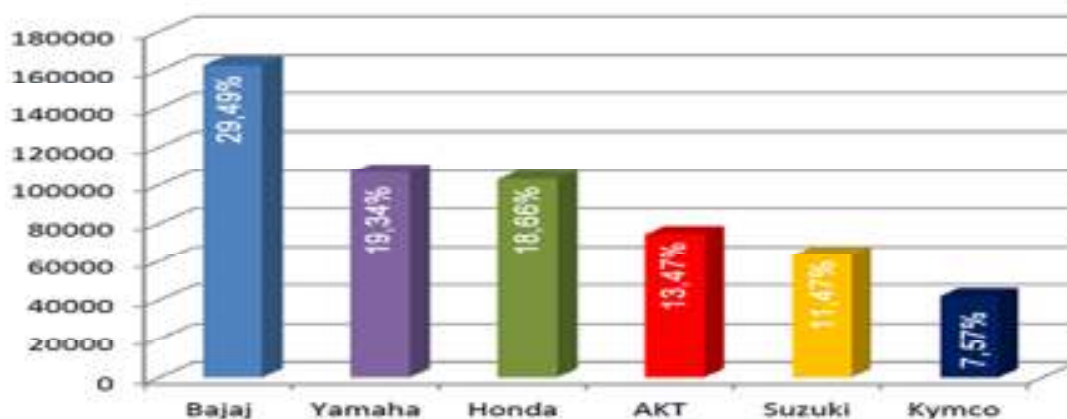
La participación por marca, en donde se referencia las más vendidas, se muestra en la **Ilustración 22**, en donde se presenta que lidera Bajaj con 162.668, en el puesto dos Yamaha que ocupaba el año anterior el tercer renglón, sube con 106.664, quien estaba de segundo en 2011 Honda pasa a la tercera casilla sumando 102.944, de cuarto repite AKT con 74.318, quinto continúa Suzuki logrando 63.254, mostrando gran recuperación y en sexto lugar una marca que está subiendo de forma impresionante Kymco que logró 41.805<sup>59</sup>.

Para el caso de Bogotá, el análisis se centra además de la marca sobre la cantidad de motocicletas transitando en la ciudad y su lugar de residencia, al respecto la encuesta de movilidad realizada en la ciudad región determina unos centros de concentración de

<sup>59</sup> La redacción y las cifras del estudio del Ministerio de Comercio son de Alejandro Rubio y están incluidas en la revista Publimotos, en la edición de abril de 2013.

motocicletas asociados con el lugar de residencia, lo que causa en la lógica del transporte un origen o un destino dependiendo de la hora del día.

**Ilustración 22:** Las motos más vendidas en Colombia en el 2012



Fuente: A partir de información del Ministerio de Comercio Industria y Turismo<sup>60</sup>

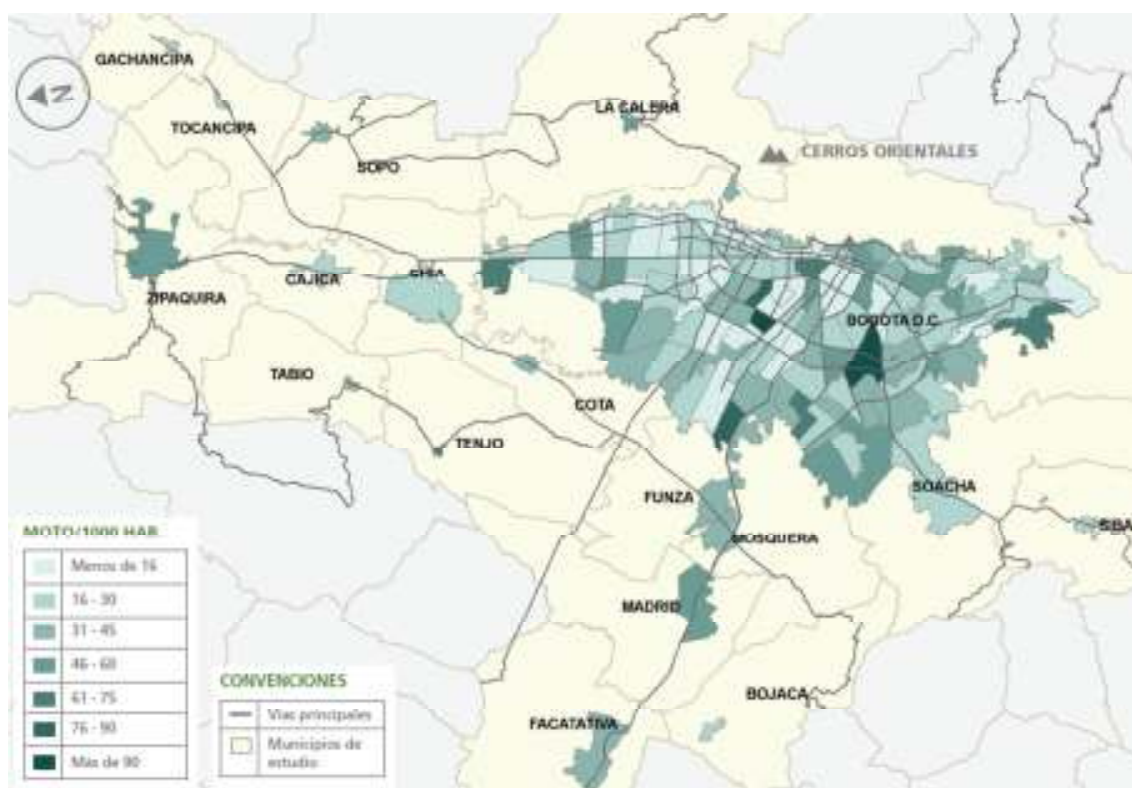
En la **Ilustración 23**, se evidencia el mapa de calor con la concentración de motos en Bogotá, en donde existe una importante participación de las personas que viven en municipios cercanos a la capital y que por su necesidad de transporte transitan en las vías de Bogotá.

En cuanto a la distribución del parque automotor referida y su concentración por 1000 habitantes, para las localidades de Bogotá se tiene que existe una dispersión en esta distribución; no existe una sectorización de la composición ni de la cantidad de vehículos definida. Lo que sí se puede evidenciar es la relación de la cantidad de motocicletas con la densidad de población, tanto de Bogotá como de los cascos urbanos de la Región.

---

<sup>60</sup> Imagen tomada de internet: <http://www.publimotos.com/website/index.php/nacionales/812-las-ventas-de-motos-en-el-2012-crecieron-por-debajo-del-pronostico-128->.

**Ilustración 23:** Motos por persona por lugar de residencia en Bogotá y la región



Fuente: Encuesta de movilidad, Secretaría Distrital de Movilidad, 2012.

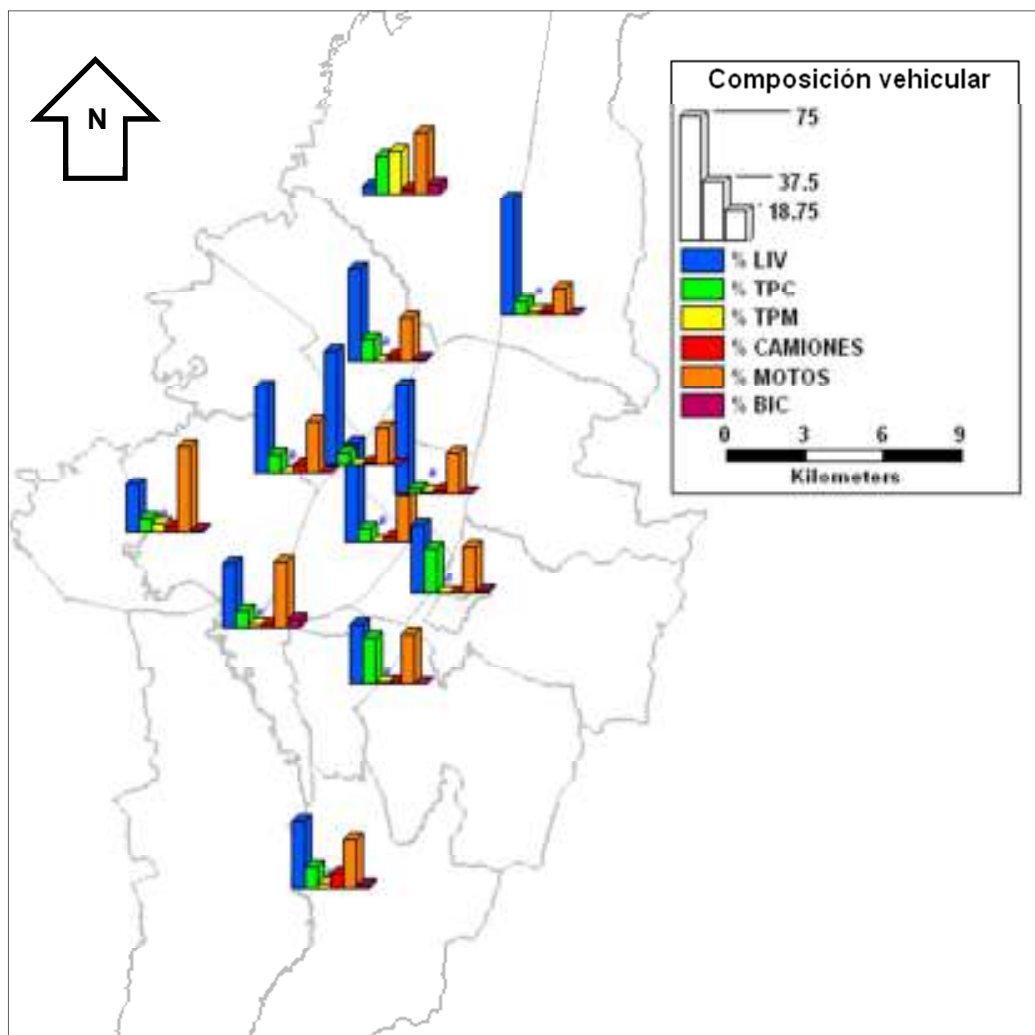
En cuanto a la cantidad de motocicletas matriculadas y la estimación de las que se encuentran transitando en Bogotá, la investigación realizada por Rodríguez (2010) da cuenta que en el año 2013 estaría rodando cerca de 360.000 motos, lo cual se acerca a la realidad, toda vez que en contexto de los datos sobre el número de motocicletas en Bogotá hay que sumar las que transitan y que están matriculadas en municipios cercanos y se debe restar las motocicletas que estando matriculadas no transitan (por restricciones mecánicas, inmovilizaciones y demás limitantes).

El parque automotor registrado a junio de 2013 refiere un parque de 359.893 motocicletas matriculadas en Bogotá<sup>61</sup>, lo cual está muy cercano a lo referido por los cálculos de Rodríguez (2010) con la diferencia que el valor sugerido por él refiere además las motocicletas que ruedan en Bogotá pero que son matriculadas en municipios cercanos.

<sup>61</sup> Es un dato del Registro Distrital Automotriz consolidado en la Secretaría Distrital de Movilidad.

En la **Ilustración 24**, se evidencia gráficamente la participación porcentual de la motocicleta y la distribución del parque automotor aforado en 10 puntos estratégicos de la ciudad, denominados estaciones maestras realizadas en el primer semestre del año 2013 en Bogotá. En esta composición se evidencia un aumento de la cantidad de motocicletas en las localidades del anillo sur occidental de la ciudad.

**Ilustración 24:** Composición vehicular por zonas en Bogotá



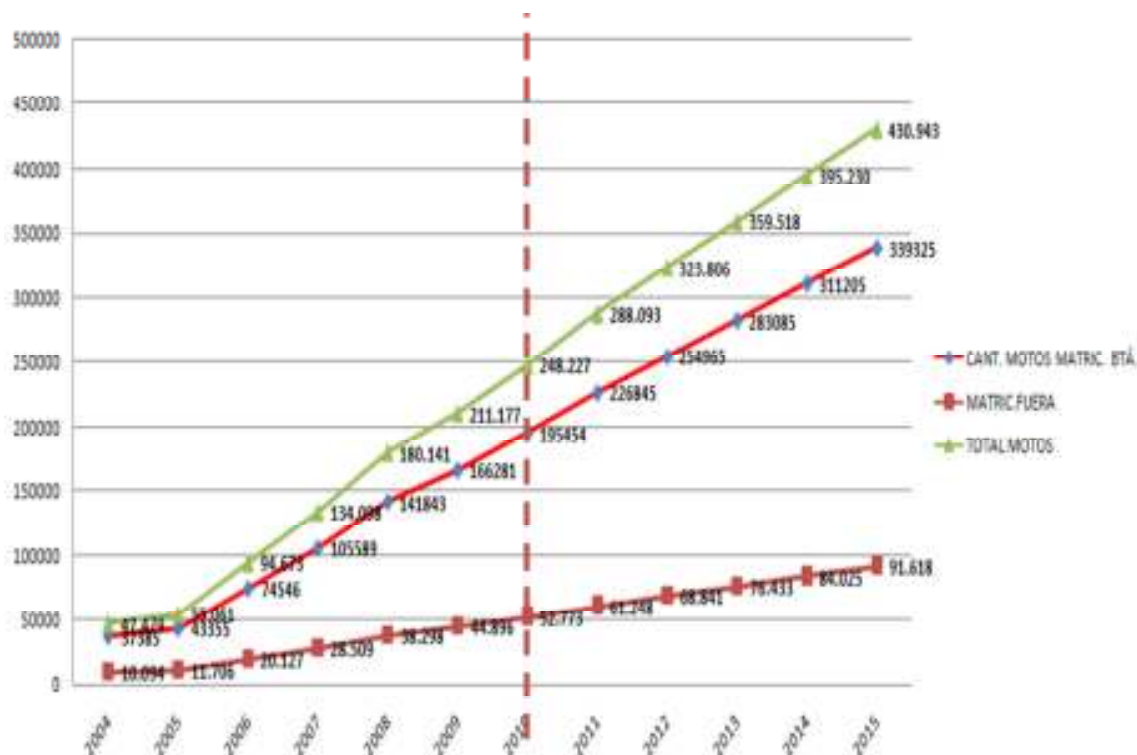
*Fuente: Elaboración propia a partir de información Secretaría Distrital de Movilidad, 2013<sup>62</sup>.*

<sup>62</sup> Contrato 1876 de 2012, cuyo objeto es la "Toma de información en campo, como insumo del programa de monitoreo, seguimiento y planeación del tránsito y el transporte de Bogotá D.C.



En la **Ilustración 25**, se presenta una estimación lineal de las motos que transitan en Bogotá, dadas las cifras y estadísticas que se tienen sobre el particular, en donde se evidencia la tendencia de las motocicletas en Bogotá la cual se mantiene al alza de manera sostenida pero no sostenible por el sistema de movilidad.

**Ilustración 25:** Estimación lineal de motos matriculadas y rodando en Bogotá a 2015



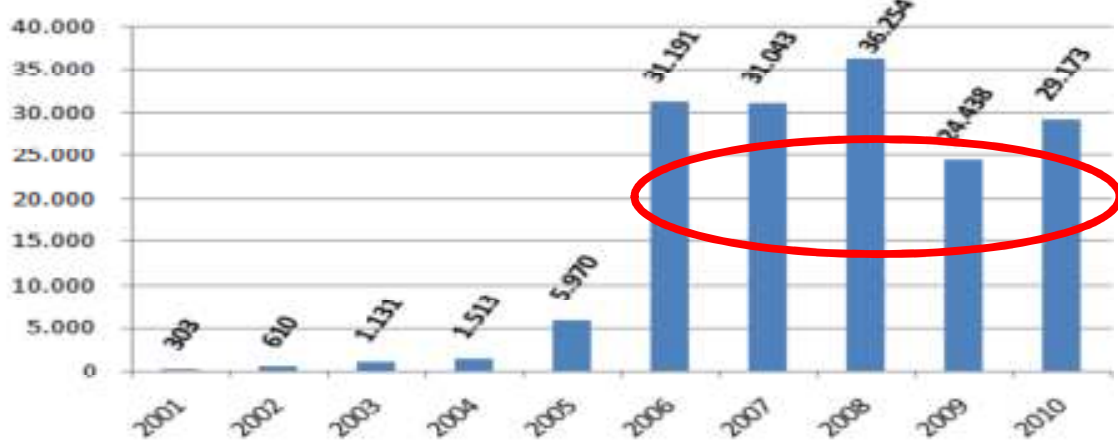
Fuente: Información base Servicios Integrales a la Movilidad en 2010, (Rodríguez, 2010).

El parque automotor de motocicletas de Bogotá es relativamente nuevo; en la **Ilustración 26**, se evidencia que a partir del año 2006 el número de motocicletas nuevas por año se aumentó y que a partir de ahí se ha sostenido constante; lo cual es importante de mencionar, toda vez que según estas cifras más del 90 % del parque de motocicletas en Bogotá tiene menos de 8 años de uso, medidos al año 2013.

Con los datos del parque automotor analizados y con el fin de estandarizar un vehículo “tipo” y, poder de ese modo establecer unas dimensiones del mismo, se hace necesario acotar que el espacio utilizado por una moto es mucho menor si se compara con otros medios de transporte motorizados, en la **Ilustración 27**, se evidencia un ejemplo de la

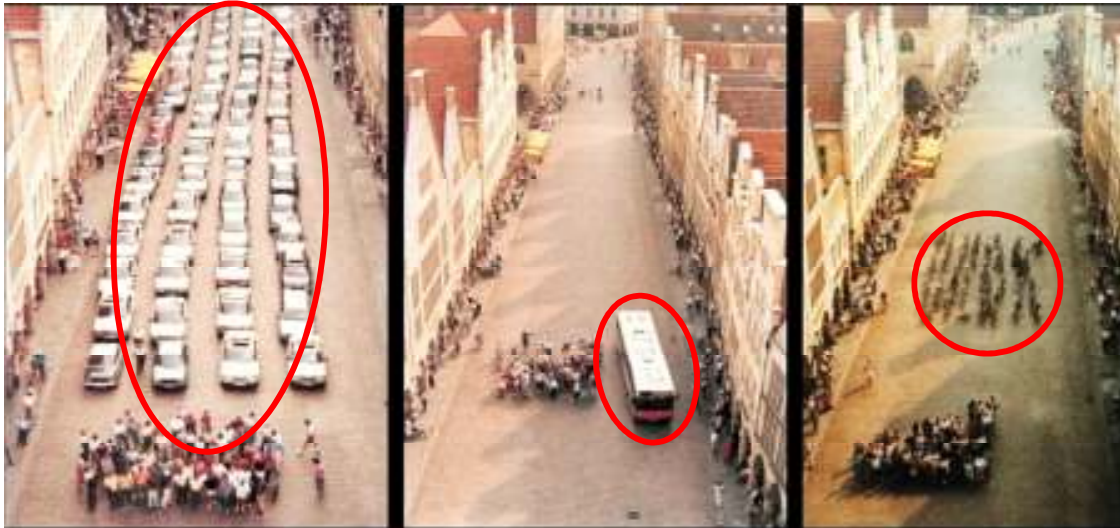
diferencia en el espacio utilizado por un número de usuarios si se compara la motocicleta con un bus o con automóviles.

**Ilustración 26:** Cantidad de motos nuevas por año en Bogotá



Fuente: Información base Servicios Integrales a la Movilidad en 2010, (Rodríguez, 2010).

**Ilustración 27:** Comparación de espacio utilizado por diferentes medios de transporte



Fuente: Ilustración presentada por GTZ, poster del estado de Nordrhein-Westfalen, visto en Muenster Alemania<sup>63</sup>.

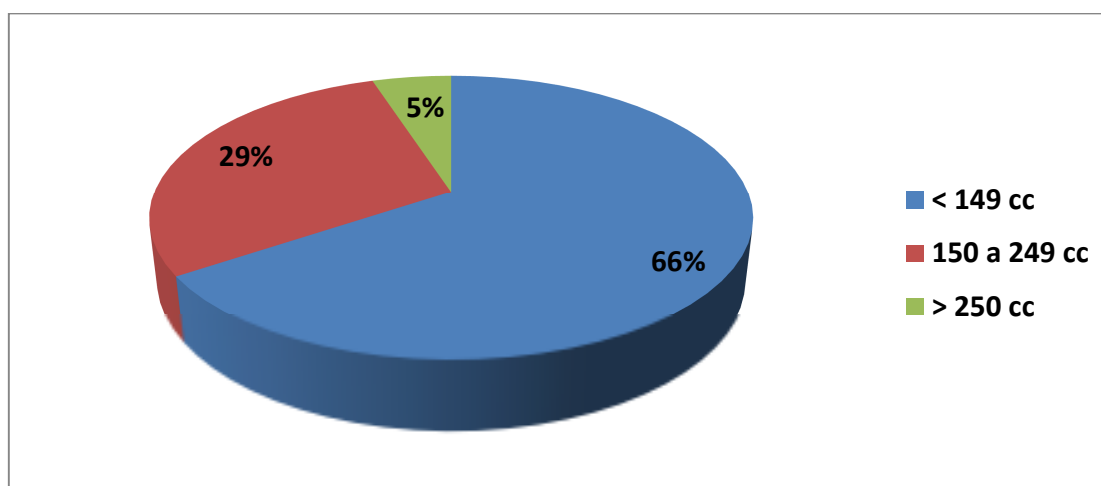
<sup>63</sup> La imagen es de la comparación de bicicletas, automóviles y un bus; no obstante guardando las proporciones, el espacio utilizado por las motocicletas en condición estática es similar al de las bicicletas y, se ilustra únicamente con el fin de comparar el espacio utilizado por el medio de transporte como tal.

Otra de las variables que es determinante para la caracterización del parque automotor de motocicletas es el cilindraje, toda vez que de la potencia del motor del vehículo depende en cierta medida las velocidades punta de las motocicletas.

En la **Ilustración 28**, se evidencia la participación de los diferentes cilindrajes dentro del total del parque de motocicletas matriculadas en la Ciudad, en donde el 66 % (las dos terceras partes de los vehículos) es considerado de bajo cilindraje, mientras que el 29 % es de mediano cilindraje y sólo el 5 % es de alto cilindraje<sup>64</sup>.

En este sentido es importante mencionar que el pago de impuestos es una determinante en la participación de las motocicletas por cilindraje; en contexto, las motocicletas con cilindraje menor a 125 cc no pagan impuestos de rodamiento y en caso de Bogotá únicamente pagan semaforización, las motocicletas con cilindrajes mayores a 125 pagan impuesto de rodamiento y semaforización.

**Ilustración 28:** Cilindraje de las motocicletas matriculadas en Bogotá



Fuente: Datos del RDA<sup>65</sup>, Secretaría Distrital de Movilidad, clasificación del autor, Junio de 2013.

En resumen, no obstante existan diferencias en cuanto a la marca, el modelo, el cilindraje o la tecnología, la base para la propuesta en este contexto es únicamente la dimensión del vehículo en cuanto a un área ocupada, que inicialmente se determina para una condición estática.

<sup>64</sup> La categoría de alto, medio y bajo cilindraje se presenta bajo consideraciones de la potencia del motor.

<sup>65</sup> Datos del Registro Distrital Automotor, que incluyen únicamente el parque matriculado.

Como la idea del ejercicio es parametrizar el vehículo se toma las dimensiones de los tres modelos de motocicletas más representativos del total del parque automotor de Bogotá.

Los tipos de motocicletas, en orden de participación del total son AKT con su línea AK 125 con 18.261 unidades; seguido de Auteco con sus líneas Pulsar 135 LS con 14.939 unidades y Pulsar 180 UG con 14.542 unidades. En resumen y promediando las dimensiones de (largo y ancho<sup>66</sup>) de estas tres motocicletas AKT Ak 125 (1900, 770); Pulsar 135 LS (1995, 765) y Pulsar 180 UG (2035, 750); se adopta entonces unas dimensiones promedio de **0,76** metros de ancho por **1,98** metros de largo, lo que da un área de **1,50** m<sup>2</sup>.

Es importante mencionar que de la revisión de la literatura realizada en el numeral 3.3.1, las experiencias internacionales utilizan como dimensiones promedio un ancho de **0,64** metros y un largo de **1,87** metros, que dan como resultado un área de **1,20** m<sup>2</sup> (Chandra et al, 2003), lo que representa que los vehículos en las ciudades de “oriente” son en promedio más pequeñas, sin que por esto se vean deslegitimizadas las propuestas realizadas en esas ciudades<sup>67</sup>.

### 5.3 LAS VÍAS

La vía, según lo menciona la Ley 769 de 2002, *es la zona de uso público o privado, abierta al público, destinada al tránsito de vehículos, personas y animales*. En términos prácticos la vía es una infraestructura vial, concebida en un espacio urbano o rural donde se desarrollan actividades y se soporta la movilidad.

La infraestructura vial es, entonces el soporte para la movilidad, para los servicios, es una articulación con el desarrollo y la estructura urbana, es el espacio para la concentración de actores y vehículos para realizar los desplazamientos y, es la parte física sobre la cual

---

<sup>66</sup> Estas dimensiones son obtenidas de las fichas técnicas de cada motocicleta, dispuestas en las páginas de internet de AKT Colombia y de Auteco Colombia respectivamente.

<sup>67</sup> Las motocicletas presentan en algunos de esos casos cilindradas menores a los 100 cc y las velocidades de operación en algunas ciudades de estos países, como es el caso de Hanói están reglamentadas a menos de 40 km/h.

se desarrollan todos los comportamientos del tránsito en donde se evidencian las externalidades del sistema de movilidad.

La infraestructura vial tiene una incidencia sobre el desarrollo de las ciudades y el éxito de las mismas como lo afirma un documento de la CAF (Barbero, 2012):

*La infraestructura y sus servicios asociados, con sus diversos componentes, está presente en todos los factores que hacen al éxito de las ciudades. La infraestructura no sólo es relevante en la vida de las ciudades por el impacto de los servicios que brinda, que inciden en forma directa en la calidad de vida de la población, en el clima de negocios y en la competitividad. Es también un elemento clave en la estructuración del espacio urbano: no sólo atiende las demandas, sino que las induce y las localiza.*

Para el caso de Bogotá la infraestructura vial ha evolucionado como la base que define la estructura urbana y es que, el desarrollo de la malla vial va de la mano del crecimiento de la estructura urbana; tal vez no en el mismo contexto, tal vez sin planeación lógica del territorio pero de la mano del transporte y el urbanismo.

En la **Ilustración 29**, se evidencia el crecimiento urbano de Bogotá, el cual ha sido radial, ampliando su territorio de los cerros orientales hacia la sabana de occidente, de este crecimiento es importante mencionar que la estructura urbana se conforma entre otras coberturas por las vías; en este sentido, las vías en Bogotá han aumentado en una proporción mucho menor que el aumento en la población.

La Malla Vial de Bogotá D.C. ha evolucionado como se presenta en la **Ilustración 1**, presentada en la Introducción del presente documento; ahora bien, para efectos de la caracterización de la oferta y poder parametrizar lo existente y poder acotar la vía dentro del modelo de la presente investigación, se menciona que la malla vial de Bogotá a Diciembre de 2012, alcanza 15.559 Kilómetros carril, de los cuales el 93,4% (14.529 km-carril) corresponden al Subsistema Vial y el 6,6% (1030 km-carril) al Subsistema de Transporte -Troncales Transmilenio-.

El Subsistema Vial está compuesto por la malla vial arterial, intermedia y local. La malla vial arterial es la red de vías de mayor jerarquía, que actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad urbana y regional y de conexión con el resto del país. Igualmente, facilita la movilidad de mediana y larga distancia como elemento articulador a escala urbana. La malla vial intermedia está constituida por una serie de tramos viales que

permean la retícula que conforma la malla vial arterial, sirviendo como alternativa de circulación. Permite el acceso y la fluidez de la ciudad a escala zonal. La malla vial local está conformada por los tramos viales cuya principal función es la de permitir la accesibilidad a las unidades de vivienda (IDU, 2013).

En la **Ilustración 30**, se presenta la participación porcentual de las mallas viales y el estado de las mismas; en donde se puede evidenciar que la malla vial local es el 57 % del total, la malla vial intermedia el 24 % del total y la malla vial arterial tan sólo el 19 % del total. En esta ilustración se evidencia además que la malla vial arterial presenta, en general un buen estado con el 68% de ese total; mientras que la malla vial intermedia, el porcentaje de vías con buen estado es del 56% y, por último las vías de la malla local que presentan buen estado es del 18% de ese total.

Un análisis sobre la equidad de la infraestructura disponible es que *“La ciudad construye y mantiene una red vial que está principalmente orientada a transporte privado, sin contar con los recursos suficientes que demanda este mantenimiento y construcción”* (SDP, 2009). En cuanto a la oferta y las condiciones de la infraestructura vial descritas anteriormente y dado el aumento en el parque automotor, es oportuno citar que la *“congestión es una consecuencia de la inexistencia de un precio que incluya todos los costos sociales que provoca el uso de un bien escaso, el cual es la infraestructura en horas en que la demanda supera la oferta disponible”* (SDP, 2009).

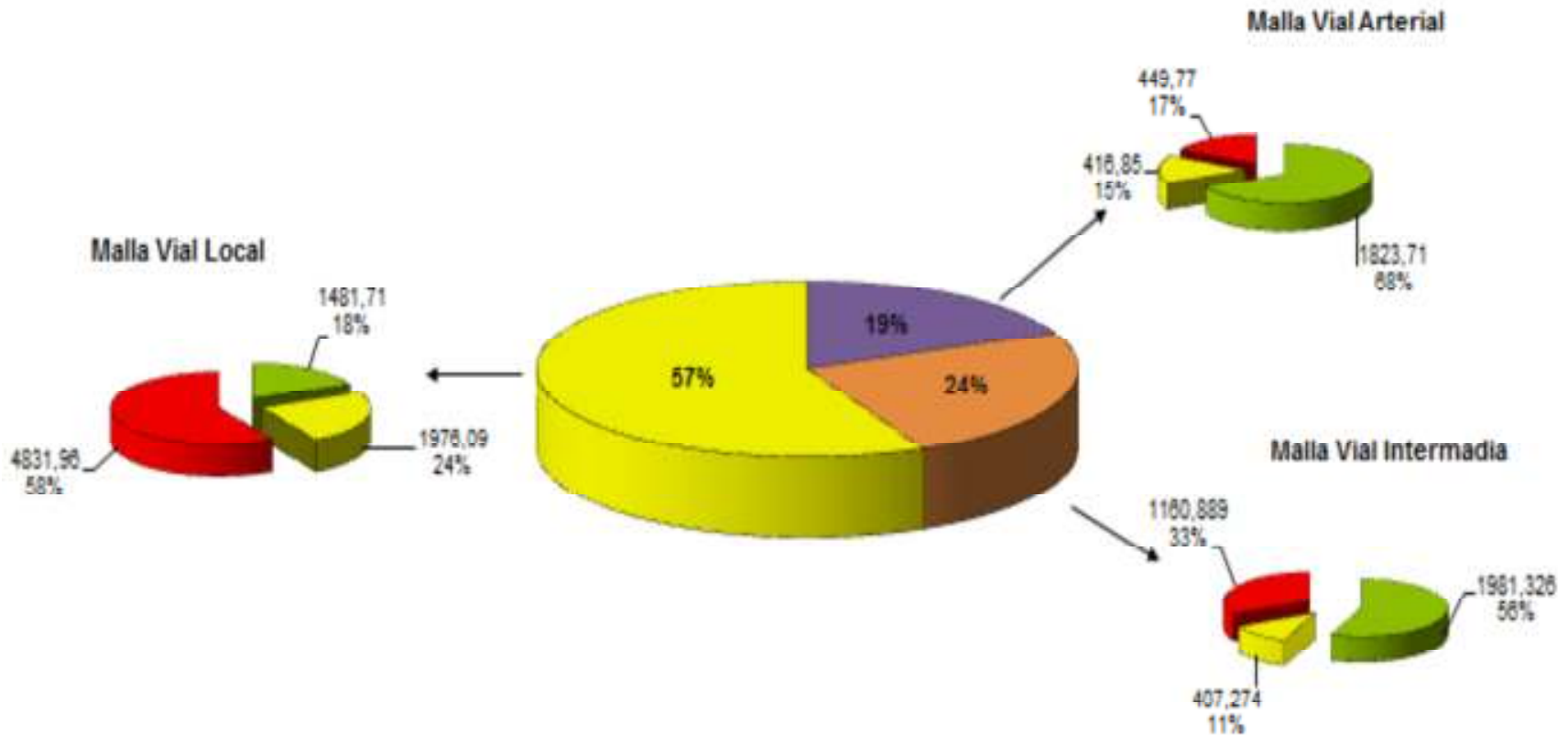
De lo anterior, se puede afirmar que el recurso económico disponible para la construcción y mantenimiento de la red vial es menor que las necesidades mismas de la infraestructura por lo que la oferta se mantiene constante y por el contrario el número de vehículos que transitan sobre la red va en aumento, generando inequidad en el uso de la infraestructura y desde luego reducción de los niveles de servicio y concomitantes periodos de congestión.

**Ilustración 29:** Expansión urbana de Bogotá



Fuente: Bogotá 21- Hacia una metrópoli de clase mundial orientada al transporte público, Juan Pablo Bocarejo Et Al, 2012.

**Ilustración 30:** Clasificación y estado de la malla vial de Bogotá a 2012



Fuente: Elaboración Dirección Técnica Estratégica IDU a partir de Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial. 2013.



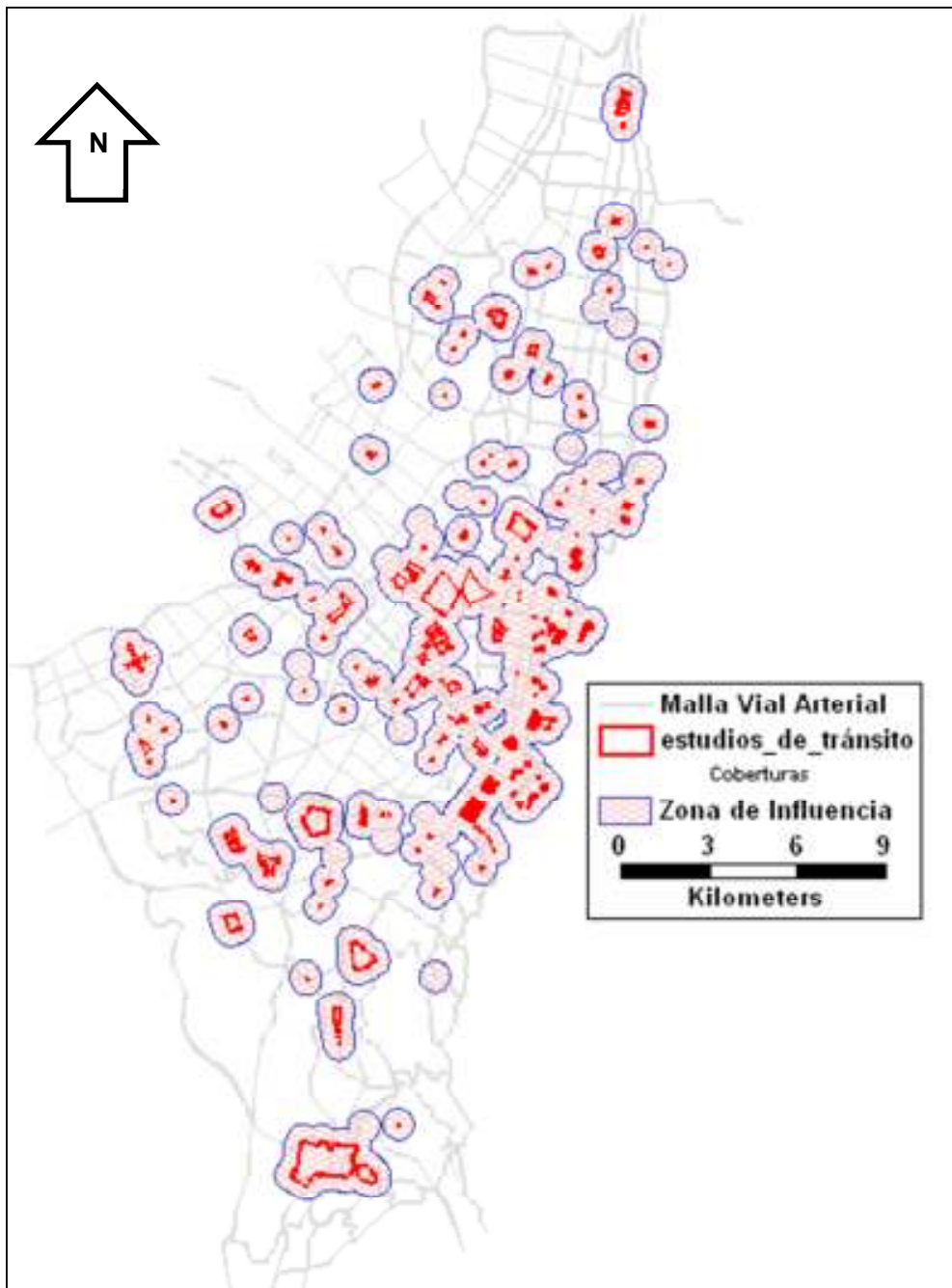
Por otro lado, las implicaciones del parámetro “vía” dentro de los análisis se centran en las consideraciones que esta infraestructura tiene en el comportamiento general de Bogotá, las cuales se pueden resumir y mencionar como:

- En términos generales las vías de las mallas principales e intermedias se presentan en terreno plano y en menor proporción en vías con pendientes promedio bajas, de tal forma que la pendiente no es representativa de valorar en los análisis.
- Las vías presentan anchos de carril variable y geometrías diferentes, no obstante se asocia un sólo ancho de carril promedio de 3,2 metros y alineamientos rectos.
- Las vías presentan tráficos mixtos, heterogeneidad en la oferta de transporte público sea colectivo masivo o individual, por lo que el análisis se realiza con corrientes que presentan tráficos mixtos.
- Las vías presentan usos del suelo heterogéneos, actividades socioeconómicas diferentes y otras variables sociales y económicas que en contexto no se tienen en cuenta dentro de los análisis.
- Las vías presentan densidades vehiculares diferentes por cada kilómetro, velocidades variables y concentración de volúmenes en sitios puntuales, sin que por esto el análisis se convierta en puntual y más bien se homogeniza a la ciudad.

Para el contexto de la investigación y con el propósito de acotar la infraestructura, es importante mencionar que los estudios de tránsito en Bogotá se realizan sobre vías de la malla vial principal y en menor proporción en vías de la malla vial intermedia, toda vez que como ya se indicó los proyectos que requieren estudios de tránsito son los que refieren impactos a la movilidad.

Un ejercicio realizado para validar la distribución de los estudios de tránsito y su cercanía a vías de la malla arterial se presenta en la **Ilustración 31**, en donde se evidencia la correlación de estas dos distribuciones geográficas. Se evidencia que la ubicación de los estudios de tránsito realizados en el Distrito Capital se correlaciona de manera directa con la distribución espacial de las vías de la malla vial arterial.

**Ilustración 31:** Correlación entre los estudios de tránsito y la malla vial arterial



Fuente: Elaboración propia a partir de información de la OIS, Secretaría Distrital de Movilidad, 2013.

## 5.4 LA REGULACIÓN Y EL CONTROL

La regulación y el control, según lo menciona el Plan Maestro de Movilidad PMM<sup>68</sup>, es la articulación que debe tener la gestión del tráfico sobre la operación del tránsito y por supuesto la relación con los demás subsistemas -infraestructura y medios-. Esta gestión vista como normatividad técnica, control en campo, señalización y, medidas especiales, es la que hace de la regulación y el control la cobertura integral sobre la operación del tránsito, el transporte y la infraestructura, con el fin de mejorar y optimizar la movilidad de un territorio específico.

Al respecto el PMM define como componentes del subsistema de regulación y control las siguientes:

- Institucional
- Normatividad Técnica
- Control en campo
- Semáforos
- Señalización
- Ciclo-rutas
- Obras
- Medidas especiales
- Cultura ciudadana

De las componentes mencionadas, es importante para el objeto de la investigación, únicamente el control en campo, la semaforización y la normatividad técnica. El control en campo sea por recurso humano o recurso tecnológico mediante sistemas de control aplicados a las intersecciones. Del mismo modo, es importante acotar que todas las tecnologías asociadas con las actividades propias del sector transporte y que tienen que ver con los sistemas de gestión, infraestructura y medios de transporte se conocen como

---

<sup>68</sup> Subsistema de regulación y control definido en el Plan Maestro de Movilidad de Bogotá, el cual fue adoptado por el distrito mediante acuerdo 319 de 2006.

Sistemas Inteligentes de Transporte ITS<sup>69</sup> por sus siglas en inglés (Intelligent Transportation System). Las aplicaciones de los ITS se pueden clasificar, según la funcionalidad que prestan al sector transporte, en tres grupos: aplicaciones de seguridad, aplicaciones de eficiencia y aplicaciones de confort<sup>70</sup>.

Este tipo de aplicaciones tienen como objetivo brindar herramientas y ayudas para evitar accidentes, tener mejor señalización en las vías con información en tiempo real, mejorar los tiempos de respuestas en la gestión de accidentes, mantener el usuario informado sobre las condiciones meteorológicas y de tráfico de las vías, controlar la velocidad promedio y mejorar la operación electrónica de peajes, entre otras<sup>71</sup>. En la **Ilustración 32** se presenta las aplicaciones de los ITS-.

**Ilustración 32:** Aplicaciones de los Sistemas Inteligentes de Transporte



Fuente: IEEE Communications Magazine<sup>70</sup>.

En Colombia las aplicaciones ITS se dividen según su área funcional y por cada una existen paquetes de servicios. En la **Tabla 5-1** se enumeran los paquetes de servicios.

---

<sup>69</sup> Los ITS hacen referencia principalmente a la localización, gestión y monitoreo remotos de sistemas de transporte.

<sup>70</sup> DAR, Kashif; BAKHOUYA, Mohamed; GABER, Jaafar y WACK, Maxime; (2010) Tomado de [Internet] Wireless Communication Technologies for ITS Applications. Disponible en: IEEE Communications Magazine. Vol. 48, No. 5 (mayo, 2010); p. 156 – 162.

<sup>71</sup> Revista Colombiana de Telecomunicaciones, volumen 17, Edición 57, Agosto – octubre de 2010; p.11.

**Tabla 5-1:** Paquetes de servicios ITS en Colombia

| <b>Área Funcional</b>                     | <b>Nombre</b>   |
|---|---|
| Administración de Almacenamiento de Datos | Almacenamiento de Datos Básico                              |
|   | Almacén de Datos Virtual ITS                                |
| Gestión de Transporte Público             | Sistema de Seguimiento de Vehículos de Transporte Público   |
|   | Operaciones de Rutas Fijas de Transporte Público            |
|   | Respuesta a la Demanda en Operaciones de Transporte Público |
|   | Gestión de Tarifas y Pasajeros del Transporte Público       |
|   | Servicios de Seguridad para el Transporte Público           |
|   | Servicio de Mantenimiento para el Transporte Público        |
|   | Coordinación Multi-modal                                    |
| Gestión de Información al Viajero         | Información al Usuario de Transporte Público                |
|   | Difusión de Información al Viajero                          |
| Gestión de Tránsito                       | Información Interactiva al Viajero                          |
|   | Monitoreo de la Red   |
|   | Sistemas de Control de Tránsito                             |
|   | Sistemas de Control de Autopistas                           |
|   | Difusión de Información de Tránsito                         |
|   | Control de Tránsito Regional                                |
|   | Gestión de Incidentes                                       |
|   | Pago Electrónico de Peaje                                   |
|   | Gestión y Monitoreo de Emisiones                            |
|   | Cruce de Ferrocarril Estándar a Nivel                       |
|   | Gestión de Estacionamientos                                 |
|   | Gestión de Vías Reversibles                                 |
| Monitoreo de Velocidad                    |   |
| Gestión de Vehículos Comerciales          | Gestión de Flotas   |
|   | Gestión de Cargas   |
|   | Aduana Electrónica  |
|   | Proceso Administrativo de Vehículos Comerciales             |
|   | Aduana Electrónica de Paso Fronterizo                       |
|   | Peso en Movimiento  |
|   | Seguridad de Vehículos Comerciales                          |
|   | Seguridad de Carga  |
|   | Mantenimiento de Flotas                                     |
|   | Gestión de Materiales Peligrosos                            |
| Gestión de Emergencias                    | Respuesta a Emergencias                                     |
|   | Ruteo a Vehículos de Emergencia                             |

| Área Funcional                          | Nombre  |
|---|---|
| Gestión de Mantenimiento y Construcción | Monitoreo de Vehículos de Mantenimiento y Construcción      |
|   | Mantenimiento de Vehículos de Mantenimiento y Construcción  |
|   | Mantenimiento y Construcción de Carreteras                  |
|   | Coordinación de Actividades de Mantenimiento y Construcción |

*Fuente: Arquitectura Nacional ITS en Colombia<sup>72</sup>.*

En términos de las implicaciones que tienen los ITS sobre el tránsito de motocicletas y en el control de las mismas en las vías, es necesario acotar que por el momento en Bogotá el sistema de semaforización y el control en vía no tiene la evolución de la arquitectura nacional pensada para Colombia; por lo que, tanto la señalización y semaforización de las vías no es dinámica y el control no depende de la demanda vehicular y menos del porcentaje de motocicletas en las corrientes vehiculares.

De tal suerte que en el entendido de la propuesta tanto los tramos viales para el análisis de flujos continuos o las intersecciones para el análisis de flujos discontinuos o los análisis estáticos para los estacionamientos dependen únicamente de la señalización, la semaforización, la normatividad existente y el control de la policía de tránsito; y que a la postre causan que la articulación de los demás parámetros de la operación no sea desde la gestión sino desde la oferta disponible de la regulación y el control en vía.

---

<sup>72</sup> Ibidem.

## **6. CRITERIOS PROPUESTOS**

A continuación se hace referencia a los criterios propuestos, en cumplimiento del tercer objetivo específico de la investigación; se describe igualmente, la metodología aplicada con el fin de involucrar a las motocicletas que circulan en corrientes de flujos continuos dentro de los análisis y estudios de tránsito en Bogotá, bajo las consideraciones mencionadas en los parámetros del motociclista, la motocicleta, las vías y, la regulación y el control.

### **6.1 MEDIR LA VELOCIDAD DE LAS MOTOCICLETAS**

Para el caso práctico de análisis del tránsito, la velocidad, la densidad y el volumen son las variables macroscópicas útiles para evaluar la eficacia de una infraestructura, pero es la velocidad la variable que se aplica para el cálculo del nivel de servicio de un tramo de arteria urbana determinado.

Debido al aumento del volumen de motocicletas es necesario reconocer que la velocidad de operación de este tipo de vehículo es diferente a la velocidad obtenida de la corriente; por lo que, los análisis de tránsito requieren de ensayos específicos de la velocidad por tipo de vehículo.

En el marco de los criterios propuestos, el medir la velocidad segregando la velocidad de las motocicletas del resto de los vehículos es la base para entender el comportamiento y la incidencia de este vehículo dentro de una infraestructura vial determinada y el grado de confort que ésta ofrezca.

La magnitud de la velocidad de operación de una corriente de automóviles reconoce factores de afectación tales como: la pendiente longitudinal, el ancho de carril, el número

de calzadas, el tipo y estado de pavimento, la participación de vehículos pesados, las interacciones con peatones, la presencia de transporte público entre otras; adicionalmente reconoce variables que no se tienen en cuenta por cuanto la velocidad de operación las consolida en conjunto.

Del ejercicio de campo descrito más adelante en el capítulo 7, se puede concluir entre otras cosas que la velocidad de operación de las motocicletas es función además de los factores mencionados -para los automotores-, del volumen de motocicletas como tal.

Con lo descrito anteriormente, los análisis de tránsito deben segregar la velocidad de operación de la corriente de automóviles de la velocidad de operación de las motocicletas para de ese modo entender las interferencias y los impactos que generan el volumen y la interacción de automóviles y motocicletas dentro de la corriente de análisis.

## **6.2 DIMENSIONAR EL ESPACIO DE LOS VEHÍCULOS**

De la revisión de la literatura presentada se puede evidenciar la importancia de la velocidad dentro del comportamiento de la corriente vehicular; ahora bien, respecto de la utilización del espacio y el impacto de un determinado vehículo a la corriente se puede definir que las áreas utilizadas refieren una relación con la velocidad por cuanto los espacios son diferentes en razón a los diferentes tipos y tamaños de los vehículos y de las infraestructuras.

Entonces, para definir un valor promedio del área ocupada en condición estática del automóvil, se parte de la normatividad contemplada en el Decreto 364 de 2013 (POT), mediante el cual se define entre otras, las dimensiones de los estacionamientos por tipo de vehículo. Para el caso de un automóvil, el espacio definido es un cajón de 5,0 metros de largo por 2,5 metros de ancho.

Dado que el POT no define el espacio del estacionamiento para la motocicleta, este espacio se define como el área resultante de un cajón de 2,0 metros de largo por 1,0 metro de ancho en razón a las dimensiones encontradas en la caracterización de la motocicleta realizada en el numeral 5.2 del presente documento.



Es importante aclarar que los rectángulos definidos anteriormente contemplan el espacio finito ocupado más un espacio virtual por maniobra; espacio que es utilizado por los conductores de los vehículos para transitar en las vías sin golpearse unos a otros, tal como se describió en el numeral 3.2.2, generando con esto una distancia lateral y frontal de interacción vehículo - vehículo y una sensación de seguridad personal para los conductores.

### **6.3 METODOLOGÍA PROPUESTA PARA FLUJO CONTINUO**

El proceso que se presenta a continuación define únicamente la actividad práctica a realizar con la información primaria y secundaria, que tiene por objeto definir un factor de equivalencia en cuanto a la operación del automóvil y la motocicleta con acotación a flujo continuo, teniendo en cuenta las consideraciones de la operación mencionadas en el numeral 5 del presente documento.

#### **6.3.1 Definición del tramo de estudio**

Se define un tramo de estudio sobre la vía a analizar, se patrona una longitud de 50 a 100 metros con el fin de obtener información relevante de la operación del tránsito; en el tramo se realiza una toma de información con video desde un sitio en donde se pueda apreciar el comportamiento del tránsito de todos y cada uno de los vehículos en la corriente; en donde se aprecie las maniobras de los conductores de vehículos pero sobre todo en donde se tenga un campo visual suficiente para analizar las conductas de los motociclistas.

La información de la corriente vehicular se debe recopilar sobre calzadas de flujos mixtos, sin incluir carriles ni calzadas de transporte masivo. Sin incluir medios de transporte no motorizados.

### 6.3.2 Definición de factores estáticos de comparación

En condición estática, se define el Factor moto en condición estática **Fme**, como el cociente de las áreas estáticas por tipo de vehículo de la siguiente manera:

$$Fme = \frac{AEM}{AEA} \quad [1]$$

En donde:

Área Estática Automóvil (**AEA**): 2,5 m X 5,0 m = 12,5 m<sup>2</sup>;

Área Estática Motocicletas (**AEM**): 1,0 m X 2,0 m = 2,0 m<sup>2</sup>.

Así entonces el Factor moto en condición estática **Fme** es: **0,16**

### 6.3.3 Filmación del tramo de estudio

En el tramo de estudio, se patrona la distancia longitudinal utilizando elementos de la vía que puedan servir de referencia para dividir el tramo y que permitan el análisis del video, con el fin de realizar la medición de volúmenes y la medición de los tiempos de recorrido.

En el sitio se registra en video la corriente vehicular, en diferentes periodos de tiempo, con el fin de caracterizar diferentes demandas vehiculares y diferentes condiciones de la corriente vehicular. Estos periodos dependen del comportamiento de la demanda a lo largo del día y de la hora que se pretenda utilizar como periodo de análisis en el estudio de tránsito a realizar.

### 6.3.4 Medición de variables macroscópicas<sup>73</sup>

En un determinado momento del video se detiene la imagen y se identifica los vehículos que estén dentro del área de estudio (es decir en el tramo de calzada y en la longitud definida); a estos vehículos ya identificados se les calcula el tiempo que utilizan en recorrer la distancia definida, de tal forma que se obtiene la velocidad de operación de cada uno de los vehículos, con cada uno de estos datos se determina la velocidad de operación de autos y motocicletas como un promedio según lo indica para el cálculo de velocidades el Manual de Planeación<sup>23</sup> en el capítulo 5 del tomo III, estudios de campo.

La cantidad de mediciones (cantidad de pantallazos) obedece a un análisis estadístico en donde se calcula el tamaño de la muestra y dependiendo del volumen medido se calcula la cantidad de pantallazos a analizar o la cantidad de vehículos a analizar.

Al respecto de lo anterior, el cálculo de la muestra se realiza mediante un ejercicio estadístico en donde se utiliza la siguiente fórmula<sup>74</sup>:

$$N = \left(\frac{KS}{e}\right)^2 \quad [2]$$

En donde:

N: Tamaño de la muestra

K: Nivel de confianza

S: Desviación estándar

e: Error admisible

---

<sup>73</sup> Se consideran variables macroscópicas de la corriente de flujo vehicular, la velocidad, el volumen y la densidad.

<sup>74</sup> Es la fórmula para calcular el tamaño apropiado de la muestra n, útil en los estudios de velocidad, que se describe en el libro Ingeniería de Tránsito de James Cárdenas del año 2007.

La velocidad de operación de los automotores designada como **V<sub>a</sub>**, se calcula como el percentil 85 de la muestra (dentro de esta velocidad se incluye la velocidad de los buses y camiones). Para el caso de motocicletas, se obtiene la velocidad operación **V<sub>m</sub>** y de nuevo se calcula como el percentil 85 de la muestra; es importante mencionar que la magnitud de estas velocidades se considera, involucra el impacto que genera a la corriente la participación de vehículos pesados, el ancho de carril, el número de carriles y el volumen como tal.

En cuanto al volumen de los vehículos, estos identificados como: Autos (**A**), Buses (**B**), Camiones (**C**) y motocicletas (**M**), se obtienen del conteo de los vehículos en el periodo de tiempo registrado en video; sin embargo para el análisis los buses y los camiones se contabilizan como autos, toda vez que el ejercicio no refiere análisis sobre las equivalencias de buses y camiones.

Del video se pueden obtener mediciones de la densidad pausando el video y obteniendo de la imagen una cantidad determinada de vehículos por kilómetro por carril; esta densidad es útil para desarrollar otros ejercicios de análisis de la corriente vehicular; más no se usan en el presente ejercicio por cuanto la densidad no aplica para los análisis de las motocicletas al entender que dentro de un mismo carril pueden transitar dos y tres motocicletas en paralelo.

### 6.3.5 Cálculo del factor moto para flujo continuo

De acuerdo con la literatura revisada en el numeral 3.3.1, en los países en donde la motocicleta presenta una importancia generalizada en los análisis del tránsito se han definido metodologías para convertir a los demás vehículos en motocicletas; es decir que la motocicleta es la unidad de medida y por tanto las equivalencias se hacen en función de las motos. Una de estas metodologías consiste en calcular la relación entre las velocidades y las áreas ocupadas de los vehículos, de la siguiente manera:

$$MCU_i = \frac{V_{mc}/V_i}{A_{mc}/A_i} \quad [3]$$

En donde:

$V_m$ : Es la velocidad de las motocicletas

$V_i$ : Es la velocidad del vehículo a comparar

$A_m$ : Es el área de vía promedio ocupada por la motocicleta

$A_i$ : Es el área de vía promedio ocupada por el vehículo tipo  $i$

Entendiendo que el ejercicio de esta investigación es obtener la relación entre las motocicletas y los automóviles, es decir lo contrario de lo mencionado en la ecuación [3], convirtiendo entonces a las motocicletas en vehículos equivalentes, la fórmula para el cálculo del factor moto es:

$$Fm = \frac{V_a/V_m}{A_m/A_a} \quad [4]$$

Como la relación ( $A_m/A_a$ ) es lo que se ha denominado anteriormente como **Fme** (factor moto en condición estático) citada en la fórmula [1], este valor se reemplaza en la fórmula [4] para el cálculo del factor moto y el resultado es:

$$Fm = Fe * \frac{V_a}{V_m} \quad [5]$$

Por lo anterior, con las velocidades obtenidas para los automóviles y las motocicletas por separado se construye la relación entre velocidades ( $V_a/V_m$ ) con el fin de validar las diferencias entre los comportamientos de estos dos vehículos. La hipótesis de esa relación es que, en la medida en que la diferencia de velocidades entre la motocicleta y el automóvil aumenta, menor es la incidencia de la motocicleta dentro del tránsito y menor va a ser el factor de comparación de la motocicleta a vehículos equivalentes.

Por último con el uso de la ecuación [5] se logra convertir a las motocicletas en automóviles equivalentes simplemente multiplicando la cantidad de motocicletas aforadas por el factor moto calculado. La gráfica resultante del ejercicio en campo descrito en la presente metodología es la construcción de parejas ordenadas de  $Fm$  y  $V_a$  para cada

uno de los registros de video analizados obteniendo así la variación del factor moto en función de la variación de la velocidad de los autos.

## 7. ESTUDIO DE CASO

Como estudio de caso se analizó y validó la metodología propuesta en el capítulo anterior, inicialmente para una vía de cinco carriles y posteriormente para una vía de dos carriles. A continuación se presenta el resultado de los ejercicios realizados.

### 7.1 VÍA DE CINCO CARRILES

Este ejercicio de validación para flujo continuo se realizó en un tramo de 50 metros de vía, ubicado sobre la Avenida NQS (carrera 30) con calle 22 C en Bogotá, en ambos sentidos de circulación, en la **Gráfica 4** se presenta la localización geográfica del punto de registro.

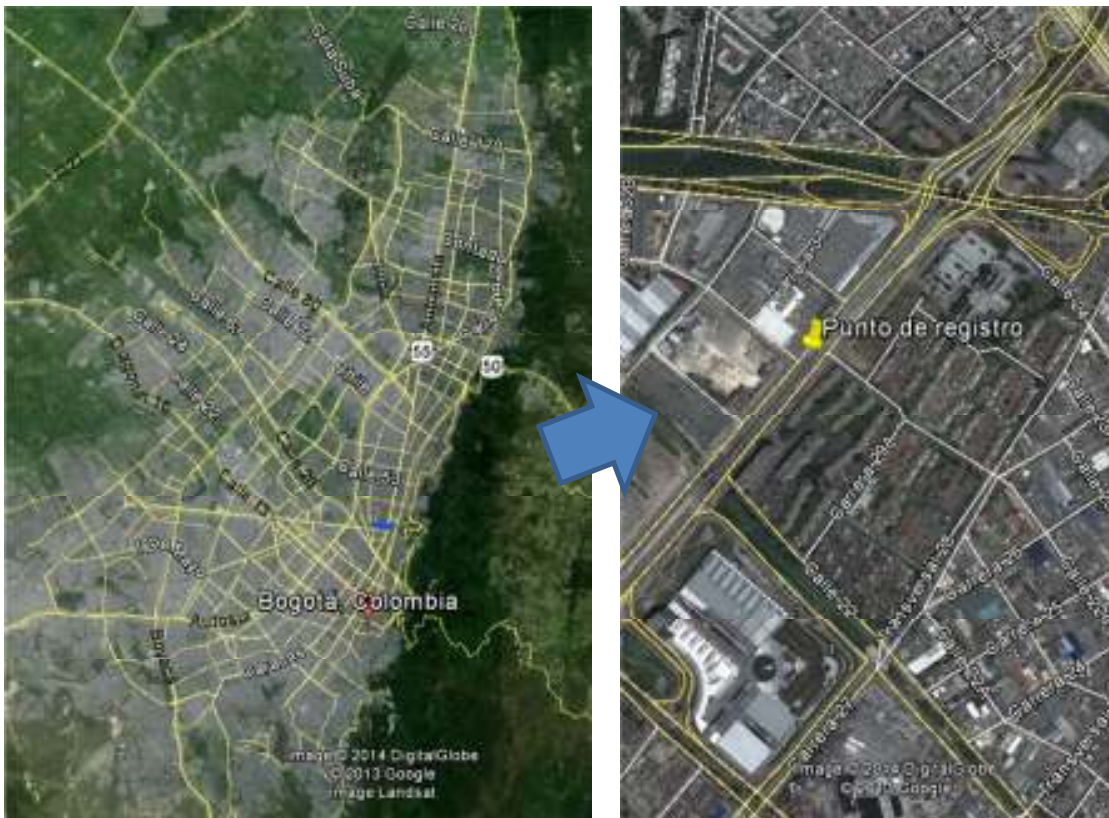
Aplicando los criterios y la metodología descritos anteriormente, se tomó un registro de video en cinco diferentes horarios de un día miércoles, los periodos registrados se encuentran entre los horarios: de 7:00 a 8:00; de 8:00 a 9:00; de 12:00 a 13:00; de 14:00 a 15:00 y de 18:00 a 19:00 horas.

La escogencia de estos periodos obedece al análisis de la información registrada por los contratos de toma de información que la Secretaría de Movilidad dispone y que refiere como periodos de máxima demanda un periodo en la mañana, un periodo a medio día y un periodo en la tarde, con sus correspondientes periodos intermedios de baja demanda.

La consideración técnica para la definición de este tramo como estudio de caso obedece a que éste es un corredor que presenta condiciones ideales de flujo continuo por cuanto los controles semaforizados se encuentran a más de 2.000 metros de distancia y la capacidad vial disponible es de las más altas en la malla vial arterial de Bogotá; en adición es un tramo en terreno plano, con superficie de rodadura en buen estado, con

baja presencia del transporte público colectivo y con pasos peatonales y vehiculares a desnivel.

**Gráfica 4:** Localización geográfica del punto de registro en video (5 carriles)



Fuente: A partir de imágenes de Google Earth.

Los valores estáticos utilizados para comparar físicamente a la motocicleta con el automóvil fueron:

Área del automóvil en condición estática = 12,5 m<sup>2</sup>

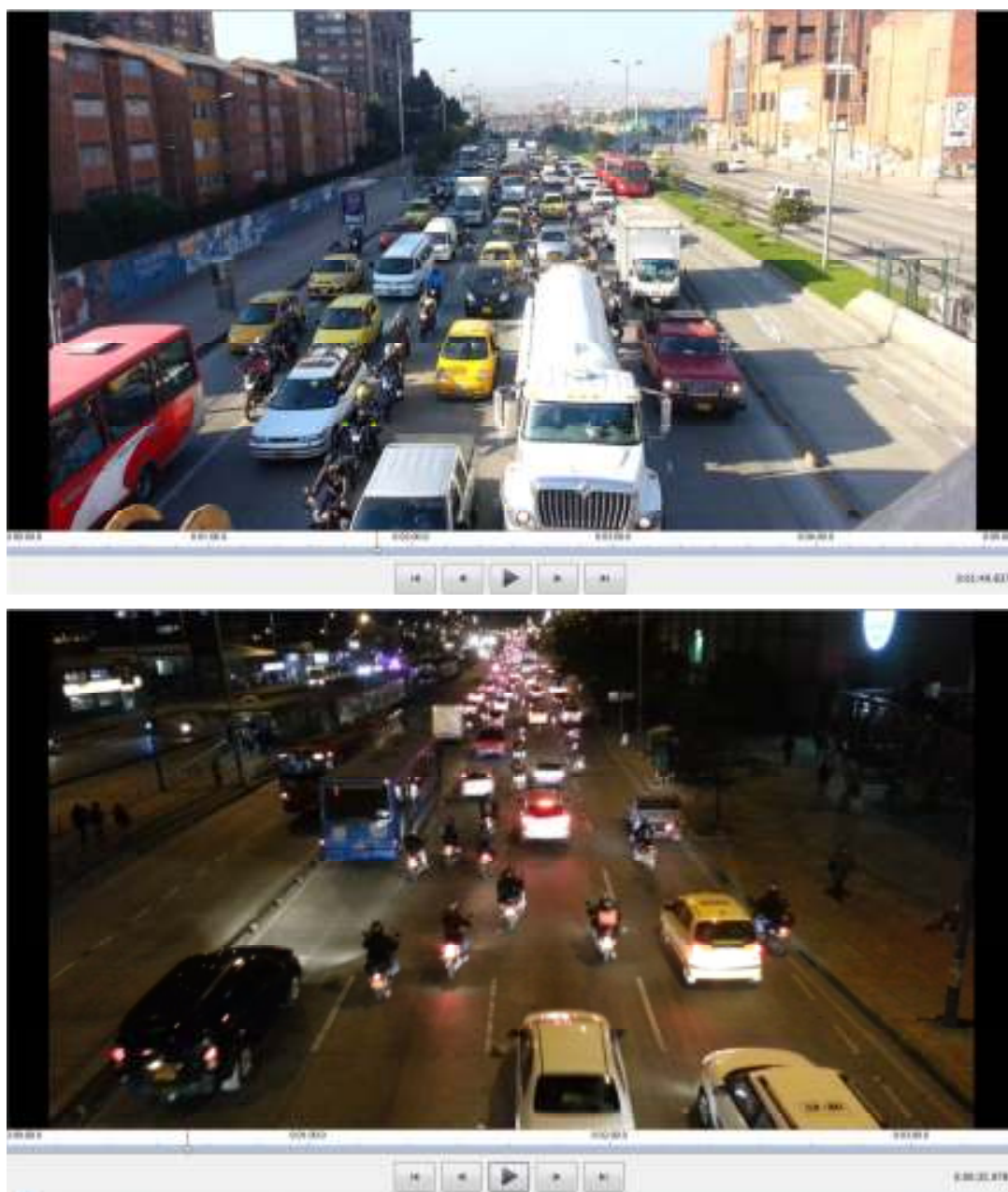
Área de la motocicleta en condición estática = 2,0 m<sup>2</sup>

Factor moto en condición estática (**Fme**) = 2,0 / 12,5 = **0,16**



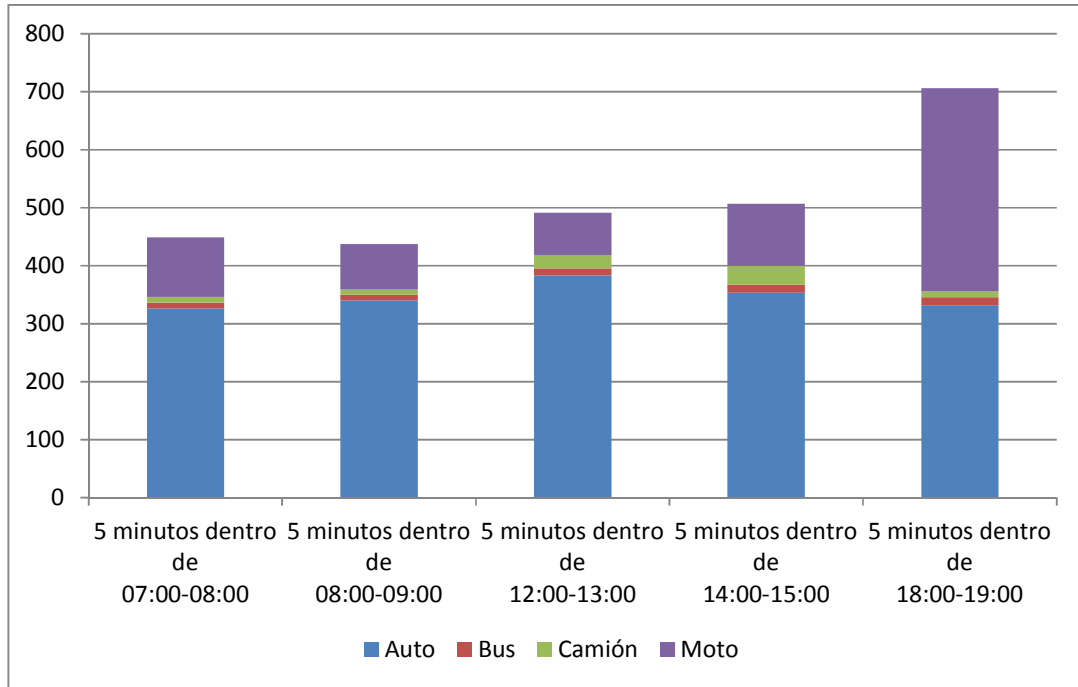
Los registros de video se realizaron en las corrientes vehiculares en sentido norte - sur y sur - norte; en la **Gráfica 5** se presenta una panorámica de las corrientes vehiculares analizadas en este punto, en donde se evidencia el tipo de operación que se analizó y el tipo de corriente vehicular existente en terreno.

**Gráfica 5:** Panorámicas en sentido sur norte y norte sur (5 carriles)



*Fuente: Elaboración propia.*

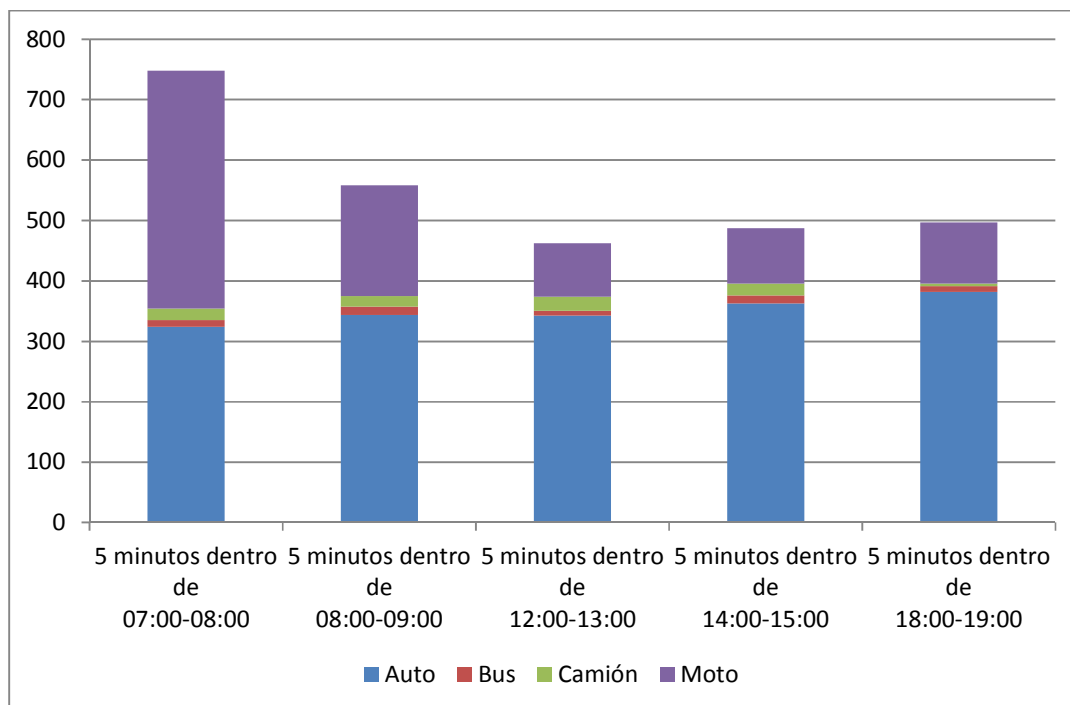
**Gráfica 6:** Volúmenes registrados durante 5 minutos en sentido Norte – Sur (5 carriles)



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

De la **Gráfica 6**, se puede determinar que en el tramo de estudio, el sentido de circulación norte – sur presenta su periodo de mayor demanda en horas de la tarde, en donde además se puede identificar que la participación de la motocicleta es superior a la participación de los automóviles.

Escenario diferente se presenta en la **Gráfica 7** en donde el sentido sur – norte, la mayor demanda se presenta en el periodo de la mañana; en ese periodo la participación de las motocicletas también es mayor que la participación de los automóviles.

**Gráfica 7:** Volúmenes registrados durante 5 minutos en sentido Sur – Norte (5 carriles)

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

**Tabla 7-1:** Volúmenes registrados en video durante 5 minutos (5 carriles)

| Sentido   | Periodo               | Auto | Bus | Camión | Moto | Mixtos |
|-----------|-----------------------|------|-----|--------|------|--------|
| Norte-Sur | Dentro de 07:00-08:00 | 326  | 10  | 10     | 103  | 449    |
|           | Dentro de 08:00-09:00 | 340  | 10  | 9      | 78   | 437    |
|           | Dentro de 12:00-13:00 | 383  | 12  | 23     | 73   | 491    |
|           | Dentro de 14:00-15:00 | 353  | 14  | 33     | 107  | 507    |
|           | Dentro de 18:00-19:00 | 332  | 14  | 10     | 351  | 706    |
| Sur-Norte | Dentro de 07:00-08:00 | 324  | 11  | 19     | 394  | 748    |
|           | Dentro de 08:00-09:00 | 344  | 14  | 17     | 184  | 559    |
|           | Dentro de 12:00-13:00 | 343  | 8   | 23     | 89   | 463    |
|           | Dentro de 14:00-15:00 | 363  | 13  | 20     | 91   | 487    |
|           | Dentro de 18:00-19:00 | 382  | 9   | 5      | 101  | 497    |

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

Con las velocidades determinadas a partir del video, se procedió a construir las relaciones entre las áreas y entre las velocidades; en la **Tabla 7-2** se presenta el resumen de los resultados de las mediciones, se presenta además el tamaño de la muestra utilizada por cada video y, se presenta el resumen de los resultados de los cálculos. El proceso completo de la digitación con los registros del tiempo de paso de cada vehículo analizado al inicio y de fin del tramo, para cada tipo de vehículo, en cada video, por cada sentido y por cada ejercicio se presentan en el **Anexo**.

Con la velocidad de operación de los automóviles y de las motocicletas, calculados y la relación existente para cada periodo de tiempo analizado se construyó la **Gráfica 8**, la cual representa la relación medida entre estas velocidades.

Por último con la relación de velocidades y el factor moto en condición estático, se procedió a graficar las parejas de datos (velocidad de autos, factor moto calculado). La relación de estas parejas ordenadas y la variación en función de los datos recolectados es la que se presenta en la **Gráfica 9**.

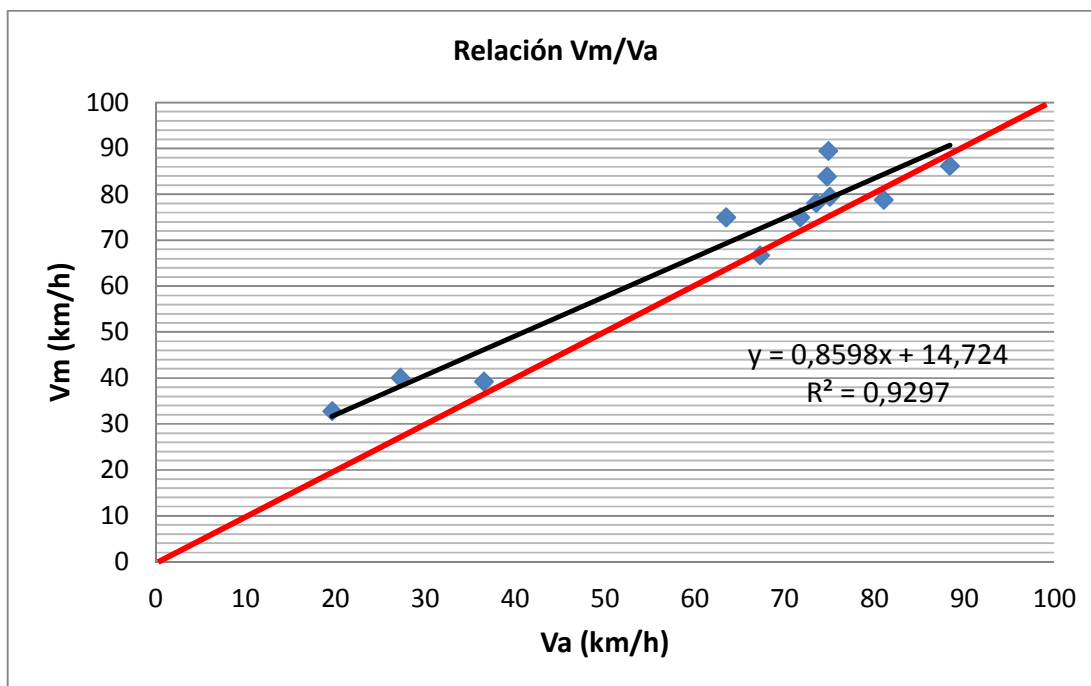
**Tabla 7-2:** Resultados obtenidos de velocidad y del cálculo del factor moto (5 carriles)

| Video # | Velocidad de motocicletas km/h | Velocidad de autos km/h | Factor moto | Velocidad de la corriente km/h | # vehículos de muestra |
|---------|--------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|
| 75011   | 32,73                          | 19,65                   | 0,10        | 26,47                          | 65                     |
| 75645   | 83,86                          | 74,70                   | 0,14        | 78,26                          | 33                     |
| 143754  | 40,05                          | 27,22                   | 0,11        | 28,47                          | 128                    |
| 182419  | 75,00                          | 63,48                   | 0,14        | 64,52                          | 35                     |
| 183626  | 39,20                          | 36,52                   | 0,15        | 37,50                          | 31                     |
| 180954  | 78,75                          | 81,00                   | 0,16        | 75,00                          | 19                     |
| 180355  | 78,10                          | 73,50                   | 0,15        | 75,00                          | 33                     |
| 143148  | 79,43                          | 75,00                   | 0,15        | 78,26                          | 27                     |
| 122612  | 75,00                          | 71,72                   | 0,15        | 73,35                          | 26                     |
| 85612   | 66,67                          | 67,25                   | 0,16        | 66,07                          | 88                     |
| 90212   | 86,14                          | 88,36                   | 0,16        | 86,57                          | 21                     |
| 82404   | 89,41                          | 74,85                   | 0,13        | 80,61                          | 20                     |

*Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.*

De la **Tabla 7-2** se puede mencionar que el número de vehículos que hacen parte de la muestra por cada video es mayor al tamaño de la muestra requerida según la fórmula [2] mencionada en la metodología propuesta.

**Gráfica 8:** Relación de velocidades de operación autos – motocicletas (5 carriles)



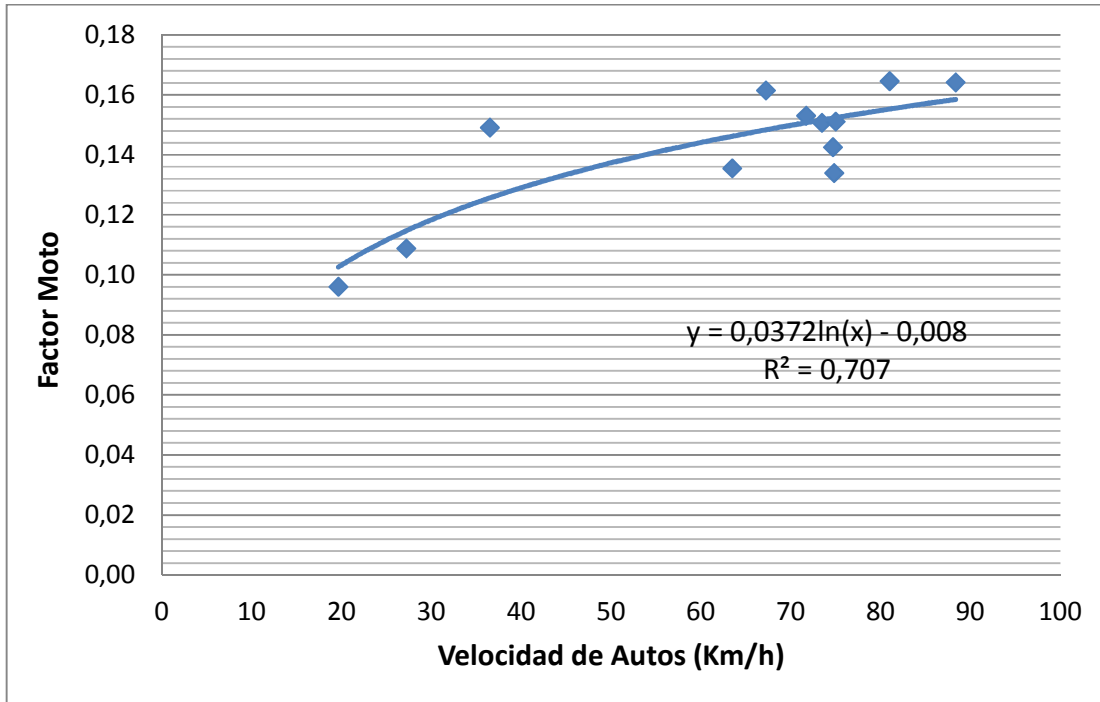
Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

De la relación expuesta en la **Gráfica 8** y del análisis del comportamiento de la línea negra (línea de tendencia de los datos medidos) versus la línea roja (línea de pendiente 1), se puede denotar que en la medida en que las velocidades de los autos son más altas la diferencia con la velocidad de las motocicletas se hace mínima, al punto que por encima de los 100 km/h (y de mantenerse esa tendencia de la línea negra) la velocidad de operación de los autos será mayor que la velocidad de las motocicletas, confirmando así lo descrito en el numeral 3.2.1 del presente documento.

Así mismo, en la medida en que la velocidad de los autos es menor y se considera un estado de congestión, la diferencia de la velocidad de los autos con la velocidad de las

motocicletas aumenta, confirmando así que de existir intercarriles, los motociclistas transitarán entre líneas de vehículos y por tanto la afectación al tránsito será menor.

**Gráfica 9:** Factor moto en función de la velocidad de los autos (5 carriles)



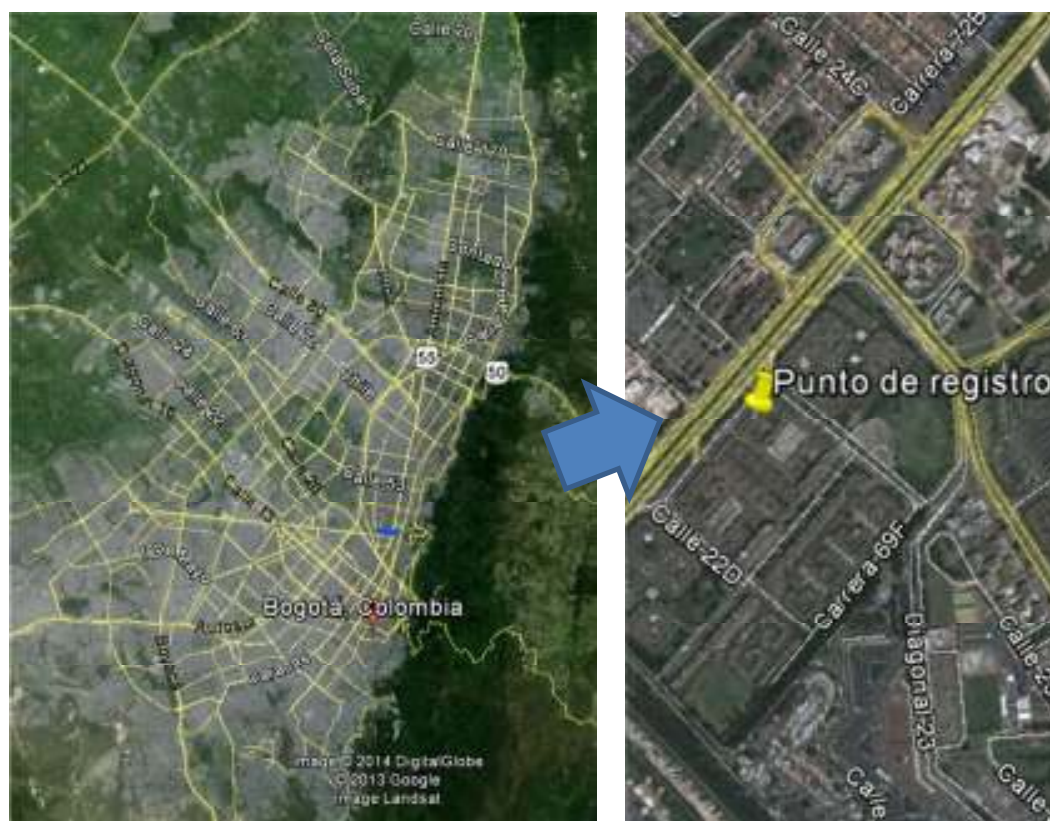
Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

De la **Gráfica 9**, se confirma que en la medida en que los vehículos transitan a velocidades más bajas (estados de congestión), el factor moto o factor de equivalencia de la motocicleta a un automóvil disminuye; esto es, en flujo estable el valor del factor moto se acerca al factor estático propuesto de **0,16**. Y en la medida en que los automóviles transitan a velocidades más bajas cercanas a 10 km/h (flujo inestable) el factor moto según la línea de tendencia (línea azul) se acerca a **0,08**; lo que en términos de la afectación al tránsito se traduce en que la interferencia o el impacto de las motocicletas a las corrientes vehiculares para las condiciones analizadas (calzadas de 5 carriles en terreno plano), es cada vez menor.

## 7.2 VÍA DE DOS CARRILES

Este ejercicio de validación se realizó en un tramo de 50 metros de vía, ubicado sobre las calzadas rápidas de la Avenida Boyacá a la altura de la calle 23 C en Bogotá, en ambos sentidos de circulación; en la **Gráfica 10** se presenta la localización geográfica del punto de registro.

**Gráfica 10:** Localización geográfica del punto de registro en video (2 carriles)



*Fuente: A partir de imágenes de Google Earth.*

Los registros de video se realizaron en las corrientes vehiculares en sentido norte - sur y sur - norte; en la **Gráfica 11** se presenta una panorámica de las corrientes vehiculares analizadas en este punto, en donde se evidencia el tipo de operación que se analizó y el tipo de corriente vehicular existente en terreno.

**Gráfica 11:** Panorámicas en sentido sur norte y norte sur (2 carriles)



*Fuente: Elaboración propia.*



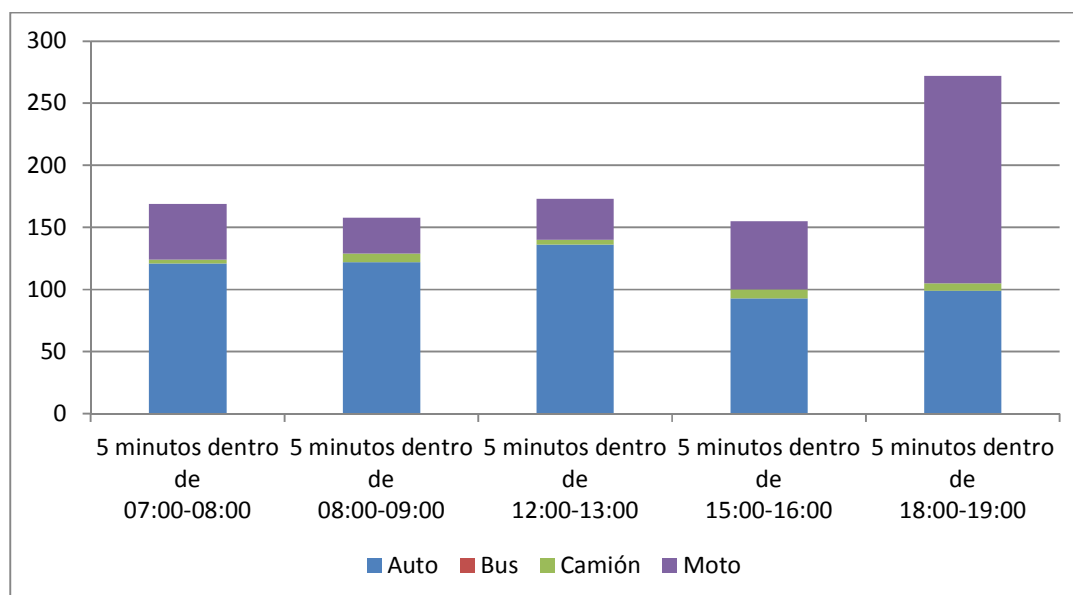
En este caso, se tomó un registro de video en cinco diferentes horarios de un día miércoles: de 7:00 a 8:00; de 8:00 a 9:00; de 12:00 a 13:00; de 15:00 a 16:00 y de 18:00 a 19:00 horas.

Como en el caso de 5 carriles, la consideración técnica para la definición de este tramo obedece a que este corredor presenta controles semaforizados situados a más de 1.500 metros de distancia; es un tramo en terreno plano, con superficie de rodadura en buen estado, con limitada presencia del transporte público y de carga y, con pasos peatonales y vehiculares a desnivel.

Los valores estáticos utilizados para comparar físicamente a la motocicleta con el automóvil son los mismos del ejercicio para 5 carriles, es decir el **Fme** es: **0,16**

Con los videos realizados se determinó el volumen del periodo de registro; en las **Gráficas 12 y 13** se presenta la variación del volumen para cada periodo de tiempo (5 minutos). Así mismo, en la **Tabla 7-3**, se presenta el resumen de los volúmenes registrados para cada sentido de circulación en este punto de análisis.

**Gráfica 12:** Volúmenes registrados durante 5 minutos, sentido Norte – Sur (2 carriles)

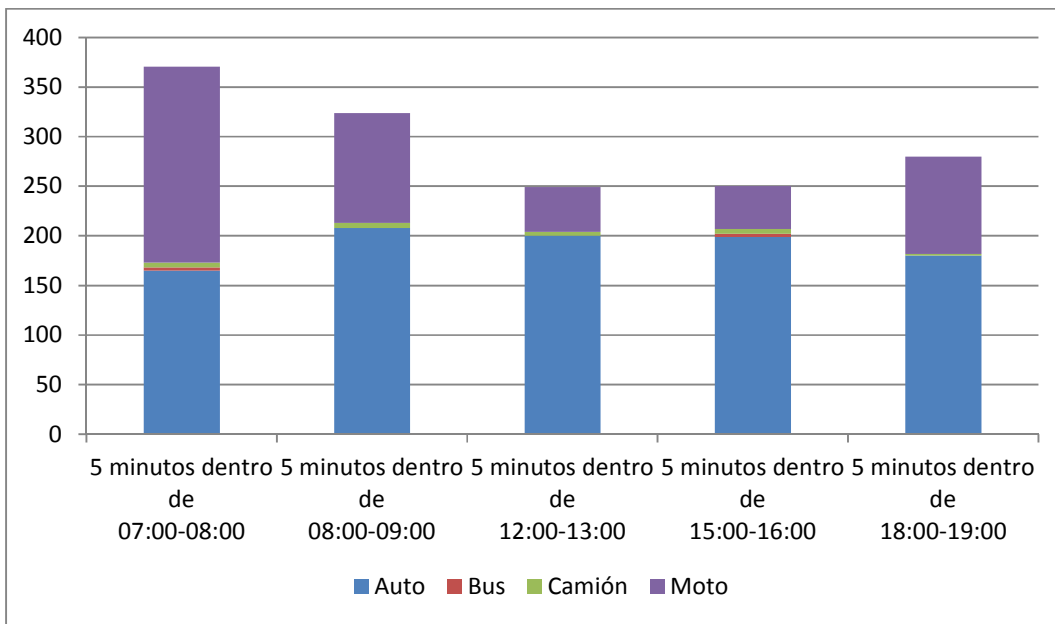


*Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.*

De la **Gráfica 12**, se puede determinar que en el tramo de estudio, el sentido de circulación norte – sur presenta su periodo de mayor demanda en horas de la tarde, en donde además se puede identificar que la participación de la motocicleta es superior a la participación de los automóviles.

Escenario diferente se presenta en la **Gráfica 13** en donde el sentido sur – norte, la mayor demanda se presenta en el periodo de la mañana; en ese periodo la participación de las motocicletas también es mayor que la participación de los automóviles.

**Gráfica 13:** Volúmenes registrados durante 5 minutos, sentido Sur – Norte (2 carriles)



Fuente: *Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.*

**Tabla 7-3:** Volúmenes registrados en video durante 5 minutos (2 carriles)

| Sentido   | Periodo               | Auto | Bus | Camión | Moto | Mixtos |
|-----------|-----------------------|------|-----|--------|------|--------|
| Norte-Sur | Dentro de 07:00-08:00 | 121  | 0   | 3      | 45   | 169    |
|           | Dentro de 08:00-09:00 | 122  | 0   | 7      | 29   | 158    |
|           | Dentro de 12:00-13:00 | 136  | 0   | 4      | 33   | 173    |
|           | Dentro de 14:00-15:00 | 93   | 0   | 7      | 55   | 155    |
|           | Dentro de 18:00-19:00 | 99   | 0   | 6      | 167  | 272    |
| Sur-Norte | Dentro de 07:00-08:00 | 165  | 3   | 5      | 198  | 371    |
|           | Dentro de 08:00-09:00 | 208  | 0   | 5      | 111  | 324    |
|           | Dentro de 12:00-13:00 | 200  | 0   | 4      | 45   | 249    |
|           | Dentro de 14:00-15:00 | 199  | 3   | 5      | 43   | 250    |
|           | Dentro de 18:00-19:00 | 180  | 0   | 2      | 98   | 280    |

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

Con las velocidades determinadas a partir del video, se procedió a construir las relaciones entre las áreas y entre las velocidades; en la **Tabla 7-4** se presenta el resumen de los resultados de las mediciones, se presenta además el tamaño de la muestra utilizada por cada video y, se presenta el resumen de los resultados de los cálculos. El proceso completo de digitación se presenta en el **Anexo**.

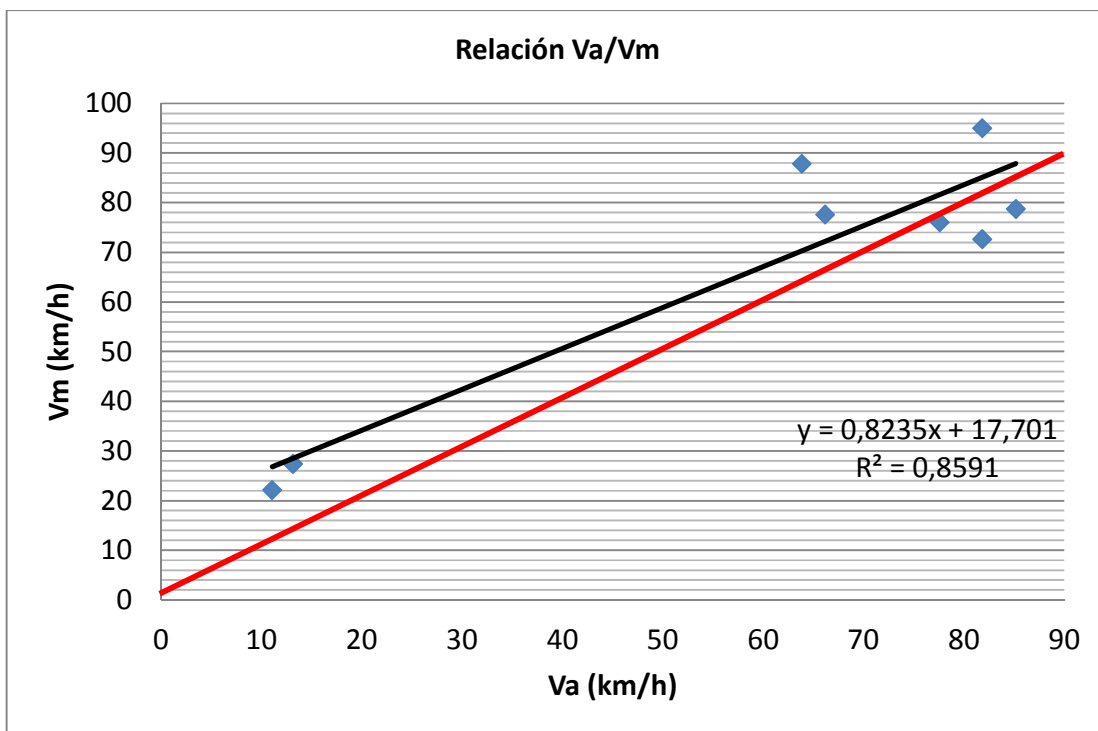
**Tabla 7-4:** Resultados obtenidos de velocidad y del cálculo del factor moto (2 carriles)

| Video # | Velocidad de motocicletas km/h | Velocidad de autos km/h | Factor moto | Velocidad de la corriente km/h | # vehículos de muestra |
|---------|--------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|
| 81238   | 72,63                          | 81,82                   | 0,18        | 81,82                          | 20                     |
| 81819   | 76,07                          | 77,61                   | 0,16        | 78,26                          | 20                     |
| 122514  | 95,00                          | 81,82                   | 0,14        | 87,95                          | 20                     |
| 123115  | 87,83                          | 63,84                   | 0,12        | 78,07                          | 20                     |
| 152623  | 78,75                          | 85,18                   | 0,17        | 80,36                          | 20                     |
| 153158  | 77,61                          | 66,19                   | 0,14        | 77,45                          | 20                     |
| 181642  | 22,14                          | 11,07                   | 0,08        | 20,73                          | 20                     |
| 70936   | 27,41                          | 13,14                   | 0,08        | 25,16                          | 20                     |

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

Con la velocidad de operación de los automóviles y de las motocicletas, calculados y la relación existente para cada periodo de tiempo analizado se construyó la **Gráfica 14**, la cual presenta la relación medida entre estas velocidades.

**Gráfica 14:** Relación de velocidades de operación autos – motocicletas (2 carriles)

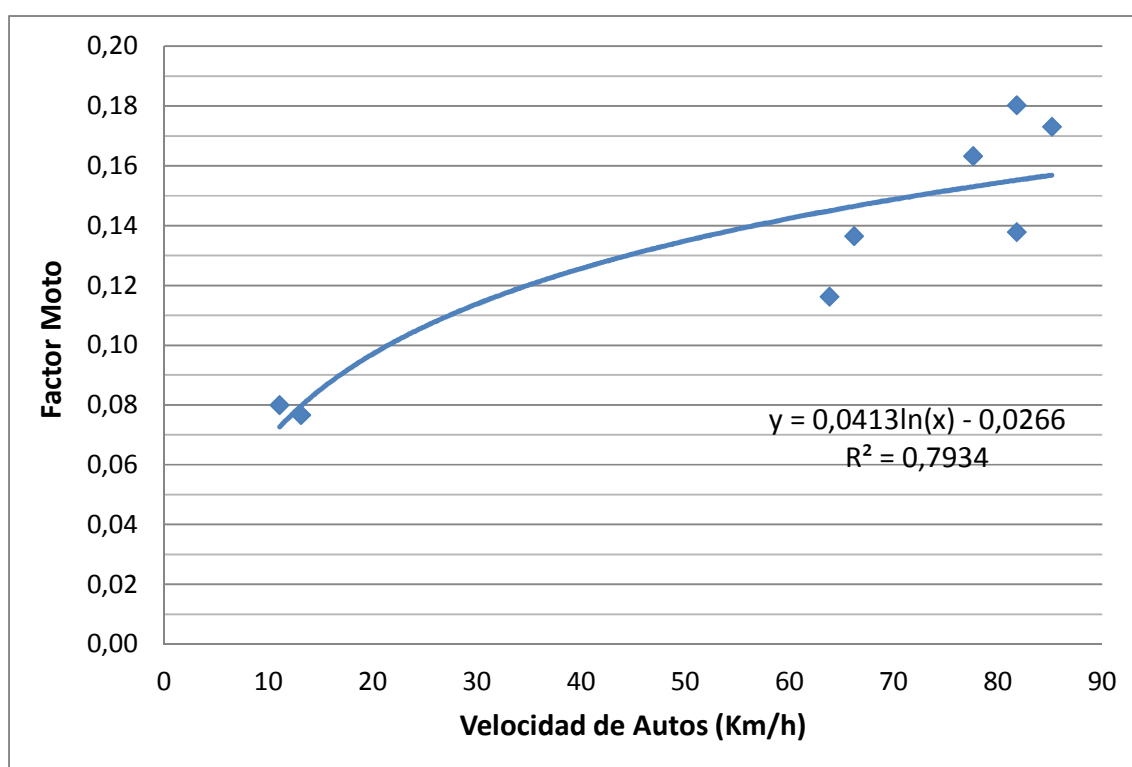


Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

Al igual que en el caso de los 5 carriles, los resultados del ejercicio de los 2 carriles, en la **Gráfica 14** se puede apreciar que en la medida en que las velocidades de los autos son más altas la diferencia con la velocidad de las motocicletas se hace mínima. Así mismo, en la medida en que la velocidad de los autos es menor y se considera un estado de congestión, la diferencia de la velocidad de los autos con la velocidad de las motocicletas aumenta.

Por último con la relación de velocidades y el factor moto en condición estático, se procedió a graficar las parejas de datos (velocidad de autos, factor moto calculado). La relación de estas parejas ordenadas y la variación en función de los datos recolectados es la que se presenta en la **Gráfica 15**.

**Gráfica 15:** Factor moto en función de la velocidad de los autos (2 carriles)



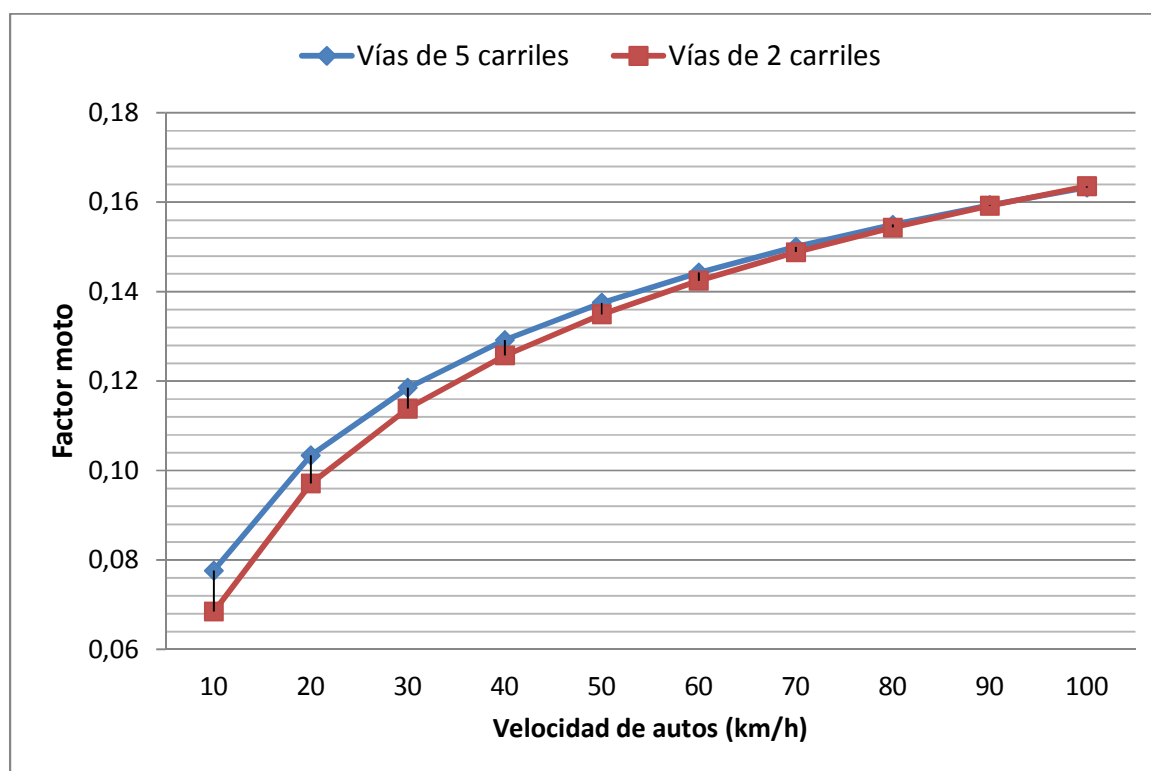
*Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.*

De la **Gráfica 15**, se confirma que en la medida en que los vehículos transitan a velocidades más bajas (estados de congestión), el factor moto o factor de equivalencia de la motocicleta a un automóvil disminuye; esto es, en flujo estable el valor del factor moto se acerca al factor estático propuesto de **0,16**. Y en la medida en que los automóviles transitan a velocidades más bajas menores a 10 km/h (flujo inestable) el factor moto según la línea de tendencia (línea azul) se acerca a **0,04**.

### 7.3 COMPARACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE 2 Y 5 CARRILES

Con los dos ejercicios desarrollados se valida la metodología y se confirma que dichos criterios sirven de modelo para determinar el factor moto, simplemente realizando una medición de velocidades por tipo de vehículo y estableciendo un factor de comparación estático.

**Gráfica 16:** Comparación de resultados (2 y 5 carriles)



Fuente: Elaboración propia, a partir de la información recolectada en video.

En la **Gráfica 16**, se presenta la comparación de los resultados de los ejercicios realizados en calzadas de 2 y 5 carriles por calzada; tal como se aprecia no hay una variación considerable del factor moto en función del número de carriles; más bien la variación del factor moto se debe a las condiciones mismas de la infraestructura y la operación que en conjunto refieren una variación en la velocidad de operación de las

motocicletas y los automóviles, las cuales son el fundamento de la metodología propuesta.

De este estudio de caso y en términos del análisis de la comparación de dos (2) y cinco (5) carriles se concluye que la metodología propuesta aplica para corrientes vehiculares en donde la velocidad de los autos esté dentro de los 10 km/h y los 100 km/h; ya que considerar análisis de velocidades inferiores a éstas no representa un comportamiento de flujo continuo o por el contrario considerar velocidades superiores a las establecidas no representaría comportamiento de vías urbanas y, por lo tanto los criterios no aplicarían como se exponen en el presente documento.





## 8. APLICACIÓN EN LOS ESTUDIOS DE TRÁNSITO EN BOGOTÁ

Una vez propuestos los criterios y desarrolladas las relaciones de comparación de la motocicleta con el automóvil, incluso validado el modelo de flujos continuos se procede entonces a generar una propuesta concreta de los factores para la aplicación en los estudios de tránsito dependiendo del tipo de infraestructura a analizar.

A continuación se establece la aplicación de los criterios de equivalencia definidos previamente, en los estudios de tránsito de sobre tramos de vía, intersecciones semaforizadas y estacionamientos.

### 8.1 FACTOR MOTO EN TRAMOS DE VÍA

Para la aplicación del concepto de factor moto en un estudio de tránsito, adicional a los aspectos mínimos requeridos, se hace necesario medir la velocidad de las motocicletas de manera aislada y utilizar la metodología propuesta en el numeral 6.3 de tal forma que la simple diferencia en la magnitud de las velocidades de operación refiera un indicio del impacto de la motocicleta a la corriente vehicular.

De acuerdo con los criterios propuestos, para el caso de vías de cinco (5) carriles y condiciones de tránsito similares a las del ejercicio de validación, se puede utilizar la **Gráfica 9**; para el caso de vías de dos (2) carriles y condiciones similares a las del ejercicio se puede utilizar la **Gráfica 15**.

En caso que las condiciones de la infraestructura difieran de los ejercicios realizados se puede utilizar la ecuación [5] que relaciona las velocidades de operación de los vehículos con las áreas de los vehículos.

La ecuación propuesta es:

$$Fm = Fe * \frac{Va}{Vm} \quad [5]$$

## 8.2 FACTOR MOTO EN SEMÁFOROS

En este caso, la propuesta para incluir a la motocicleta dentro de los análisis de tránsito tiene que ver con la determinación de una relación que dé como resultado un factor de ajuste por la presencia de motocicletas en intersecciones semaforizadas, este valor puede ser, como en el caso de los vehículos pesados un factor que convierta en vehículos equivalentes todos tipos de vehículos incluyendo las motocicletas.

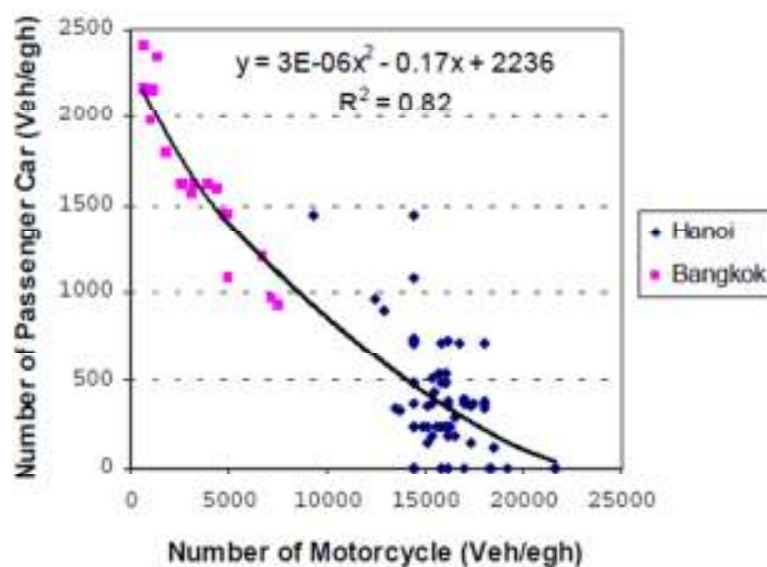
El efecto de las motocicletas dentro de la corriente vehicular depende del número de carriles, del ancho de los mismos, de la composición y otras variables; por lo que, para calcular este efecto se propone utilizar la metodología de flujos de saturación (método Webster), la cual mide intervalos entre vehículos para calcular tasas de descarga en intersecciones semaforizadas que varían según la composición del tráfico.

Esta metodología es aplicada por (Lee, 2007) y define que, para varios ciclos semaforizados, se determina el número promedio de motocicletas que cruzan por ciclo semaforizado “nm” y el número promedio de automóviles que cruzan por ciclo “npc”; y al graficar estos dos valores, el factor de equivalencia de motocicletas se calcula como el inverso negativo de la pendiente de la recta obtenida de la gráfica que relaciona nm con npc.

En la **Ilustración 33**, se presenta la relación gráfica entre la cantidad de vehículos y de motocicletas que pasan por cada ciclo de un semáforo medidos para un ejercicio realizado en las ciudades de Hanoi y Bangkok; es de mencionar que la ilustración se presenta únicamente a manera de ejemplo y no se considera un comportamiento similar al de las intersecciones semaforizadas en Bogotá, toda vez que la participación de las motocicletas en relación con los automóviles no es tan superior como lo refiere la ilustración. No obstante lo anterior, la metodología para determinar el factor moto en

semáforos es aplicable en Bogotá bajo las consideraciones descritas de medir la cantidad promedio de autos y motos que pasan por ciclo y sobre estas parejas ordenadas realizar una línea de tendencia lineal y aplicarle el inverso negativo para calcular el factor moto.

**Ilustración 33:** Comparación de la cantidad autos y motos por ciclo de semáforo



*Fuente: Analysis of Motorcycle Effects to Saturation Flow Rate at Signalized Intersection in Developing Countries.*

De la gráfica anterior y entendiendo que solo es un ejemplo para dimensionar la propuesta para semáforos, se puede concluir que los factores de equivalencia (factor moto) en los dos casos analizados de Hanoi y Bangkok son diferentes en términos de las pendientes de las rectas y desde luego los inversos negativos de dichas pendientes.

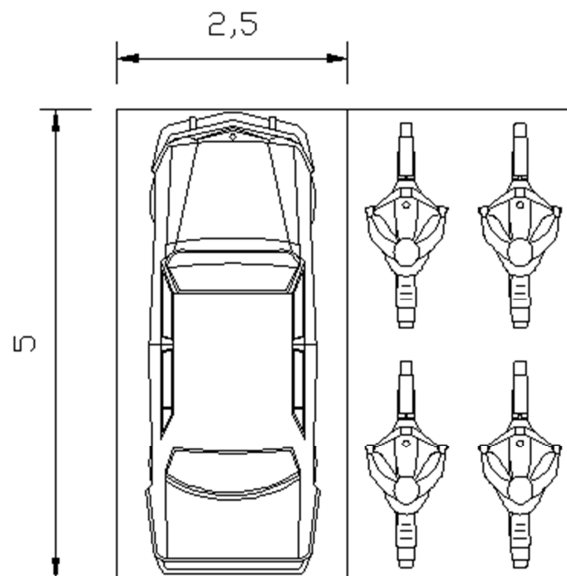
### 8.3 LA MOTOCICLETA Y EL ESTACIONAMIENTO

Por norma el espacio que se requiere para un cupo de estacionamiento en Bogotá definido por el Decreto 364 de 2013 (POT) es: para un automóvil convencional, un cajón de 2,5 metros de ancho por 5,0 metros de largo, para vehículos de personas con movilidad reducida, un cajón de 3,0 metros de ancho por 5,0 metros de largo; para vehículos rígidos de carga las dimensiones del cajón son 3,0 metros de ancho por 12,5

metros de largo; y para vehículos articulados de carga, son 3,0 metros de ancho por 19,0 metros de largo<sup>75</sup>.

En razón a las dimensiones normadas para el estacionamiento de un automóvil y pensando en una regularización de los cupos ya construidos hacia el uso de la motocicleta, se puede denotar que en un cupo de estacionamiento se lograría acomodar hasta cuatro (4) motocicletas como se evidencia en la **Gráfica 17**; para este caso en particular el factor de comparación de la motocicleta versus el automóvil es de **0,25** y se acota que el espacio disponible de un cajón, utilizado para el estacionamiento de una motocicleta incluye el espacio requerido para la maniobra de estacionamiento<sup>76</sup>.

**Gráfica 17:** Motocicletas dentro de un cupo de estacionamiento de un automóvil



*Fuente: Elaboración propia, a partir de las dimensiones de un cupo de estacionamiento definido para Bogotá.*

---

<sup>75</sup> Son las dimensiones establecidas por el artículo 291 del decreto 364 de 2013, Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá.

<sup>76</sup> La maniobra de estacionar una motocicleta es bastante particular, por cuanto estos vehículos despliegan del costado izquierdo una "pata" para dar apoyo al vehículo y mediante este equilibrio poder mantenerse en pie.

Por otro lado, de la normatividad analizada y según lo descrito en el numeral 3.1.3, también se determina que el factor moto en estacionamientos fuera de vía es  $1/3$  de un vehículo particular; es decir **0,33**; valor con el cual se puede analizar el espacio interno de un estacionamiento en función de las demandas vehiculares actuales y proyectadas de un estudio de tránsito.

Por último, si la intención es disponer de un estacionamiento específico para una motocicleta sin compararlo con el espacio para un automóvil, es decir un estudio de tránsito para un desarrollo arquitectónico nuevo, el espacio necesario para el aparcamiento de una motocicleta sería de 1,0 metro de ancho por un largo de 2,0 metros, los cuales dependen del ángulo de la batería<sup>77</sup> del estacionamiento.

Es importante mencionar que en cuanto a la aplicación de los estacionamientos para motocicleta no se recomienda estacionamientos a  $0^{\circ}$  y  $30^{\circ}$  de la línea de flujo, por cuanto la acomodación de la motocicleta dentro del cajón dispuesto para estacionar, la posición de la “pata”<sup>78</sup> y el seguro de la dirección generan un movimiento vertical del eje de la motocicleta que en conjunto puede ser incomodo e inseguro para el motociclista.

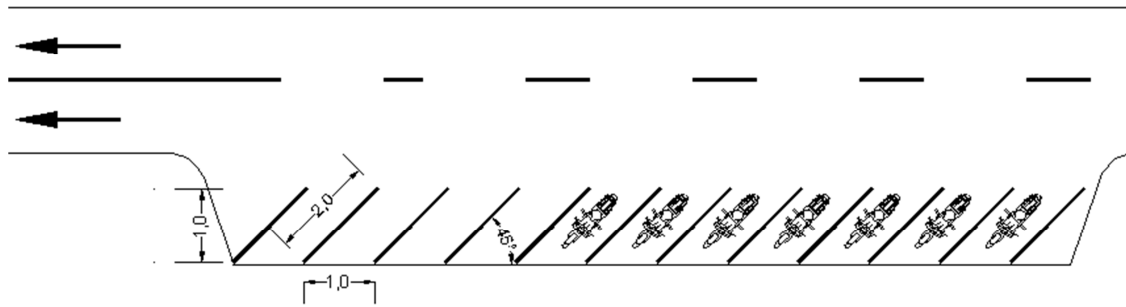
Los estacionamientos recomendados en función del espacio disponible son los diseñados a  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  medidos del flujo vehicular. A continuación se presenta las gráficas de baterías a  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  para estacionamientos en vía, como aplicación concreta en los estudios de tránsito.

---

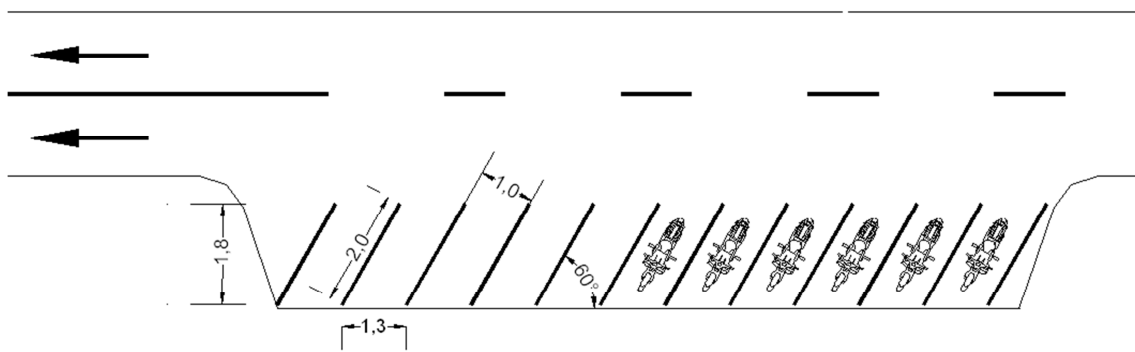
<sup>77</sup> Concepto asociado con la geometría del estacionamiento y que tiene que ver con el ángulo del vehículo estacionado versus la línea de flujo del carril cercano, en donde se pueden dar estacionamiento en batería a  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  y  $90^{\circ}$  grados.

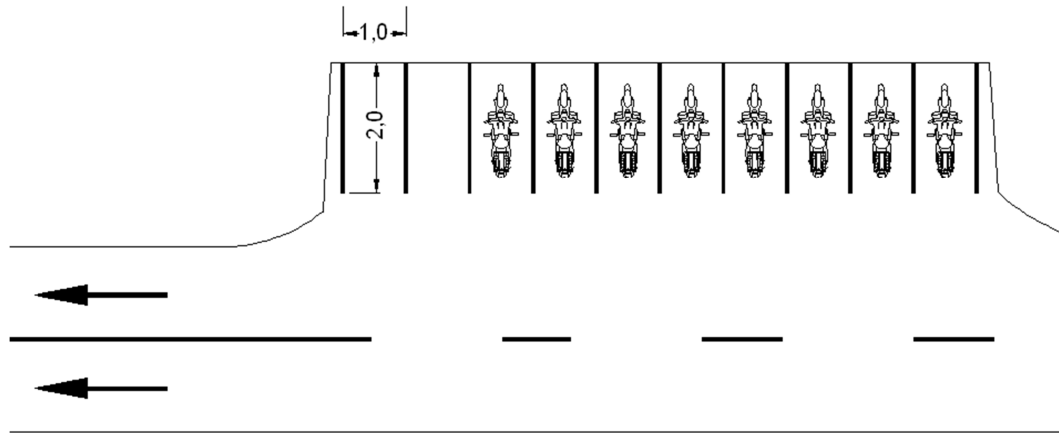
<sup>78</sup> Es el nombre de la barra lateral que se despliega de toda motocicleta para dejarla verticalmente ubicada es un lugar de estacionamiento, esta barra se ubica del costado izquierdo de la motocicleta y se pliega cuando el vehículo está en movimiento.

**Gráfica 18:** Batería de estacionamientos a 45°



**Gráfica 19:** Batería de estacionamientos a 60°



**Gráfica 20:** Batería de estacionamientos a  $90^{\circ}$ 

Fuente: Elaboración propia.





## 9. CONCLUSIONES

Los criterios propuestos en la presente investigación, en cumplimiento de los objetivos planteados se validaron en el estudio de caso; en donde, los resultados de la aplicación práctica de la metodología determinó una relación del factor moto en función de la variación de la velocidad de operación de los autos.

De acuerdo con lo revisado en la literatura y lo analizado en las corrientes vehiculares estudiadas, a velocidades de operación bajas, los flujos de motocicletas se comportan más con el modelo de tránsito de peatones que con el modelo de tránsito vehicular; en contexto de los flujos continuos, para velocidades inferiores a los 10 km/h los análisis y las propuestas no aplican y el parámetro base de análisis no es la velocidad sino el espacio utilizado.

En corrientes vehiculares con presencia de motocicletas, la velocidad de operación es la base del análisis, toda vez que es la variable macroscópica que incorpora factores de afectación a la operación de la corriente vehicular tales como pendiente, ancho de carril, estado del pavimento, entre otras.

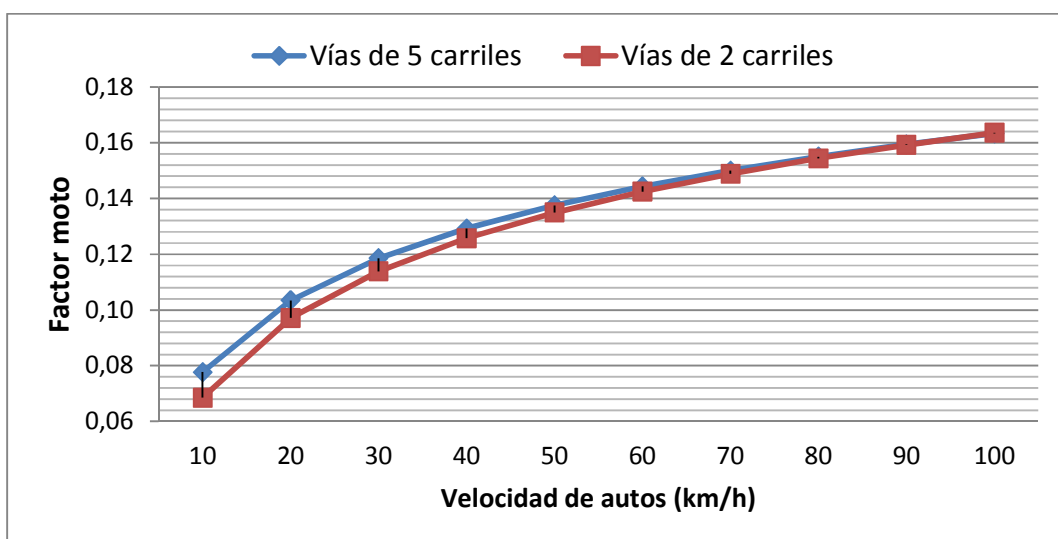
La variación en la velocidad de operación de una motocicleta en relación con la velocidad de operación de un automóvil lleva inmersa el impacto que la motocicleta le genera a determinada corriente de automóviles; entonces, medir las velocidades de operación y calcular esta variación es un indicador de la afectación o el impacto que sufren los automóviles por la presencia de las motocicletas.

El cálculo del factor moto en condición estático **Fme** depende de la comparación de las áreas utilizadas por los vehículos; por lo que, pensar en cambiar las áreas de uso del automóvil o de la motocicleta propuestas cambiaría el factor calculado de 0,16; lo que en contexto terminaría en variar la constante **Fme** utilizada para el cálculo del factor moto **Fm**.

La relación de velocidades es la responsable de la variación del factor moto **Fm** en función de la velocidad de operación de los automóviles; determinando así que, en la medida en que el delta de las velocidades de operación sea mayor, menor será el impacto de la motocicleta a la corriente vehicular.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de caso, el valor del factor moto **Fm** tiende a ser constante en la medida en que no existe variación en la velocidad de operación de los diferentes tipos de vehículos, caso en el cual este factor se convierte en la relación de las áreas utilizadas (factor estático **Fme**).

Para el cálculo del factor moto, en las condiciones de la infraestructura y la operación analizadas en el estudio de caso se puede utilizar la **Gráfica 16**, a partir de la velocidad de autos medida.



Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del factor moto en flujos continuos y para diferentes condiciones de la operación del tránsito, se puede utilizar la fórmula propuesta:

$$Fm = Fe * \frac{Va}{Vm} \quad [5]$$

La metodología propuesta aplica para corrientes vehiculares en donde la velocidad de los autos esté dentro de los 10 km/h y los 100 km/h; ya que considerar análisis de velocidades por fuera de este rango no representa un comportamiento de flujo continuo o de vías urbanas.

El factor moto obtenido en los ejercicios de validación no presenta una variación considerable en función del cambio en el número de carriles de una calzada; no obstante, a menor número de carriles, menor es el factor moto para velocidades bajas de la corriente.

La aplicación de los factores de comparación (o factor moto) en las diferentes condiciones revierte en que los consultores o quienes elaboren estudios de tránsito, tengan una herramienta para medir de manera real el efecto que representa la motocicleta a las corrientes vehiculares y estacionamientos (definidos por ahora en función de los automóviles).

Los conductores de motocicleta realizan diferentes maniobras en las corrientes vehiculares que pueden inferir un impacto al tránsito que aunque no es estándar si se puede parametrizar para los análisis del tránsito; tal efecto puede ser positivo en la medida en que tanto los motociclistas como los conductores de automotores tomen conciencia sobre el papel del motociclista.

La motocicleta es un medio de transporte urbano de fácil asequibilidad para toda la población; que en el escenario de regular su adquisición, fortalecer los procesos de inclusión y formación del motociclista y, normar los procesos técnicos de mantenimiento podría facilitar el transporte en la ciudad de Bogotá y coadyuvar en la mejora de la movilidad.

El uso de motocicletas en vías urbanas no sólo podría disminuir la cantidad de emisiones emitidas por el tránsito sino que podría aportar en la reducción de la congestión, en la medida en que el uso del espacio y su operación en las vías revierten en eficiencias en el tránsito que se evidencian en desplazamientos más rápidos y menores tiempos de recorrido.

Al motociclismo en Bogotá hay que prestarle la atención necesaria, toda vez que se realiza en un vehículo que ostenta ventajas comparativas y competitivas que generan un crecimiento del parque automotor; que a la postre puede inducir a que nuevos usuarios hagan de la motocicleta su medio de transporte sin la concomitante eficiencia de los procesos de regulación y del control del tránsito.

Cualquier medida o estrategia de regulación y control que altere el balance entre el transporte público y el transporte privado debe contemplar la inclusión de la motocicleta como medio de transporte, de tal forma que no se aumenten las externalidades ni se genere un problema social por el tipo de usuario y la función que este vehículo desempeña en la ciudad.

Las soluciones de movilidad en todo caso deben favorecer el desarrollo urbano de manera sostenible, en donde los estudios de tránsito como herramientas de regulación no deben ser sólo en función del vehículo, sino además analizarse en torno de todas las variables que integran la movilidad urbana y de todos los actores.

La función de la administración pública debe ser integral, antes de formular, exigir y hacer cumplir una norma de tránsito, se debe analizar las implicaciones que el cumplimiento de la misma tiene sobre la congestión y el modelo de ciudad planeado.

La motocicleta es un vehículo que llegó a la movilidad urbana y que no va a desaparecer, por el contrario irá creciendo en la medida en que las necesidades mismas del transporte, el territorio y la economía así lo requieran y, en la medida que las fuerzas del mercado y el gobierno lo permitan.

Por último, realizada la revisión de la literatura, realizados los análisis de la motocicleta como medio de transporte, realizada la revisión de los parámetros del tránsito, definidos los criterios para involucrar a la motocicleta en los estudios de tránsito, validada la metodología propuesta y, definidas las aplicaciones de los factores en los estudios de tránsito se considera que se ha cumplido con el objeto de la presente trabajo.



## 10. RECOMENDACIONES

Luego de realizado el análisis sobre el uso de la motocicleta en Bogotá y entendiendo las implicaciones que el crecimiento de este parque automotor genera sobre la movilidad, a continuación se presentan algunas recomendaciones a tener en cuenta.

Actualizar los requisitos de los estudios de tránsito en función de las necesidades normativas y de acuerdo con las condiciones actuales de la oferta y demanda del sistema de movilidad en Bogotá.

Incluir a la motocicleta dentro del imaginario de las personas encargadas de diseñar y aprobar los estudios de tránsito, de tal suerte que se articule la motocicleta como un medio de transporte

Brindar la oportunidad para investigar sobre la operación de las motocicletas en las corrientes vehiculares en los espacios urbanos; incluso fomentar procesos de investigación específicos enfocados a este medio de transporte.

Generar procesos de actualización de la normatividad con el fin de advertir sobre el crecimiento y la operación de las motocicletas dentro de un contexto urbano; esto es, redefinir políticas que incluyan al motociclista como un actor más de la movilidad.

Investigar sobre el comportamiento humano de tal forma que se entiendan las motivaciones que llevan a la compra y el uso de la motocicleta y, de esta manera poder

definir una política de cultura sobre estos comportamientos y sobre este crecimiento en el tiempo.

Reconocer a la motocicleta como un vehículo urbano y de acuerdo con ello se fomentará su uso de modo seguro y responsable, como alternativa viable a los problemas de movilidad de Bogotá.

Fortalecer el trabajo intersectorial para la mejora y definición de políticas de tránsito que incluyan a los motociclistas dentro de la movilidad urbana de una forma integral.

Adoptar el modelo propuesto de inclusión de los factores de comparación y equivalencia de la motocicleta dentro de los análisis y los estudios de tránsito.

Desarrollar procesos de investigación específicos en donde se calcule las variables al caso Colombiano del tránsito de motocicletas y se adapten a las condiciones prevalentes de tránsito y control de nuestras ciudades y ciudadanos.

Analizar la operación del tránsito con motocicletas en el ámbito suburbano y rural de tal forma que los impactos estén analizados y, por tanto se puedan generar políticas y estrategias para mejorar la operación.

Propiciar líneas de investigación que analicen el impacto de la circulación de motocicletas; así como se analicen otros impactos que hoy no son tenidos en cuenta por el mismo desconocimiento que generan.



## Bibliografía

Acevedo, J. Et Al. (2008). El transporte como soporte al desarrollo de Colombia, Una Visión al 2014. Bogotá, Universidad de los Andes.

Agudelo Torres, A. (2006). Análisis integral del estado de la Avenida Alberto Mendoza Hoyos sector Túneles del Batallón Ayacucho - glorieta Expoferias [trabajo de grado de especialización]. Manizales, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Alcántara Vasconcellos, E. (2010) Análisis de la movilidad Urbana. Espacio, medio ambiente y equidad. Bogotá, Corporación Andina de Fomento, Dirección de Análisis y Programación Sectorial de la Vicepresidencia de Infraestructura de CAF.

Anard, S. Et Al. (1999) Development of Passenger Car Unit (PCU) Values of Malaysia. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.

Ardila Ariza, A. (2003). Estimación empírica de la capacidad vial de vías urbanas tipo arterial, local o multicarril [trabajo de grado de especialización]. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil.

Barbero, J. (2012) La infraestructura en el Desarrollo Integral de América Latina. Corporación Andina de Fomento, IDEAL.

Cárdenas, J. Et Al. (2007) Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones. México.

CAF. (2010). Observatorio de Movilidad Urbana para América Latina. Corporación Andina de Fomento.

CAF. (2013). Metodología para elaborar planes de seguridad vial para motociclistas.

Cal & Mayor Et Al. (2005) Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. Bogotá, Alcaldía Mayor, Secretaría de Tránsito y Transporte.

Chandra, S. and Kumar, U. (2003). Effect of Lane Width on Capacity under Mixed Traffic Conditions in India. Journal of Transportation Engineering.

Comité de Ensambladoras de Motos Japonesas. (2012). Séptimo estudio sociodemográfico de los usuarios de motos en Colombia. Bogotá.

Comité de Ensambladoras de Motos Japonesas. (2013). Octavo estudio sociodemográfico de los usuarios de motos en Colombia. Bogotá.

DANE. (2005). Encuesta de Movilidad en Bogotá y 17 municipios vecinos, Bogotá, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Secretaría de Tránsito y Transporte.

Fjellstrom K. (2002). Perspectiva general del texto de referencia y materias transversales del transporte urbano. Shanghai, Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit (GTZ), División 44 Transporte e Infraestructura.

Fundación Ciudad Humana. (2012). Caracterización de los Motociclistas Colombianos. Bogotá. Corporación Fondo de Prevención Vial.

Gaitán, J. (2009). La movilidad de las motocicletas en la Ciudad de Neiva, revista Conocimiento Ciudad y Humanismo, Volumen III, número II, Corporación Universitaria del Huila –CORHUILA, Neiva.

García, M. (2008) Estudio Análisis de Alternativas y Diseño Funcional de una Motovía para la ciudad de Cali. Santiago de Cali, Corporación Fondo de Prevención vial.

ISHIZAKA, Tetsuhiro. Et Al. (2010) Development of Motorcycle Simulation Model Under Mixed Traffic Flow and its Verification. Japón, Nihon University, Tokyo.

JICA. (1997) Estudio del Plan Maestro de Transporte Urbano para la Ciudad de Bogotá. Bogotá, Agencia de Cooperación Internacional del Japón, Alcaldía Mayor de Bogotá.

Khuat Viet Hung. (2006). Traffic Management in Motorcycle Dependent Cities [trabajo de grado de Doctorado]. Hanoi – Vietnam, Universidad de Darmstadt, Departamento de Ingeniería Civil y Geodesia.

LAN, Lawrence W. Et Al. (2003) Motorbike's Moving Behavior in Mixed Traffic: Particle-Hopping Model With Cellular Automata. Taiwan, Institute of Traffic and Transportation, National Chiao Tung University, Taipei.

Lee, T.-C. (2007). An agent-based model to simulate motorcycle behaviour in mixed traffic flow. London, United Kingdom.

Matiz, J. (2005). Transporte – estructura Urbana: una interdependencia aún sin reconocer en la ciudad Colombiana [trabajo de grado de Maestría]. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes.

Minh, Chu Cong. Et Al. (2005) The Speed, flow and Headway Analyses of Motorcycle Traffic. Japón, Nagaoka University of Technology, Niigata.

Minh, Chu Cong. Et Al. (2003) Analysis of Motorcycle Effects to Saturation Flow Rate at Signalized Intersection in Developing Countries. Tailandia, School of Civil Engineering, Asian Institute of Technology, Pathumthani.

Minh, Chu Cong. Et Al. (2010) Development of Motorcycle Unit (MCU) for Motorcycle-Dominated Traffic. Vietnam, Hochiminh City University of Technology, Hochiminh City.

Montezuma, R Et Al. (2010). Movilidad y ciudad del siglo XXI: Retos en innovaciones. [La moto como medio masivo de transporte: contexto inédito para muchos países, ciudades y ciudadano. El caso Colombiano con una mirada Global]. Bogotá, Fundación Ciudad Humana.

Montezuma, R. (2000). Presente y futuro de la movilidad urbana en Bogotá: Retos y realidades. Bogotá, Fundación Ciudad Humana, Veeduría Distrital, Bogotá.

Montolla, G. (2005) Apuntes de Ingeniería de Tránsito. Perú, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.

Nguyen Cao Y. Et Al. (2008) Estimating Capacity and Vehicle Equivalent unit by Motorcycles at Road Segments in Urban Road. Japón, Nagaoka University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Kamitomiokamachi.

Nguyen, H. Et Al. (2008) Should Motorcycle be Blamed for Traffic Congestion in Vietnamese Cities? Codatu Conference XIII. Mouchel Group, United Kingdom.

OMS (2009). Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial: Es hora de pasar a la acción. Organización mundial de la Salud.

Ortúzar, J. Et Al. (1994) Modelling transport.

Pérez Velásquez, J. (2012). Proceso de evolución del mercado de las motocicletas y sus repuestos en Colombia [informe final de práctica profesional]. Pereira, Universidad Católica de Pereira, Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, Programa de Negocios Internacionales.

Peña Cabra, A. (2013). Determinación del factor de equivalencia de Motocicletas en flujo ininterrumpido en vías con pendiente 0% de 3 carriles en Colombia [trabajo de grado de maestría]. Bogotá, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

Reddy, B. Sudhakara. Et Al. (2012) Urban Mobility: A Comparative Analysis of Megacities of India. India, Indira Gandhi Institute of Development Research, Goregaon (E), Mumbai.

Rodríguez, D. (2010). Caracterización integral de las motos en la ciudad de Bogotá [trabajo de grado de maestría]. Bogotá, Universidad Distrital.

SDM (2013). Caracterización de accidentalidad vial con motocicletas en la ciudad de Bogotá D.C. para los años 2007 a 2012. Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad, Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito.

SDM (2012). ¿Por qué cometen infracciones los motociclistas? Análisis de una muestra de motociclistas asistentes al curso pedagógico en el Super-Cade de la calle 13. Primer trimestre del año 2013. Bogotá, Secretaría Distrital de Movilidad, Dirección de Seguridad Vial y Comportamiento del Tránsito.

SDP. (2009) Destino Capital: Movilidad Sostenible. Bogotá, Alcaldía Mayor, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Territorial, Dirección de Vías, Transporte y Servicios Públicos.

STT Medellín. (2008) Rectángulo Sólo Motos, espacio reservado para uso exclusivo de motocicletas en las intersecciones semaforizadas. Medellín, Secretaría de Transportes y Tránsito.

STT Medellín. (2008) Carril Sólo Motos, Prueba Piloto. Medellín, Secretaría de Transportes y Tránsito.

Thomson, I. Et Al. (2002) La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. Unidad de Transporte, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL.

TRB (2010) Highway Capacity Manual. United States of America, Transportation Research Board, Washington.

Wessels G., Pardo C., Bocarejo J. (2012). Bogotá 21 – Hacia una metrópoli de clase mundial orientada al transporte público. Bogotá, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

## **ANEXO:**

### **Registro de digitación de los videos**

**Anexo: Registros de video analizados y procesados (caso 5 carriles)**

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 143754  | a                | 2        | 10,3     | 50            | 6,02            | 21,7             |
| 143754  | a                | 0,8      | 10,3     | 50            | 5,26            | 18,9             |
| 143754  | a                | 3,2      | 11,5     | 50            | 6,02            | 21,7             |
| 143754  | a                | 2        | 13,1     | 50            | 4,50            | 16,2             |
| 143754  | a                | 7,3      | 12,2     | 50            | 10,20           | 36,7             |
| 143754  | a                | 3,8      | 15,4     | 50            | 4,31            | 15,5             |
| 143754  | a                | 4,5      | 14,2     | 50            | 5,15            | 18,6             |
| 143754  | a                | 5,3      | 15,8     | 50            | 4,76            | 17,1             |
| 143754  | a                | 8,5      | 15,8     | 50            | 6,85            | 24,7             |
| 143754  | a                | 6        | 22,2     | 50            | 3,09            | 11,1             |
| 143754  | a                | 8,5      | 17,7     | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143754  | a                | 7        | 18,9     | 50            | 4,20            | 15,1             |
| 143754  | a                | 7,7      | 27       | 50            | 2,59            | 9,3              |
| 143754  | a                | 9        | 19,7     | 50            | 4,67            | 16,8             |
| 143754  | a                | 8,9      | 17,7     | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 143754  | m                | 4        | 14       | 50            | 5,00            | 18,0             |
| 143754  | m                | 9        | 14       | 50            | 10,00           | 36,0             |
| 143754  | a                | 18,8     | 36       | 50            | 2,91            | 10,5             |
| 143754  | a                | 9,8      | 20       | 50            | 4,90            | 17,6             |
| 143754  | a                | 3,5      | 20       | 50            | 3,03            | 10,9             |
| 143754  | a                | 11,5     | 21,5     | 50            | 5,00            | 18,0             |
| 143754  | a                | 6,3      | 22,3     | 50            | 3,13            | 11,3             |
| 143754  | a                | 12,7     | 21,5     | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 143754  | a                | 8,8      | 26,8     | 50            | 2,78            | 10,0             |
| 143754  | a                | 13,3     | 23,9     | 50            | 4,72            | 17,0             |
| 143754  | a                | 15,2     | 23,5     | 50            | 6,02            | 21,7             |
| 143754  | a                | 12,7     | 31,5     | 50            | 2,66            | 9,6              |
| 143754  | a                | 17,5     | 25,2     | 50            | 6,49            | 23,4             |
| 143754  | a                | 16       | 25,2     | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143754  | a                | 15,9     | 28,3     | 50            | 4,03            | 14,5             |
| 143754  | a                | 15,2     | 34,34    | 50            | 2,61            | 9,4              |
| 143754  | a                | 18,3     | 24,7     | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 143754  | a                | 17,5     | 25,5     | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 143754  | a                | 19,2     | 34,7     | 50            | 3,23            | 11,6             |
| 143754  | m                | 14,3     | 20       | 50            | 8,77            | 31,6             |
| 143754  | a                | 25,3     | 30       | 50            | 10,64           | 38,3             |



| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 143754  | a                | 16,5     | 30       | 50            | 3,70            | 13,3             |
| 143754  | a                | 20,4     | 30       | 50            | 5,21            | 18,8             |
| 143754  | a                | 22,5     | 31,2     | 50            | 5,75            | 20,7             |
| 143754  | a                | 19,2     | 31,6     | 50            | 4,03            | 14,5             |
| 143754  | a                | 13,2     | 34,8     | 50            | 2,31            | 8,3              |
| 143754  | a                | 15,2     | 34,5     | 50            | 2,59            | 9,3              |
| 143754  | a                | 22,5     | 37,6     | 50            | 3,31            | 11,9             |
| 143754  | a                | 25,2     | 34,5     | 50            | 5,38            | 19,4             |
| 143754  | a                | 30       | 34,7     | 50            | 10,64           | 38,3             |
| 143754  | a                | 16,8     | 35,7     | 50            | 2,65            | 9,5              |
| 143754  | a                | 24,5     | 41,6     | 50            | 2,92            | 10,5             |
| 143754  | a                | 18,8     | 39,2     | 50            | 2,45            | 8,8              |
| 143754  | a                | 26,5     | 45,3     | 50            | 2,66            | 9,6              |
| 143754  | a                | 27,7     | 37,9     | 50            | 4,90            | 17,6             |
| 143754  | a                | 21,7     | 42,8     | 50            | 2,37            | 8,5              |
| 143754  | a                | 28,5     | 46,1     | 50            | 2,84            | 10,2             |
| 143754  | m                | 29,5     | 33,3     | 50            | 13,16           | 47,4             |
| 75645   | a                | 7        | 10       | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 75645   | a                | 9        | 12       | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 75645   | a                | 9        | 12       | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 75645   | m                | 9        | 11       | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | a                | 18,5     | 21       | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 75645   | a                | 18       | 20       | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | a                | 17       | 19,5     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 75645   | a                | 17       | 19       | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | m                | 18       | 20       | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | a                | 28       | 30,5     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 75645   | a                | 28       | 30,8     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 75645   | b                | 28       | 31,2     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 75645   | a                | 39,6     | 42       | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 75645   | a                | 39,6     | 42,6     | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 75645   | a                | 37,4     | 40,3     | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 75645   | m                | 37,7     | 40,3     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 75011   | a                | -3       | 10       | 50            | 3,85            | 13,8             |
| 75011   | a                | 2        | 11,3     | 50            | 5,38            | 19,4             |
| 75011   | a                | 5,8      | 11,7     | 50            | 8,47            | 30,5             |
| 75011   | a                | 3,5      | 12,3     | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 75011   | a                | 1,5      | 15       | 50            | 3,70            | 13,3             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 75011   | a                | 0        | 13,2     | 50            | 3,79            | 13,6             |
| 75011   | a                | 2,5      | 15,2     | 50            | 3,94            | 14,2             |
| 75011   | a                | 5,5      | 14,3     | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 75011   | a                | 5,2      | 22,7     | 50            | 2,86            | 10,3             |
| 75011   | a                | 7,3      | 15,3     | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 75011   | a                | 8        | 17,5     | 50            | 5,26            | 18,9             |
| 75011   | a                | 7,3      | 23       | 50            | 3,18            | 11,5             |
| 75011   | a                | 9        | 15,8     | 50            | 7,35            | 26,5             |
| 75011   | a                | 9,3      | 18       | 50            | 5,75            | 20,7             |
| 75011   | a                | 9        | 20       | 50            | 4,55            | 16,4             |
| 75011   | a                | 9,3      | 27,5     | 50            | 2,75            | 9,9              |
| 75011   | a                | 9,3      | 21,5     | 50            | 4,10            | 14,8             |
| 75011   | m                | 5        | 10,5     | 50            | 9,09            | 32,7             |
| 75011   | m                | 1,2      | 11       | 50            | 5,10            | 18,4             |
| 75011   | m                | 0        | 10       | 50            | 5,00            | 18,0             |
| 75011   | m                | 7        | 18,5     | 50            | 4,35            | 15,7             |
| 75011   | m                | 6,5      | 11,5     | 50            | 10,00           | 36,0             |
| 75011   | m                | 9,2      | 15,5     | 50            | 7,94            | 28,6             |
| 75011   | m                | 9,5      | 14,5     | 50            | 10,00           | 36,0             |
| 143754  | a                | 55       | 59,5     | 50            | 11,11           | 40,0             |
| 143754  | a                | 42,7     | 57,5     | 50            | 3,38            | 12,2             |
| 143754  | a                | 50,5     | 60       | 50            | 5,26            | 18,9             |
| 143754  | a                | 41       | 61       | 50            | 2,50            | 9,0              |
| 143754  | a                | 33       | 62,3     | 50            | 1,71            | 6,1              |
| 143754  | a                | 46,2     | 63,5     | 50            | 2,89            | 10,4             |
| 143754  | a                | 44,8     | 64,8     | 50            | 2,50            | 9,0              |
| 143754  | a                | 37,6     | 65,2     | 50            | 1,81            | 6,5              |
| 143754  | a                | 49,9     | 66,4     | 50            | 3,03            | 10,9             |
| 143754  | a                | 48,3     | 69,2     | 50            | 2,39            | 8,6              |
| 143754  | a                | 46,7     | 66,7     | 50            | 2,50            | 9,0              |
| 143754  | a                | 43,2     | 67,5     | 50            | 2,06            | 7,4              |
| 143754  | a                | 50,2     | 63       | 50            | 3,91            | 14,1             |
| 143754  | a                | 49,8     | 69,5     | 50            | 2,54            | 9,1              |
| 143754  | a                | 46       | 70,2     | 50            | 2,07            | 7,4              |
| 143754  | a                | 52,3     | 72,3     | 50            | 2,50            | 9,0              |
| 143754  | a                | 57,3     | 66,5     | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143754  | a                | 52,15    | 72,5     | 50            | 2,46            | 8,8              |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 143754  | a                | 54,8     | 75,7     | 50            | 2,39            | 8,6              |
| 143754  | a                | 58       | 78,5     | 50            | 2,44            | 8,8              |
| 143754  | a                | 56,8     | 74,1     | 50            | 2,89            | 10,4             |
| 143754  | a                | 50,5     | 74,1     | 50            | 2,12            | 7,6              |
| 143754  | m                | 59,5     | 68,4     | 50            | 5,62            | 20,2             |
| 143754  | m                | 58,2     | 70,4     | 50            | 4,10            | 14,8             |
| 143754  | a                | 108,8    | 119,6    | 50            | 4,63            | 16,7             |
| 143754  | a                | 100,5    | 120      | 50            | 2,56            | 9,2              |
| 143754  | b                | 113,3    | 120,4    | 50            | 7,04            | 25,4             |
| 143754  | a                | 112,8    | 124,5    | 50            | 4,27            | 15,4             |
| 143754  | a                | 115,7    | 129      | 50            | 3,76            | 13,5             |
| 143754  | a                | 102,2    | 124      | 50            | 2,29            | 8,3              |
| 143754  | a                | 103,3    | 122      | 50            | 2,67            | 9,6              |
| 143754  | a                | 17,7     | 122      | 50            | 0,48            | 1,7              |
| 143754  | a                | 117,7    | 126,5    | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 143754  | a                | 107,8    | 134,5    | 50            | 1,87            | 6,7              |
| 143754  | a                | 109,8    | 127,3    | 50            | 2,86            | 10,3             |
| 143754  | a                | 103,8    | 132,2    | 50            | 1,76            | 6,3              |
| 143754  | a                | 114,3    | 132,3    | 50            | 2,78            | 10,0             |
| 143754  | a                | 112,5    | 139,9    | 50            | 1,82            | 6,6              |
| 143754  | a                | 105,4    | 135,5    | 50            | 1,66            | 6,0              |
| 143754  | a                | 115,3    | 135      | 50            | 2,54            | 9,1              |
| 143754  | a                | 116,5    | 139      | 50            | 2,22            | 8,0              |
| 143754  | a                | 112,2    | 139,8    | 50            | 1,81            | 6,5              |
| 143754  | a                | 115,7    | 143,8    | 50            | 1,78            | 6,4              |
| 143754  | a                | 118,8    | 148,6    | 50            | 1,68            | 6,0              |
| 143754  | m                | 115      | 121,5    | 50            | 7,69            | 27,7             |
| 143754  | m                | 114,3    | 124,3    | 50            | 5,00            | 18,0             |
| 143754  | m                | 117      | 128      | 50            | 4,55            | 16,4             |
| 143754  | a                | 178      | 185,1    | 50            | 7,04            | 25,4             |
| 143754  | c                | 178      | 187,9    | 50            | 5,05            | 18,2             |
| 143754  | a                | 179      | 185,5    | 50            | 7,69            | 27,7             |
| 143754  | a                | 178,6    | 183,9    | 50            | 9,43            | 34,0             |
| 143754  | a                | 179,4    | 183,5    | 50            | 12,20           | 43,9             |
| 143754  | a                | 177      | 182,3    | 50            | 9,43            | 34,0             |
| 143754  | a                | 177,8    | 182,6    | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 143754  | a                | 177      | 184,3    | 50            | 6,85            | 24,7             |
| 143754  | a                | 175,8    | 182,3    | 50            | 7,69            | 27,7             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 143754  | a                | 175,2    | 180,8    | 50            | 8,93            | 32,1             |
| 143754  | c                | 172,4    | 180      | 50            | 6,58            | 23,7             |
| 143754  | a                | 173,6    | 180      | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 143754  | m                | 179,2    | 186,5    | 50            | 6,85            | 24,7             |
| 143754  | m                | 176,4    | 180,9    | 50            | 11,11           | 40,0             |
| 143754  | m                | 175,6    | 180      | 50            | 11,36           | 40,9             |
| 143754  | a                | 281,7    | 290,5    | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 143754  | a                | 286,5    | 291,3    | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 143754  | a                | 264,8    | 291,7    | 50            | 1,86            | 6,7              |
| 143754  | a                | 262,8    | 291,7    | 50            | 1,73            | 6,2              |
| 143754  | a                | 284      | 292,5    | 50            | 5,88            | 21,2             |
| 143754  | a                | 285,7    | 294,5    | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 143754  | a                | 284,5    | 293,7    | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143754  | a                | 284,5    | 293,7    | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143754  | a                | 286,9    | 292,1    | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 143754  | a                | 289,7    | 294      | 50            | 11,63           | 41,9             |
| 143754  | m                | 287,5    | 295,1    | 50            | 6,58            | 23,7             |
| 143754  | m                | 284      | 290,7    | 50            | 7,46            | 26,9             |
| 143754  | m                | 289,5    | 294,7    | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 75011   | a                | 50       | 60,6     | 50            | 4,72            | 17,0             |
| 75011   | a                | 50,8     | 61,5     | 50            | 4,67            | 16,8             |
| 75011   | a                | 51       | 62,3     | 50            | 4,42            | 15,9             |
| 75011   | a                | 51       | 63       | 50            | 4,17            | 15,0             |
| 75011   | a                | 51,6     | 63       | 50            | 4,39            | 15,8             |
| 75011   | a                | 52,4     | 63,8     | 50            | 4,39            | 15,8             |
| 75011   | a                | 54,8     | 63,8     | 50            | 5,56            | 20,0             |
| 75011   | a                | 56       | 66,2     | 50            | 4,90            | 17,6             |
| 75011   | a                | 54       | 64,6     | 50            | 4,72            | 17,0             |
| 75011   | a                | 54,8     | 66,3     | 50            | 4,35            | 15,7             |
| 75011   | a                | 54       | 66,2     | 50            | 4,10            | 14,8             |
| 75011   | a                | 56,8     | 67       | 50            | 4,90            | 17,6             |
| 75011   | a                | 56       | 67,8     | 50            | 4,24            | 15,3             |
| 75011   | a                | 58       | 70,6     | 50            | 3,97            | 14,3             |
| 75011   | m                | 57,3     | 62       | 50            | 10,64           | 38,3             |
| 75011   | m                | 54,5     | 64       | 50            | 5,26            | 18,9             |
| 75011   | m                | 55,3     | 64,8     | 50            | 5,26            | 18,9             |
| 75011   | m                | 58       | 62,8     | 50            | 10,42           | 37,5             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 75011   | m                | 58,5     | 64       | 50            | 9,09            | 32,7             |
| 75011   | m                | 59,3     | 64,9     | 50            | 8,93            | 32,1             |
| 75011   | m                | 59,7     | 65,7     | 50            | 8,33            | 30,0             |
| 75011   | m                | 60,5     | 67,3     | 50            | 7,35            | 26,5             |
| 75011   | a                | 153,7    | 169,7    | 50            | 3,13            | 11,3             |
| 75011   | a                | 146,8    | 169,4    | 50            | 2,21            | 8,0              |
| 75011   | a                | 156,5    | 173,2    | 50            | 2,99            | 10,8             |
| 75011   | a                | 155,6    | 170,8    | 50            | 3,29            | 11,8             |
| 75011   | a                | 159,6    | 170,8    | 50            | 4,46            | 16,1             |
| 75011   | a                | 162,5    | 179,3    | 50            | 2,98            | 10,7             |
| 75011   | a                | 158      | 181,3    | 50            | 2,15            | 7,7              |
| 75011   | a                | 155,3    | 176      | 50            | 2,42            | 8,7              |
| 75011   | a                | 158,8    | 179,3    | 50            | 2,44            | 8,8              |
| 75011   | a                | 155,6    | 172,8    | 50            | 2,91            | 10,5             |
| 75011   | m                | 162,5    | 170      | 50            | 6,67            | 24,0             |
| 75011   | m                | 162      | 170      | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 75011   | m                | 163,9    | 172,5    | 50            | 5,81            | 20,9             |
| 75011   | m                | 163,1    | 172,5    | 50            | 5,32            | 19,1             |
| 75011   | m                | 165,9    | 173,6    | 50            | 6,49            | 23,4             |
| 75011   | m                | 167,1    | 179,5    | 50            | 4,03            | 14,5             |
| 75011   | m                | 165,5    | 180      | 50            | 3,45            | 12,4             |
| 75011   | m                | 166,4    | 180,7    | 50            | 3,50            | 12,6             |
| 75011   | m                | 167,6    | 183,1    | 50            | 3,23            | 11,6             |
| 182419  | a                | 58,3     | 61,9     | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 182419  | b                | 57       | 61,2     | 50            | 11,90           | 42,9             |
| 182419  | a                | 57,1     | 60,3     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 182419  | m                | 59,5     | 62,7     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 182419  | a                | 57,9     | 60,7     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | a                | 59,2     | 62,4     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 182419  | b                | 60       | 67,6     | 50            | 6,58            | 23,7             |
| 182419  | a                | 59,5     | 63,1     | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 182419  | m                | 58,3     | 61,1     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | m                | 119,7    | 122,7    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 182419  | a                | 118,7    | 121,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | a                | 116,3    | 119,9    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 182419  | m                | 117,9    | 120,7    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | m                | 117,2    | 119,9    | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 182419  | m                | 177      | 180,1    | 50            | 16,13           | 58,1             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 182419  | m                | 177,7    | 180,1    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 182419  | m                | 179,3    | 181,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 182419  | a                | 178,9    | 182,1    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 182419  | a                | 178,9    | 182,5    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 182419  | a                | 178,1    | 180,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | a                | 176,9    | 180,9    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 182419  | a                | 238,5    | 243,2    | 50            | 10,64           | 38,3             |
| 182419  | a                | 240      | 244,8    | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 182419  | a                | 237,3    | 241,6    | 50            | 11,63           | 41,9             |
| 182419  | m                | 239,6    | 242,4    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 182419  | m                | 240      | 244      | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 182419  | m                | 238,5    | 242,8    | 50            | 11,63           | 41,9             |
| 182419  | a                | 279,2    | 283,2    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 182419  | a                | 279,4    | 282,8    | 50            | 14,71           | 52,9             |
| 182419  | a                | 277,7    | 281,3    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 182419  | a                | 278      | 281,3    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 182419  | m                | 280      | 283      | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 182419  | m                | 280      | 283,8    | 50            | 13,16           | 47,4             |
| 182419  | m                | 279,4    | 281,8    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 182419  | m                | 278      | 282,2    | 50            | 11,90           | 42,9             |
| 183626  | a                | 58,3     | 63       | 50            | 10,64           | 38,3             |
| 183626  | a                | 58,3     | 66,3     | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 183626  | a                | 56,9     | 64,6     | 50            | 6,49            | 23,4             |
| 183626  | a                | 57,3     | 62,5     | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 183626  | a                | 55,7     | 60,5     | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 183626  | a                | 54,6     | 62,5     | 50            | 6,33            | 22,8             |
| 183626  | m                | 59,7     | 64,9     | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 183626  | m                | 59,3     | 63,7     | 50            | 11,36           | 40,9             |
| 183626  | m                | 58,9     | 63,3     | 50            | 11,36           | 40,9             |
| 183626  | m                | 58,9     | 63,7     | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 183626  | m                | 58,9     | 63,7     | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 183626  | m                | 56,5     | 62,9     | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 183626  | m                | 57,3     | 63,7     | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 183626  | m                | 57,7     | 63,7     | 50            | 8,33            | 30,0             |
| 183626  | m                | 58,9     | 65,3     | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 183626  | m                | 54,9     | 61,7     | 50            | 7,35            | 26,5             |
| 183626  | m                | 54,9     | 61,7     | 50            | 7,35            | 26,5             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 183626  | a                | 138,9    | 143,8    | 50            | 10,20           | 36,7             |
| 183626  | a                | 138,9    | 145,6    | 50            | 7,46            | 26,9             |
| 183626  | a                | 138      | 144      | 50            | 8,33            | 30,0             |
| 183626  | a                | 138      | 144      | 50            | 8,33            | 30,0             |
| 183626  | a                | 135,9    | 142,7    | 50            | 7,35            | 26,5             |
| 183626  | a                | 133,1    | 144,7    | 50            | 4,31            | 15,5             |
| 183626  | a                | 135,5    | 141,3    | 50            | 8,62            | 31,0             |
| 183626  | a                | 134,7    | 140,9    | 50            | 8,06            | 29,0             |
| 183626  | a                | 133,6    | 140,5    | 50            | 7,25            | 26,1             |
| 183626  | a                | 118,2    | 142,1    | 50            | 2,09            | 7,5              |
| 183626  | m                | 138,5    | 144,2    | 50            | 8,77            | 31,6             |
| 183626  | m                | 139,9    | 144,9    | 50            | 10,00           | 36,0             |
| 183626  | m                | 135,9    | 140,3    | 50            | 11,36           | 40,9             |
| 183626  | m                | 135,9    | 141,1    | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 180954  | a                | 8,3      | 10,3     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | a                | 8,3      | 10,3     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | a                | 9,1      | 11,1     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | m                | 8,3      | 10,7     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | m                | 9,1      | 11,1     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | m                | 187,1    | 189,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180954  | a                | 187,9    | 190,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | a                | 188,3    | 190,9    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 180954  | b                | 186,3    | 191,7    | 50            | 9,26            | 33,3             |
| 180954  | m                | 187,9    | 192,1    | 50            | 11,90           | 42,9             |
| 180954  | a                | 189,5    | 192,1    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 180954  | m                | 248,1    | 250,1    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | a                | 247,7    | 250,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180954  | a                | 248,9    | 250,9    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180954  | a                | 249,3    | 251,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | m                | 288      | 290,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | m                | 288      | 290,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | m                | 288,4    | 290,8    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180954  | b                | 288,4    | 292,5    | 50            | 12,20           | 43,9             |
| 180355  | m                | 60       | 62,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 180355  | m                | 60       | 62,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 180355  | m                | 59,5     | 62,3     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 59,5     | 62,3     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 59       | 61,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 180355  | m                | 57,7     | 60,5     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 58,1     | 60,5     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | a                | 58       | 60,5     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 180355  | a                | 58,5     | 61,7     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 180355  | a                | 58,9     | 61,7     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 139,5    | 141,5    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180355  | m                | 137,9    | 140,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | m                | 138,3    | 140,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | m                | 138,7    | 141,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 139,1    | 141,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | a                | 138,7    | 141,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | a                | 138,7    | 141,7    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 180355  | b                | 194,7    | 202,7    | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 180355  | a                | 200,3    | 202,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | a                | 197,1    | 200,3    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 180355  | a                | 199,1    | 201,5    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | a                | 198,3    | 201,1    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | m                | 199,5    | 201,5    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180355  | m                | 199,5    | 201,5    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180355  | m                | 199,9    | 201,9    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180355  | m                | 199,9    | 202,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 180355  | m                | 239,3    | 241,3    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 180355  | m                | 238,1    | 241,3    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 180355  | a                | 239,5    | 242,7    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 180355  | a                | 239,5    | 242,7    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 180355  | a                | 239,5    | 242,7    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 180355  | a                | 238,5    | 241,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 180355  | a                | 239,5    | 248,7    | 50            | 5,43            | 19,6             |
| 143148  | c                | 57,8     | 60       | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 143148  | b                | 57,8     | 60,3     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 143148  | a                | 58,3     | 60,7     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 143148  | a                | 58,5     | 61,1     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | a                | 59       | 61,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 143148  | a                | 59,1     | 61,5     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 143148  | a                | 60       | 62,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 143148  | m                | 57,5     | 60       | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 143148  | b                | 135,1    | 149,1    | 50            | 3,57            | 12,9             |



| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 143148  | a                | 138,7    | 141,1    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 143148  | a                | 138,7    | 141,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 143148  | a                | 138,7    | 141,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 143148  | m                | 138      | 140,3    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 143148  | m                | 138,3    | 141,1    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 143148  | a                | 178,1    | 180,7    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | a                | 178,5    | 181,5    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 143148  | a                | 178,9    | 181,5    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | m                | 178,8    | 181,1    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 143148  | m                | 179,5    | 181,5    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 143148  | m                | 179,7    | 182,3    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | a                | 288,1    | 290,7    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | a                | 288,3    | 291,1    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 143148  | a                | 289,3    | 291,9    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 143148  | a                | 289,3    | 292,3    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 143148  | a                | 289,5    | 292,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 143148  | a                | 289,5    | 292,7    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 143148  | m                | 288,3    | 290,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | a                | 48       | 50,9     | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 122612  | a                | 49,3     | 51,7     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | a                | 49,7     | 52,5     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 122612  | m                | 46,5     | 50       | 50            | 14,29           | 51,4             |
| 122612  | m                | 49,7     | 52,1     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | m                | 49,5     | 52,1     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122612  | c                | 118      | 121,1    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 122612  | c                | 119,1    | 121,5    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | a                | 118,7    | 121,1    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | a                | 119,5    | 122,1    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122612  | m                | 118,3    | 120,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122612  | a                | 226,3    | 230,1    | 50            | 13,16           | 47,4             |
| 122612  | a                | 226,8    | 230,5    | 50            | 13,51           | 48,6             |
| 122612  | a                | 227,7    | 230,9    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 122612  | a                | 228,6    | 231,7    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 122612  | a                | 229,5    | 232,5    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 122612  | a                | 229,7    | 232,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 122612  | m                | 229,5    | 232,1    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122612  | a                | 268      | 270,5    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 122612  | a                | 268,1    | 270,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 122612  | a                | 267,3    | 271      | 50            | 13,51           | 48,6             |
| 122612  | a                | 268,5    | 271,7    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 122612  | a                | 269,5    | 272,5    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 122612  | a                | 269,5    | 272,1    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122612  | a                | 269,7    | 272,9    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 122612  | m                | 268,5    | 271      | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 85612   | a                | 17,9     | 20,2     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 85612   | a                | 19       | 21,9     | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 85612   | a                | 19,1     | 21,9     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 85612   | m                | 17,8     | 20,4     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 85612   | m                | 18,4     | 21,2     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 85612   | m                | 18,4     | 21,1     | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 85612   | a                | 88       | 90,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 85612   | a                | 88,8     | 91,3     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 85612   | a                | 89,2     | 91,6     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 85612   | a                | 90       | 92,6     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 85612   | m                | 89,2     | 91,3     | 50            | 23,81           | 85,7             |
| 85612   | m                | 90       | 92       | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 85612   | a                | 148,3    | 150,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 85612   | c                | 148      | 151,3    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 85612   | a                | 148,8    | 151,1    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 85612   | a                | 149,9    | 152,4    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 85612   | m                | 149,9    | 153,5    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 85612   | m                | 146      | 149,9    | 50            | 12,82           | 46,2             |
| 85612   | a                | 207,5    | 210,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 85612   | a                | 207,5    | 210,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 85612   | a                | 209,5    | 213,1    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 85612   | a                | 209,5    | 211,6    | 50            | 23,81           | 85,7             |
| 85612   | a                | 208      | 212,8    | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 85612   | a                | 208,8    | 210,7    | 50            | 26,32           | 94,7             |
| 85612   | c                | 207,5    | 210,8    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 85612   | m                | 208      | 211,3    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 85612   | m                | 208,5    | 211,6    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 85612   | m                | 208,9    | 212      | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 85612   | a                | 248,1    | 250,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 85612   | a                | 247,7    | 250,9    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 85612   | a                | 248,6    | 252,6    | 50            | 12,50           | 45,0             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 85612   | m                | 248,6    | 251,9    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 85612   | m                | 248,6    | 252,3    | 50            | 13,51           | 48,6             |
| 85612   | m                | 249,5    | 252,6    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 85612   | m                | 20,7     | 30,3     | 50            | 5,21            | 18,8             |
| 85612   | m                | 17,5     | 31,1     | 50            | 3,68            | 13,2             |
| 85612   | m                | 23,9     | 32,3     | 50            | 5,95            | 21,4             |
| 85612   | m                | 25,1     | 32,7     | 50            | 6,58            | 23,7             |
| 85612   | m                | 28,3     | 34,7     | 50            | 7,81            | 28,1             |
| 85612   | a                | 16,7     | 31,1     | 50            | 3,47            | 12,5             |
| 85612   | a                | 19,1     | 35,5     | 50            | 3,05            | 11,0             |
| 85612   | a                | 21,9     | 55,1     | 50            | 1,51            | 5,4              |
| 85612   | a                | 25,5     | 57,9     | 50            | 1,54            | 5,6              |
| 85612   | a                | 28,3     | 61,1     | 50            | 1,52            | 5,5              |
| 85612   | a                | 12,8     | 33,7     | 50            | 2,39            | 8,6              |
| 85612   | a                | 15,2     | 44       | 50            | 1,74            | 6,3              |
| 85612   | a                | 20,4     | 48,1     | 50            | 1,81            | 6,5              |
| 85612   | a                | 24       | 51,3     | 50            | 1,83            | 6,6              |
| 85612   | a                | 26,8     | 53,7     | 50            | 1,86            | 6,7              |
| 85612   | a                | 10,9     | 32       | 50            | 2,37            | 8,5              |
| 85612   | a                | 12,1     | 36,1     | 50            | 2,08            | 7,5              |
| 85612   | a                | 13,3     | 40,9     | 50            | 1,81            | 6,5              |
| 85612   | a                | 18,9     | 52       | 50            | 1,51            | 5,4              |
| 85612   | a                | 26,1     | 56,5     | 50            | 1,64            | 5,9              |
| 85612   | a                | 7,5      | 32,3     | 50            | 2,02            | 7,3              |
| 85612   | a                | 8,3      | 38,2     | 50            | 1,67            | 6,0              |
| 85612   | a                | 10,7     | 42       | 50            | 1,60            | 5,8              |
| 85612   | a                | 14,3     | 45,8     | 50            | 1,59            | 5,7              |
| 85612   | a                | 19,9     | 55,4     | 50            | 1,41            | 5,1              |
| 85612   | a                | 14,7     | 31,5     | 50            | 2,98            | 10,7             |
| 85612   | a                | 16,7     | 33,9     | 50            | 2,91            | 10,5             |
| 85612   | a                | 21,5     | 38,3     | 50            | 2,98            | 10,7             |
| 85612   | a                | 24,3     | 42,3     | 50            | 2,78            | 10,0             |
| 85612   | a                | 152,7    | 161,5    | 50            | 5,68            | 20,5             |
| 85612   | a                | 156,3    | 166,3    | 50            | 5,00            | 18,0             |
| 85612   | a                | 152,2    | 160,2    | 50            | 6,25            | 22,5             |
| 85612   | a                | 154,6    | 163      | 50            | 5,95            | 21,4             |
| 85612   | a                | 155,4    | 180,2    | 50            | 2,02            | 7,3              |
| 85612   | a                | 158,3    | 183,6    | 50            | 1,98            | 7,1              |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 85612   | a                | 147      | 162      | 50            | 3,33            | 12,0             |
| 85612   | a                | 152,4    | 180      | 50            | 1,81            | 6,5              |
| 85612   | a                | 155,2    | 182,2    | 50            | 1,85            | 6,7              |
| 85612   | a                | 142,4    | 161      | 50            | 2,69            | 9,7              |
| 85612   | a                | 143,6    | 169,5    | 50            | 1,93            | 6,9              |
| 85612   | a                | 144,8    | 173,4    | 50            | 1,75            | 6,3              |
| 85612   | a                | 152,4    | 179,4    | 50            | 1,85            | 6,7              |
| 85612   | a                | 154,8    | 184,6    | 50            | 1,68            | 6,0              |
| 85612   | b                | 139      | 161,1    | 50            | 2,26            | 8,1              |
| 85612   | a                | 141      | 167      | 50            | 1,92            | 6,9              |
| 85612   | a                | 144,6    | 176,6    | 50            | 1,56            | 5,6              |
| 85612   | a                | 148,6    | 183,5    | 50            | 1,43            | 5,2              |
| 85612   | a                | 151,8    | 187,4    | 50            | 1,40            | 5,1              |
| 85612   | m                | 156,6    | 161      | 50            | 11,36           | 40,9             |
| 85612   | m                | 157,8    | 162,6    | 50            | 10,42           | 37,5             |
| 85612   | m                | 157      | 167,8    | 50            | 4,63            | 16,7             |
| 85612   | m                | 160      | 183      | 50            | 2,17            | 7,8              |
| 85612   | m                | 155      | 162,3    | 50            | 6,85            | 24,7             |
| 85612   | m                | 155      | 179      | 50            | 2,08            | 7,5              |
| 90212   | a                | 7,3      | 10       | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 90212   | a                | 9,7      | 11,7     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 90212   | a                | 9,8      | 11,7     | 50            | 26,32           | 94,7             |
| 90212   | m                | 8,9      | 10,9     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 90212   | m                | 5,7      | 10       | 50            | 11,63           | 41,9             |
| 90212   | a                | 68,5     | 70,9     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 90212   | a                | 68,5     | 70,9     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 90212   | a                | 68,3     | 70,5     | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 90212   | a                | 68,9     | 71,4     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 90212   | b                | 68,9     | 71,4     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 90212   | m                | 68       | 70,2     | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 90212   | m                | 68       | 70,5     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 90212   | a                | 168,9    | 171,9    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 90212   | a                | 168,9    | 171,9    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 90212   | a                | 168,8    | 171,1    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 90212   | m                | 167,9    | 170      | 50            | 23,81           | 85,7             |
| 90212   | a                | 227,8    | 230,2    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 90212   | a                | 227,8    | 230,3    | 50            | 20,00           | 72,0             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 90212   | a                | 227,9    | 230,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 90212   | m                | 230      | 232,3    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 90212   | m                | 229      | 231,8    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 82404   | a                | 58,1     | 61,3     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 82404   | a                | 57,7     | 60       | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 82404   | a                | 57,5     | 60,5     | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 82404   | m                | 57,3     | 60,5     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 82404   | m                | 57,7     | 60,9     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 82404   | m                | 119      | 121      | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 82404   | m                | 119      | 121,3    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 82404   | a                | 119      | 121,3    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 82404   | a                | 119      | 122,3    | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 82404   | a                | 168,8    | 171,3    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 82404   | a                | 168,8    | 171,3    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 82404   | a                | 170      | 172,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 82404   | a                | 168,8    | 172      | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 82404   | m                | 170,4    | 172,3    | 50            | 26,32           | 94,7             |
| 82404   | m                | 167,7    | 170,8    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 82404   | m                | 240      | 242,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 82404   | m                | 237,6    | 240,4    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 82404   | m                | 237,2    | 240      | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 82404   | a                | 240      | 243,2    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 82404   | a                | 137,6    | 140,8    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 75645   | m                | 67,8     | 70       | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 75645   | m                | 70       | 73,4     | 50            | 14,71           | 52,9             |
| 75645   | a                | 67,8     | 70,4     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 75645   | a                | 69,3     | 72,1     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 75645   | a                | 70       | 72,3     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 75645   | a                | 117,9    | 119,9    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | a                | 118,6    | 121,4    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 75645   | a                | 117,5    | 119,5    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 75645   | b                | 117,9    | 123,1    | 50            | 9,62            | 34,6             |
| 75645   | a                | 175,7    | 181,3    | 50            | 8,93            | 32,1             |
| 75645   | a                | 178,9    | 181,7    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 75645   | a                | 179,8    | 182,5    | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 75645   | m                | 178,1    | 180,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 75645   | m                | 177,7    | 180      | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 75645   | m                | 238      | 240      | 50            | 25,00           | 90,0             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 75645   | a                | 238,7    | 241,9    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 75645   | a                | 239      | 241,9    | 50            | 17,24           | 62,1             |

### REGISTROS DE VIDEO ANALIZADOS Y PROCESADOS (CASO 2 CARRILES)

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 81238   | a                | 6,4      | 9,5      | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 81238   | a                | 18,2     | 20,4     | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 81238   | a                | 27,2     | 29,9     | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 81238   | a                | 145,7    | 147,9    | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 81238   | a                | 175,5    | 179,5    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 81238   | a                | 187,4    | 191,4    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 81238   | a                | 215,4    | 219,1    | 50            | 13,51           | 48,6             |
| 81238   | a                | 257,6    | 260,6    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 81238   | a                | 270,8    | 272,8    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 81238   | m                | 12,2     | 15,1     | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 81238   | m                | 57,1     | 59,6     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 81238   | m                | 69,5     | 72,6     | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 81238   | m                | 85,4     | 89,2     | 50            | 13,16           | 47,4             |
| 81238   | m                | 94,6     | 97,1     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 81238   | m                | 153,3    | 156,4    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 81238   | m                | 198,5    | 202,1    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 81238   | m                | 222,8    | 226,8    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 81238   | m                | 253,3    | 255,6    | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 81819   | a                | 31,3     | 33,3     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 81819   | a                | 49,2     | 52,3     | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 81819   | a                | 56,7     | 59,3     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 81819   | a                | 62,2     | 65,5     | 50            | 15,15           | 54,5             |
| 81819   | a                | 68,5     | 70,8     | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 81819   | a                | 155,8    | 158,3    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 81819   | a                | 168,1    | 170,6    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 81819   | a                | 225,6    | 228,8    | 50            | 15,62           | 56,2             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 81819   | a                | 254,4    | 256,8    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 81819   | a                | 274      | 276,8    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 81819   | m                | 6,9      | 9,2      | 50            | 21,74           | 78,3             |
| 81819   | m                | 13,8     | 17,3     | 50            | 14,29           | 51,4             |
| 81819   | m                | 69,5     | 72,2     | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 81819   | m                | 80,6     | 83,8     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 81819   | m                | 145,7    | 147,6    | 50            | 26,32           | 94,7             |
| 81819   | m                | 165,7    | 168,2    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 81819   | m                | 200,6    | 204,5    | 50            | 12,82           | 46,2             |
| 81819   | m                | 226,9    | 230,1    | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 81819   | m                | 238,9    | 241,8    | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 81819   | m                | 257,5    | 260,1    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122514  | a                | 15,6     | 18,8     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 122514  | a                | 22,3     | 24,3     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 122514  | a                | 29,2     | 31,6     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122514  | a                | 77,4     | 79,8     | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122514  | a                | 84,5     | 86,7     | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 122514  | a                | 116,6    | 119,5    | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 122514  | a                | 138,3    | 140,3    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 122514  | a                | 163,9    | 166,1    | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 122514  | a                | 193,2    | 195,2    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 122514  | a                | 251,6    | 254      | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122514  | m                | 26,4     | 28       | 50            | 31,25           | 112,5            |
| 122514  | m                | 76,2     | 78,8     | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122514  | m                | 101,3    | 105,3    | 50            | 12,50           | 45,0             |
| 122514  | m                | 128,8    | 133,4    | 50            | 10,87           | 39,1             |
| 122514  | m                | 154,7    | 157,8    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 122514  | m                | 183,8    | 185,6    | 50            | 27,78           | 100,0            |
| 122514  | m                | 189,2    | 191,8    | 50            | 19,23           | 69,2             |
| 122514  | m                | 223      | 225,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122514  | m                | 229,9    | 232,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 122514  | m                | 263,9    | 266,3    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 123115  | a                | 9,6      | 11,8     | 50            | 22,73           | 81,8             |
| 123115  | a                | 15,4     | 18,3     | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 123115  | a                | 47,2     | 50,4     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 123115  | a                | 71,2     | 74,9     | 50            | 13,51           | 48,6             |
| 123115  | a                | 103,9    | 107,5    | 50            | 13,89           | 50,0             |

| Video # | Tipo de vehículo | t inicio | t de fin | Distancia (m) | Velocidad (m/s) | Velocidad (km/h) |
|---------|------------------|----------|----------|---------------|-----------------|------------------|
| 123115  | a                | 132,1    | 134,9    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 123115  | a                | 164,7    | 167,8    | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 123115  | a                | 189,5    | 192,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 123115  | a                | 211,5    | 214,5    | 50            | 16,67           | 60,0             |
| 123115  | a                | 247,7    | 250,9    | 50            | 15,62           | 56,2             |
| 123115  | m                | 11       | 14,2     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 123115  | m                | 37,5     | 39,1     | 50            | 31,25           | 112,5            |
| 123115  | m                | 65,7     | 68,5     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 123115  | m                | 142,1    | 144      | 50            | 26,32           | 94,7             |
| 123115  | m                | 170,8    | 174      | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 123115  | m                | 198,6    | 201,5    | 50            | 17,24           | 62,1             |
| 123115  | m                | 206,7    | 209,5    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 123115  | m                | 219      | 221,4    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 123115  | m                | 248,6    | 251,3    | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 123115  | m                | 260,2    | 262,9    | 50            | 18,52           | 66,7             |
| 152623  | a                | 9,8      | 11,8     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | a                | 18       | 20,5     | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 152623  | a                | 25,3     | 29,2     | 50            | 12,82           | 46,2             |
| 152623  | a                | 75,2     | 78,4     | 50            | 15,63           | 56,3             |
| 152623  | a                | 106,3    | 108,7    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 152623  | a                | 146,9    | 150      | 50            | 16,13           | 58,1             |
| 152623  | a                | 170,2    | 172,3    | 50            | 23,81           | 85,7             |
| 152623  | a                | 199,6    | 201,6    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | a                | 223,9    | 226,4    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 152623  | a                | 256,5    | 259,3    | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 152623  | m                | 12,8     | 15,6     | 50            | 17,86           | 64,3             |
| 152623  | m                | 36,8     | 38,8     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | m                | 73,8     | 77,2     | 50            | 14,71           | 52,9             |
| 152623  | m                | 91,5     | 93,5     | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | m                | 117,8    | 120,2    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 152623  | m                | 146,5    | 148,9    | 50            | 20,83           | 75,0             |
| 152623  | m                | 188,2    | 190,2    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | m                | 218      | 221,6    | 50            | 13,89           | 50,0             |
| 152623  | m                | 242,7    | 244,7    | 50            | 25,00           | 90,0             |
| 152623  | m                | 278,1    | 280,6    | 50            | 20,00           | 72,0             |
| 153158  | a                | 2,9      | 6,5      | 50            | 13,89           | 50,0             |