

**INFLUENCIA DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA PESADA EN LA CONGESTIÓN  
VIAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C - COLOMBIA**

**SEBASTIAN RODRIGUEZ DURAN  
COD. 504665  
AMIN EDUWIN CANO TORRES  
COD. 504839**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
BOGOTÁ  
2018**

**INFLUENCIA DE LOS VEHÍCULOS DE CARGA PESADA EN LA CONGESTIÓN  
VIAL DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C - COLOMBIA**

**SEBASTIAN RODRIGUEZ DURAN**

**COD. 504665**

**AMIN EDUWIN CANO TORRES**

**COD. 504839**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Directora**

**YELINCA SALDEÑO MADERO**

**INGENIERA CIVIL**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**BOGOTÁ**

**2018**



## Atribución-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-ND 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-ND 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer un uso comercial de esta obra

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**Sin Obras Derivadas** — No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	10
1.1. ANTECEDENTES.....	12
1.1.1. Evaluación de la ruta de transporte de carga en el corredor de la calle 13 en Bogotá.....	14
1.1.2. Regulación del transporte de carga en Santiago: características, evaluación y propuestas.....	14
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. Descripción y formulación del problema.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. Objetivo general .....	17
1.3.2. Objetivos específicos .....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.5. DELIMITACIÓN .....	18
1.5.1. Espacio .....	18
1.5.2. Tiempo .....	18
1.5.3. Contenido.....	19
1.5.4. Alcance .....	19
1.6. MARCO REFERENCIAL .....	19
1.6.1. Marco teórico. ....	19
1.6.1.1. Flujo medio de vehículos de carga .....	20
1.6.1.2. Flujo promedio diario por corredor.....	20
1.6.1.3. Organización de los flujos y la logística de carga al interior de la ciudad. 21	
1.6.1.4. Infraestructura vial .....	22
1.6.1.5. Sistemas de plataforma logísticas .....	25
1.6.2. Marco conceptual.....	26
1.6.3. Marco legal.....	31
1.7. METODOLOGIA.....	32

1.7.1. Tipo de estudio.....	32
1.7.2. Fuentes de información.....	33
1.8. DISEÑO METODOLOGICO .....	33
2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN LOS PRINCIPALES CORREDORES VIALES DE BOGOTÁ .....	35
2.1. CALLE 13 (CONCESION CCFC) .....	36
2.2. CALLE 80 .....	38
2.2.1. Concesión Sabana de Occidente (Villeta – Bogotá).....	38
2.2.2. Consorcio DEVISAB (Funza – Bogotá).....	40
2.3. RAMAL A SOACHA (CONSORCIO DEVISAB) .....	42
2.4. AUTOPISTA NORTE (CONCESIÓN ACCENORTE) .....	43
3. ANÁLISIS Y MODELACIÓN EN VISSIM DEL TRÁNSITO REAL DE CADA UNO DE LOS CORREDORES VIALES DE BOGOTÁ .....	45
3.1. CALLE 13. TRAMO MOSQUERA – BOGOTÁ .....	46
3.2. CALLE 80. TRAMO VILLETÁ – BOGOTÁ.....	48
3.3. CALLE 80. TRAMO FUNZA – BOGOTÁ .....	51
3.4. RAMAL A SOACHA. TRAMO MOSQUERA - SOACHA.....	54
3.5. AUTOPISTA NORTE. TRAMO CHIA – BOGOTÁ .....	56
4. PROPUESTA TECNICA PARA MITIGAR EL IMPACTO DE LA CONGESTION QUE EJERCEN LOS TRACTO CAMIONES ARTICULADOS DE CARGA PESADA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	59
4.1. IMPLEMENTACION DE PUERTO SECO A LAS AFUERAS DE BOGOTÁ	59
4.1.1. Ubicación y especificaciones del puerto seco .....	62
4.1.2. Plan de manejo de mercancías .....	65
4.1.2.1. Restricción vehículos articulados a la ciudad de Bogotá .....	65
4.1.2.2. Modificación de volúmenes de transito efectuando la restricción de vehículos de carga articulados.....	67
4.1.2.3. Estrategias y requerimientos de distribución de mercancías.....	70
4.2. DISTRIBUCION DE MERCANCIAS EN HORARIO NOCTURNO .....	70
5. ANALISIS Y COMPARACION DE LOS RESULTADOS APLICANDO LA RESTRICCION DE LOS VEHICULOS DE CARGA.....	73
5.1. CALLE 13. TRAMO MOSQUERA – BOGOTÁ .....	73

5.2.	CALLE 80. TRAMO VILLETA – BOGOTÁ.....	74
5.3.	CALLE 80. TRAMO FUNZA – BOGOTÁ .....	75
5.4.	RAMAL A SOACHA. TRAMO MOSQUERA SOACHA .....	76
5.5.	AUTOPISTA NORTE. TRAMO CHIA – BOGOTÁ .....	77
6.	CONCLUSIONES.....	80
7.	RECOMENDACIONES .....	82
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	ANEXOS.....	87
	A.1. ENCUESTAS .....	87
	A.1.1. Encuesta ciudadanos. ....	87
	A.1.2. Encuesta conductores.....	89
	A.2. Cronograma de actividades .....	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de UPZs de Bogotá.....	11
Figura 2 Delimitación de zonas de circulación y restricción para vehículos de transporte de carga en la ciudad de Bogotá D.C .....	13
Figura 3 Viajes en vehículos de carga en Bogotá al día .....	20
Figura 4 Volumen vehicular diario por corredor en Bogotá.....	21
Figura 5 Conteos de tráfico en estaciones maestras .....	22
Figura 6 Zona 1. Libre circulación de vehículos de carga .....	23
Figura 7 Zona 2. Restricción de vehículos mayores a 7 toneladas.....	24
Figura 8 Zona 3. Restricción de vehículos mayores a 17.45 toneladas.....	24
Figura 9 Zona 4. Restricción de vehículos hasta 3.5 toneladas.....	25
Figura 10 Camión tractor o tracto camión.....	26
Figura 11 Semirremolque .....	26
Figura 12 Remolque de dos ejes .....	27
Figura 13 Tracto camión articulado.....	27
Figura 14 Corredor vial .....	28
Figura 15 Eje simple .....	29
Figura 16 Eje tándem.....	29
Figura 17 Eje tridem.....	30
Figura 18 Sobrecarga en tracto camión.....	30
Figura 19 Congestión vehicular por tracto camiones .....	31
Figura 20 Puerto seco.....	31
Figura 21 Categorías para cobro de peaje .....	35
Figura 22 Clasificación categorías según ejes.....	35
Figura 23 Tramo Concesión CCFC.....	36
Figura 24 Tramo concesión Sabana de Occidente .....	38
Figura 25 Tramo consorcio DEVISAB.....	40
Figura 26 Tramo concesión ACCENORTE .....	43
Figura 27 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 13).....	46
Figura 28 Calle 13 - Modelo PTV Vissim con Tránsito real.....	47
Figura 29 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 80) - Villeta.....	49
Figura 30 Calle 80 (Villeta) - Modelo PTV Vissim con Tránsito real.....	50
Figura 31 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 80) - Funza.....	51
Figura 32 Calle 80 (Funza) - Modelo PTV Vissim con Tránsito real .....	52
Figura 33 Unión tránsito Villeta y Funza (Siberia).....	53
Figura 34 Gráfico tránsito vs hora (Ramal a Soacha) .....	54
Figura 35 Ramal a Soacha - Modelo PTV Vissim con Tránsito real .....	55
Figura 36 Gráfico tránsito mixto vs hora (Autopista norte).....	56
Figura 37 Autopista norte - Modelo PTV Vissim con Tránsito real.....	57
Figura 38 Toneladas movilizadas por destino.....	59

Figura 39 Flujos de movimiento de carga en Colombia .....	60
Figura 40 Ubicación puerto seco. ....	62
Figura 41 Localización específica .....	63
Figura 42 Render vista general.....	63
Figura 43 Render vista exterior.....	64
Figura 44 Render punto descargue .....	64
Figura 45 Comparación espacio ocupado por vehículo de carga y vehículo particular .....	65
Figura 46 Emisiones vehículos .....	66
Figura 47 Tipos y dimensiones de vehículos de carga. ....	68
Figura 48 Circulación prohibida para vehículos de carga articulados .....	70
Figura 49 Gráfico vehículos articulados vs hora (Todos los corredores) .....	71
Figura 50 Calle 13 - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados .....	73
Figura 51 Calle 80 (Villeta) - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados.....	74
Figura 52 Calle 80 (Funza) - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados.....	75
Figura 53 Ramal a Soacha - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados.....	76
Figura 54 Autopista norte - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados.....	77
Figura 55 Pregunta 1 - Encuesta ciudadanos.....	87
Figura 56 Pregunta 2 - Encuesta ciudadanos.....	88
Figura 57 Pregunta 3 - Encuesta ciudadanos.....	89
Figura 58 Pregunta 1 - Encuesta conductores.....	90
Figura 59 Pregunta 2 - Encuesta conductores.....	90
Figura 60 Pregunta 3 - Encuesta conductores.....	91
Figura 61 Pregunta 4 - Encuesta conductores.....	91
Figura 62 Pregunta 5 - Encuesta conductores.....	92



## INDICE DE TABLAS

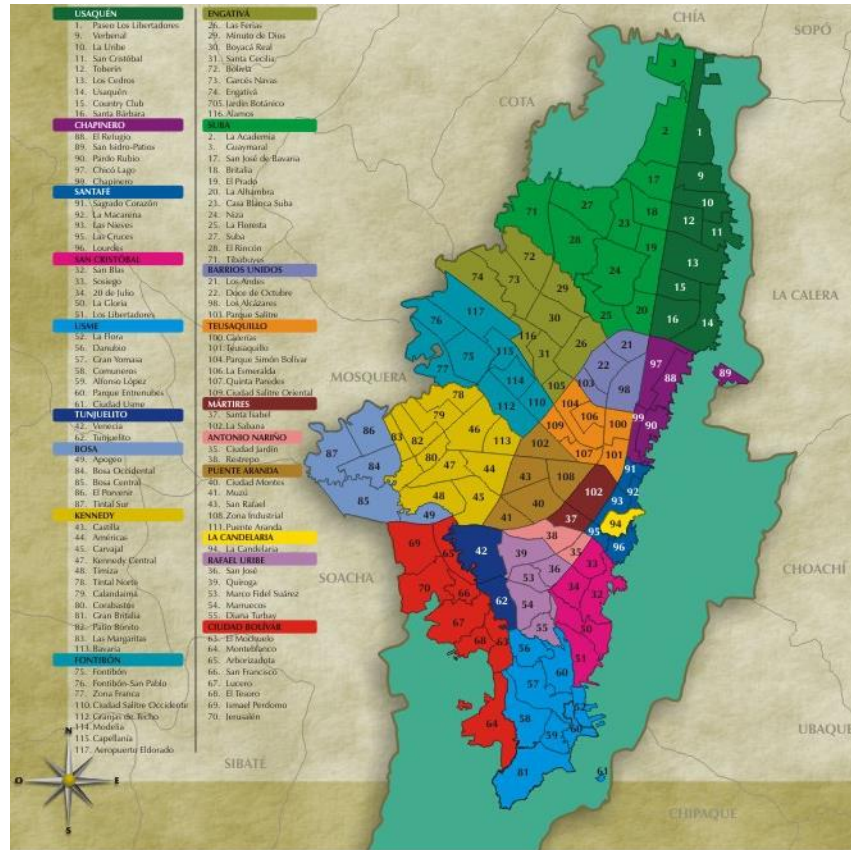
Tabla 1. TPD Calle 13 (Estación Río Bogotá) Mosquera – Bogotá.....	37
Tabla 2. TPD Calle 80 (Estación Siberia) Villeta - Bogotá .....	39
Tabla 3. TPD Calle 80 (Consortio DEVISAB) Funza – Bogotá .....	41
Tabla 4. TPD Ramal a Soacha (Consortio DEVISAB) Mosquera – Soacha .....	42
Tabla 5. TPD Autopista Norte (Concesión ACCENORTE) Chía – Bogotá.....	44
Tabla 6 Tipo de vehículo para PTV VISSIM .....	45
Tabla 7 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Calle 13 .....	47
Tabla 8 Resultados PTV VISSIM (Calle 13) .....	48
Tabla 9 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Calle 80 - Villeta .....	49
Tabla 10 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Villeta).....	50
Tabla 11 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM) - Calle 80 - Funza.....	52
Tabla 12 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Funza) .....	53
Tabla 13 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Ramal a Soacha.....	54
Tabla 14 Resultados PTV VISSIM (Ramal a Soacha) .....	55
Tabla 15 Resultados PTV VISSIM (Autopista Norte) .....	58
Tabla 16 Resultados PTV Vissim (Calle 13) Equivalencia de vehículos. ....	69
Tabla 17 Resultados PTV VISSIM (Calle 13) - Sin carga .....	74
Tabla 18 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Villeta) Sin carga.....	75
Tabla 19 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Funza) Sin carga .....	76
Tabla 20 Resultados PTV VISSIM (Ramal a Soacha) Sin carga .....	77
Tabla 21 Resultados PTV VISSIM (Autopista Norte) Sin carga .....	78
Tabla 22 Cuadro comparativo - Mitigación de Impacto.....	79
Tabla 23 Cronograma de actividades .....	93

## 1. GENERALIDADES

En la ciudad de Bogotá se vive a diario el problema de la congestión debido al alto flujo vehicular que se ocasiona tanto en las horas de la mañana como en las horas de la tarde, donde se evidencia la necesidad de movilizarse y transportar mercancías, de tal forma que es necesario evaluar nuevas estrategias de organización del transporte. Uno de los principales factores que origina la congestión en la ciudad de Bogotá son los vehículos de carga pesada ya que estos deben transportar cargas de grandes pesos y dimensiones, por tal motivo estos vehículos desarrollan bajas velocidades, las cuales generan dificultades en la movilidad y maniobrabilidad inmerso en el tráfico denso y la presencia de vehículos tipo motocicleta y bicicleta que incrementan el riesgo de accidentalidad por las dificultades en la visibilidad desde el sitio del conductor de estos vehículos de carga; la organización logística para el cargue y descargue de las mercancías y productos para comercio, en ocasiones generan complicaciones adicionales en la movilidad misma por el uso de las vías públicas para el cargue y descargue en horarios en los que se requieren las vías para la movilidad masiva. El deterioro acelerado de las vías y las características actuales de la malla vial existente por donde circulan este tipo de vehículos, hacen que las complicaciones para la movilidad sean cada vez más evidentes; donde se observa el principal problema es en el corredor de la calle 13 en el ingreso a la ciudad por el occidente de la capital, se registra un volumen aproximado de 15.000 camiones que se movilizan por el corredor en el sector (Universidad de los Andes - Camara de Comercio de Bogota, 2016).

Bogotá está compuesta por 117 Unidades de Planeación Zonal (UPZ) las cuales tienen como función servir de unidades territoriales o sectores para planificar el desarrollo urbano en el nivel zonal (Secretaria de Planeacion de Bogota) de las cuales 16 de estas 117 UPZ representan el 50% de los viajes de carga de la ciudad (Universidad de los Andes - Camara de Comercio de Bogota, 2016).

Figura 1 Mapa de UPZs de Bogotá



Fuente: Secretaría de planeación (<http://www.sdp.gov.co/PortalSDP>)

El tema de la movilidad como problemática tiene como elementos de importancia los vehículos de carga articulados, que en Bogotá son un elemento de gran importancia en el desarrollo económico. En este sentido el proceso corresponde a uno de los principales medios de distribución y transporte de mercancías, por lo cual el crecimiento poblacional y económico de la ciudad ha aumentado en la cantidad de mercancía que llega y se distribuyen en su interior. Atribuyendo el aumento de estos vehículos, necesarios para suplir la gran demanda de transporte, es pertinente que se identifiquen las estrategias de estructuración de un modelo de ingeniería de tránsito para suplir las debilidades que se identifiquen (Ministerio de Transporte, 2008).

Actualmente las entidades competentes han desarrollado propuestas de proyecto de transporte de carga, las cuales consisten básicamente en la restricción de movilidad de estos vehículos teniendo en cuenta horarios y lugares de concentración donde se movilicen, esto con el fin de mitigar los problemas de congestión en las diferentes zonas de la ciudad. En el trabajo se abordarán los temas más importantes y relevantes de la problemática; teniendo en cuenta los

estudios previos, la recolección y clasificación de información necesaria para el desarrollo de una propuesta técnica que busque la mitigación del impacto en la congestión ocasionada por los vehículos de carga articulados. Del mismo modo, mediante el análisis de estas condiciones que se presentan actualmente, se espera generar una propuesta técnica de ingeniería de tránsito que oriente planes de administración vial y construcción de infraestructura que permita mitigar el impacto que los vehículos de carga pesada generan en la movilidad de la ciudad.

## **1.1. ANTECEDENTES**

El estudio que se ha realizado en la última década debido al constante crecimiento económico de la región, respecto a la congestión que generan los camiones articulados en las vías principales y secundarias al interior de la ciudad como en los principales corredores viales que la conectan con el resto del país, se ha ido desarrollando con el fin de plantear propuestas que permitan mejorar la movilidad en la ciudad, sin embargo, las autoridades competentes no las han llevado a cabo y algunas estrategias no han sido suficientes por la alta demanda de vehículos de carga pesada que circulan actualmente.

La secretaria distrital de movilidad dispone de un banco distrital de programación y proyectos que indica el estado en el que se encuentran propuestas con las que se busca mejorar las condiciones de circulación. En cuanto al transporte de carga se establecen metas, entre las cuales se encuentran los siguientes: Desarrollo del estudio de factibilidad técnica y financiera, del subsistema de zonas de actividad logística para manejo de carga en Bogotá y la sabana, promover y estructurar vías para el transporte, realizar y promover la implementación de centros integrados de mercancías y corredores de movilidad para el tránsito de vehículos de carga y plan piloto para el ordenamiento logístico de la carga de Bogotá (Movilidad, 2017).

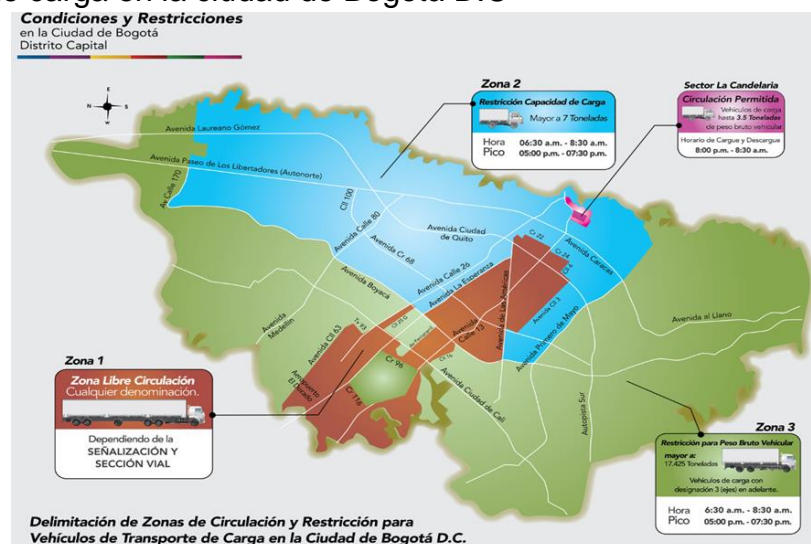
De acuerdo a un proyecto de investigación realizado en el año 2013 por Diego Castro y Estefanía Trujillo, se realiza una comparación acerca de los avances logísticos logrados en Chile con las propuestas no ejecutadas de este tema en Colombia, colocando como ejemplo el proyecto del puerto seco CENCAR (Compañía Central de Carga) ubicado en el departamento del Valle del Cauca para trabajar a fin con el puerto de Buenaventura. Este proyecto no se consolidó, funcionando como un terminal de carga mas no como un puerto seco ya que de sus  $550.000m^2$  proyectados solo se construyeron  $200.000m^2$  cumpliendo una función respecto al almacenamiento que aunque ofrece condiciones de mejoramiento, no ha sido la suficiente para suplir la demanda de la movilidad de la carga en la ciudad (Castro Camargo, y otros, 2013).

Chile ha presentado un modelo de gestión logística importante en Latinoamérica respecto al crecimiento, estabilidad y competitividad a nivel internacional.

Actualmente cuenta con un puerto seco en la ciudad de los Andes atrayendo beneficios al país y a la ciudad, ya que antes de la construcción de este puerto se generaban molestias debido a la congestión y demoras por efecto de los tiempos de espera. Se logró mitigar este impacto de congestión y la organización adecuada del transporte de carga articulado, facilitando también las inspecciones respectivas de los servicios públicos reunidos en este puerto como el Servicio Nacional de Aduanas, el Servicio Agrícola y Ganadero y la Secretaria Regional Ministerial de Salud (Castro Camargo, y otros, 2013).

Al considerar que en Colombia y más específicamente para la ciudad de Bogotá no cuenta con infraestructura urbana necesaria para la organización logística que conlleva la construcción de un puerto seco, la secretaria distrital de movilidad decidió implantar restricciones a estos vehículos mediante el decreto 520 de 2013; en la imagen 1 se observaran las principales restricciones en cuanto a peso y hora de entrada a la ciudad, teniendo en cuenta la zonificación de la ciudad de Bogotá.

Figura 2 Delimitación de zonas de circulación y restricción para vehículos de transporte de carga en la ciudad de Bogotá D.C



Fuente: Secretaria Distrital de Movilidad. (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

La Secretaria de Movilidad delimitó las zonas de circulación y restricción para vehículos de transporte de Bogotá siendo distribuida en 4 zonas las cuales cada una de ellas tiene un tipo de restricción diferente identificándose cada una generalmente a continuación:

- Zona 1: Zona de libre circulación sin restricción de horarios y peso.
- Zona 2: Restricción de capacidad de carga hasta 7 Ton.
- Zona 3: Restricción para peso bruto vehicular mayor a 17.42 Ton.

- Sector La candelaria: Circulación permitida para vehículos de carga hasta de 3.5 Ton de peso bruto vehicular (Secretaria Distrital de Movilidad).

A continuación, se presentan algunos estudios que se han hecho relacionados con la congestión por camiones de carga.

#### **1.1.1. Evaluación de la ruta de transporte de carga en el corredor de la calle 13 en Bogotá.**

De acuerdo a Edison Amado y David Capador donde evalúan la ruta de transporte de carga en el corredor de la 13 en Bogotá, se tuvieron aspectos determinantes para el estudio de tránsito como: las características de los vehículos, cantidad, peso y distribución en la superficie del pavimento. Como alternativas a corto plazo se hace referencia a la demarcación vial para que el usuario tenga conocimiento de las áreas en que se pueden transitar sin infringir las normas de tránsito, también la prohibición de parqueo de tracto-camiones en el andén con el fin de subterranizar las redes de energía y teléfono, cargue y descargue de obras aledañas en hora pico, dar prioridad al ancho del andén para comodidad del peatón y establecer un criterio unificado para la construcción. Como alternativas a mediano plazo se estableció el mejoramiento del pavimento, de acuerdo a la auscultación de este realizada en el corredor vial reflejándose las grandes irregularidades que hay en la capa asfáltica. Como alterativas a largo plazo se plantea las propuestas de construir la continuación de la Av. Las Américas descongestionando el tráfico por vehículos que vienen del Sur de Bogotá; otra propuesta es la construcción de la continuación de la Av. La Esperanza empalmando con la vía Funza-Cota realizándose un puente elevado dándole la continuidad del flujo vehicular hacia el occidente (Amado Pàez, y otros, 2016).

#### **1.1.2. Regulación del transporte de carga en Santiago: características, evaluación y propuestas.**

El transporte de carga genera dificultades dentro de la ciudad de Santiago (Chile) lo que los lleva a proponer un Plan de Transporte Urbano que incluye una serie de medidas para mitigar las externalidades que causan los camiones (Diaz, y otros, 2003). Cuando se habla de externalidades hace referencia a la comparación de la congestión, costos sociales involucrados en el transporte y la eficiencia que conlleva este transporte (Amado Pàez, y otros, 2016). Congestión que según Button y Pearman (1981) define como todo vehículo, los de carga disminuyen la velocidad del tráfico en la ciudad sin internalizar el costo que supone retrasar a todo el resto de los vehículos (Button, et al., 1981).

Este plan consiste en complementar las actuales normas que restringen el transporte de carga urbana en Santiago con una serie de medidas propuestas en el “Plan”. Las medidas más relevantes que afectan directamente al transporte de carga son:

- Restringir la utilización de la red vial urbana por medio de jerarquizar las vías: el cual se compone por tres zonas denominadas Red Vial, que dependiendo de sus características se restringirá el uso de la malla vial para el transporte de carga.
- Profundizar la regulación y el control de las operaciones de carga y descarga: contempla un mayor grado de control del estacionamiento en las vías, incluyendo el diseño de vías y señalización.
- Incentivar los centros de acopio y de transferencia de carga: el Plan propone incentivar el establecimiento de centros de transferencia y consolidación de carga en las afueras de la ciudad para enfrentar los costos externos impuestos por las actividades de distribución (Díaz, y otros, 2003).

Como conclusión después de poner en marcha el plan, se encuentra que en lo que se refiere al transporte de carga, no altera sustancialmente lo existente, también teniendo en cuenta que la gran mayoría de camiones que circulan en la ciudad son de dimensión similar a los buses de transporte público, además que estos generan menos viajes que los buses (Díaz, y otros, 2003).

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Descripción y formulación del problema**

La congestión vehicular en la ciudad de Bogotá ha sido un tema de discusión a lo largo de las últimas dos décadas y a medida del crecimiento poblacional de la capital colombiana y sus alrededores, el aumento de vehículos, la necesidad del ciudadano de movilizarse y de transportar productos o carga, ha involucrado utilizar distintos tipos de vehículos variando sus dimensiones, velocidades y capacidades. Estos factores son importantes al evaluar la movilidad de la ciudad, puesto que los vehículos de carga pesada, y en especial los vehículos articulados, por sus capacidades, sus dimensiones y su conflicto para la operación ágil, que redundan en bajas velocidades, juegan un papel importante al momento de tener en cuenta un estudio de tránsito. El análisis de los factores mencionados, según la ingeniería de tránsito, complementan un plan maestro de la ciudad de Bogotá dispuesto por la secretaria distrital de movilidad, que expone los problemas más comunes, relacionados con la operación del tránsito y el transporte detectados en las distintas localidades (Plan Maestro de Movilidad), relacionados al transporte de carga los

más relevantes, dicho problema contempla:

- Estacionamiento en calzada.
- Estacionamiento en andenes.
- Tráfico pesado.
- Vías en mal estado.
- Cargue y descargue no autorizado.
- Grandes dimensiones.
- Contaminación en la vía a la hora del descargue y durante el transporte.
- Bajas velocidades.
- Altos índices de accidentalidad.
- Aumento en los tiempos de recorrido de los ciudadanos.
- Contaminación ambiental

Con el fin de mitigar los efectos de las situaciones mencionadas, que plantean la movilidad como una problemática y que demuestran condiciones de impacto en la operación y uso adecuado de las ciudades, se plantea como mecanismos:

- En conjunto con la Policía Metropolitana de Tránsito se desarrollan operativos de control de espacio público y desarrollo de campañas informativas que orienten a transportadores y empresas transportadoras acerca del uso adecuado del espacio público, horarios y lugares específicos de cargue y descargue de mercancías.
- Reuniones con comerciantes.
- Información de normas a transportadores (Plan Maestro de Movilidad).

Este tipo de acciones han resultado ineficientes lo que generó la necesidad de crear restricciones a vehículos de carga pesada rígidos y articulados (Decreto 520 de 2013), sin embargo, estas medidas aun no son suficientes para mitigar el impacto de la congestión en la ciudad lo que conlleva a buscar soluciones alternativas (Alcaldía de Bogotá, 2013).



### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Elaborar una propuesta técnica que permita mitigar el impacto de la congestión vehicular que ejercen los vehículos de carga pesada en la ciudad de Bogotá.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Clasificar los datos obtenidos de entrada y salida de los vehículos de carga articulados facilitado por las concesiones respectivas a las entradas más importantes de la ciudad de Bogotá.
- Realizar un análisis vehicular, demostrando el alto flujo vehicular en las zonas de mayor importancia en cuanto a la congestión ocasionada por estos vehículos.
- Plantear estrategias técnicas para la evacuación de los vehículos de carga de la ciudad de Bogotá, con el fin de mejorar la movilidad en la misma.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

El trabajo de investigación surge con el fin de evaluar si el ingreso de los tracto camiones articulados cargados por los corredores viales más importantes de la ciudad de Bogotá D.C, los cuales conectan con el resto del país, y la movilización de estos vehículos dentro de la ciudad, son una de las principales razones por las cuales se presentan problemas de congestión vehicular. Para llevar a cabo este estudio se solicitó información general del tránsito de vehículos que ingresan por cada corredor vial con las respectivas concesiones con el fin de desarrollar el respectivo tratamiento de estos datos y tabularlos en el software de tránsito Vissim, esta herramienta permite realizar una simulación multimodal en la cual se analizan las diferentes variables permitiendo comparar el flujo vehicular con la presencia de los tracto camiones articulados y sin ellos.

Debido al crecimiento económico a nivel regional que se ha presentado en las últimas décadas, el uso del transporte de carga terrestre se ha ido implementando con más regularidad o frecuencia para suplir la demanda de mercancías de importación y exportación, sin embargo la capacidad de las vías para soportar estos volúmenes de tránsito han dado como resultado reducciones de las velocidades de operación y accidentes por la reducida visibilidad para los conductores. Se hace énfasis en los tracto camiones articulados de las categorías cinco, seis y siete, ya que las dimensiones la carga que transportan son amplias

El constante aumento de la economía y la industrialización del país ha generado que la concentración de transporte de carga pesada aumente en la ciudad de Bogotá por ser una de las principales ciudades, sin embargo, el desarrollo que ha presentado en temas de infraestructura vial y logística, no ha podido suplir la necesidad de tal forma que no genere esta problemática. Por otra parte se han creado una serie de restricciones con el fin de mitigar el impacto de estos vehículos en la congestión vehicular pero estas no se cumplen ya que hace falta capacitación para los transportadores y coordinación con los principales puntos de descargue.

## **1.5. DELIMITACIÓN**

### **1.5.1. Espacio**

El área de estudio es la totalidad de la ciudad de Bogotá y sus alrededores, haciendo énfasis en los principales corredores y salidas de Bogotá, abarcando las salidas del Sur, Norte, Oriente y Occidente de la ciudad apoyándonos de las concesiones viales las cuales suministraron la información necesaria para clasificar y analizar los lugares de mayor concentración y movilización de estos vehículos para de esta forma demostrar la influencia de estos vehículos dentro de la ciudad. Priorizando la entrada de la Calle 13 ya que es el corredor con más flujo de vehículos de carga donde las restricciones por parte del Ministerio de transporte son mínimas.

Concesiones:

- Concesión CCFC: corredor de la Calle 13 (Mosquera – Bogotá).
- Concesionaria del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB: corredor de la Calle 80 (Funza – Bogotá) y corredor vial Calle 80 (Mosquera – Soacha).
- Concesión Sabana de Occidente S.A.S: corredor de la Calle 80 (Villeta – La Vega – Bogotá).
- Concesionario AcceNorte: corredor de la Autopista Norte (Chía – Bogotá).

### **1.5.2. Tiempo**

Las actividades a desarrollar este trabajo de grado se encuentran ilustradas en el cronograma de actividades (Ver anexos)

### **1.5.3. Contenido**

El documento contiene información del análisis de la influencia de los tracto camiones articulados de carga pesada, mediante el uso del software (Vissim), con el cual se desarrolla la modelación del tránsito para cada uno de los corredores viales, por medio de las herramientas que brinda el software se evidencia el comportamiento del tránsito teniendo en cuenta los TPD de los vehículos de carga pesada y por otra parte se aplica la estrategia de la restricción total de estos vehículos por los diferentes corredores, con el fin de obtener de forma gráfica y numérica, datos que permitan demostrar la influencia que generan en la congestión vial. Por otra parte basándose en estudios y proyectos realizados en otras ciudades, se plantean posibles soluciones técnicas las cuales servirán como base para sustentar estudios de esta variable en otros campos de investigación, con el fin de mejorar la movilidad en la ciudad de Bogotá.

### **1.5.4. Alcance**

El proyecto hace énfasis en uno de los principales factores que influyen en la congestión vehicular, el cual es la circulación de vehículos articulados de carga pesada en la ciudad de Bogotá. Para el estudio de este factor se recopila información del tránsito promedio diario de las estaciones que se encuentran en los principales accesos a la ciudad, evaluándose principalmente la cantidad de vehículos que ingresan en un lapso de 24 horas.

Obteniendo estos datos se hace uso de un software de modelación de tránsito con el fin de demostrar gráfica y numéricamente el comportamiento que presenta el tránsito, teniendo en cuenta todas las categorías de vehiculares (Véase Figura 22) y cuando se hace restricción de los vehículos de las categorías V, VI y VII. A partir de estos resultados se analizara cuál de los dos casos presenta una mayor influencia en la congestión vehicular y se propondrán soluciones técnicas que busquen mitigar el impacto llegado el caso que sea viable restringir el acceso de vehículos de carga pesada a la ciudad.

## **1.6. MARCO REFERENCIAL**

### **1.6.1. Marco teórico.**

De acuerdo al plan maestro de movilidad para Bogotá, donde se hace alusión al transporte de carga por los niveles de congestión, ya que el volumen de vehículos que ingresan, salen y circulan dentro de la ciudad con el fin de transportar y distribuir mercancías, se plantea que aproximadamente 60 mil vehículos distribuyen en miles

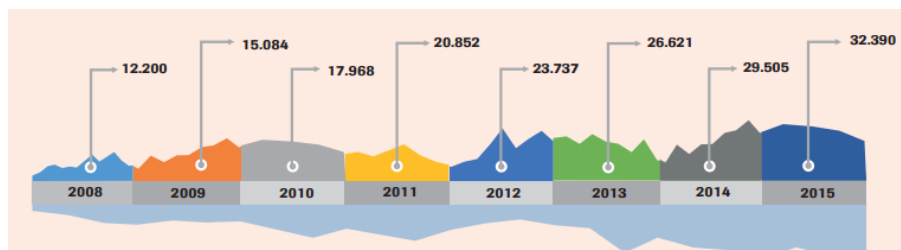
de lugares de la ciudad con el fin de satisfacer las necesidades del usuario final, sin embargo, estas actividades se llevan a cabo con una limitada regulación y practicas adecuadas. (Plan Maestro de Movilidad).

Con base al diagnóstico que se presentó, el Distrito Capital tiene la necesidad de tomar decisiones las cuales mejoren las condiciones de circulación por la malla vial y disminuya los efectos adversos que se asocian a costos por traslados más largos, crecimiento constante del parque automotor, congestión, entre otros. (Secretaria Distrital de Movilidad, 2016).

#### 1.6.1.1. Flujo medio de vehículos de carga

Este es un tipo de indicador que permite representar el valor promedio de los vehículos que ingresan y salen de la ciudad de Bogotá y el departamento de Cundinamarca diariamente. Para el 2015 en la zona analizada se planteó como resultado el movimiento de carga de aproximadamente 49.800 viajes diarios (véanse Figuras 2 y 3), con 65% generado por Bogotá para salida y entrada de vehículos, en comparación con Cundinamarca con 35% de viajes para el mismo período. Esto se refleja por la gran concentración de población en la ciudad que demanda mayor porcentaje de productos, bienes y servicios. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016)

Figura 3 Viajes en vehículos de carga en Bogotá al día

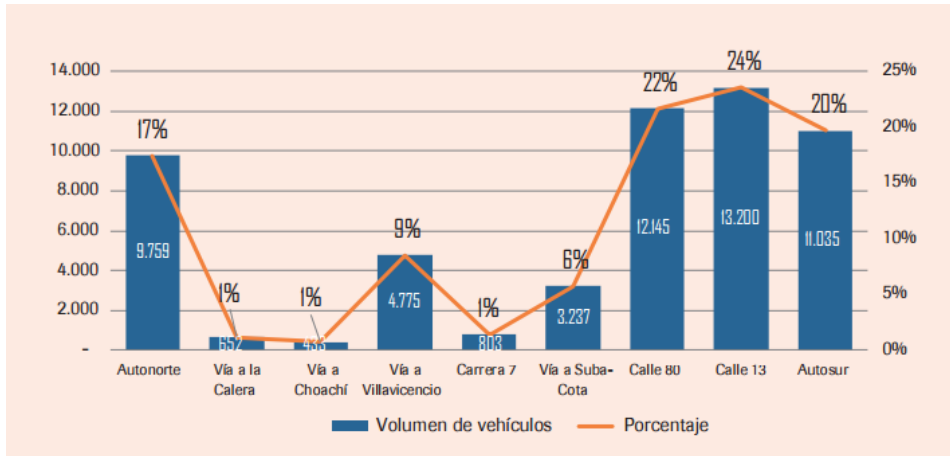


Fuente: Secretaria de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

#### 1.6.1.2. Flujo promedio diario por corredor

Representa el flujo promedio diario de vehículos por los principales corredores viales de Bogotá como lo son la Calle 13, Calle 80, Autopista Sur y las Autopista Norte representando un 83% de la movilidad de transporte de carga. En la figura 4 se evidencia el comportamiento del flujo medio diario de los corredores principales y los municipios cercanos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

Figura 4 Volumen vehicular diario por corredor en Bogotá

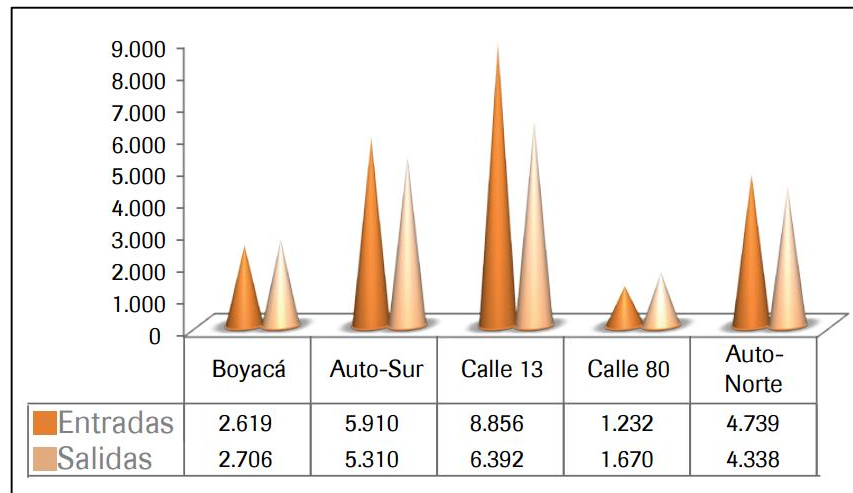


Fuente: Secretaría de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

### 1.6.1.3. Organización de los flujos y la logística de carga al interior de la ciudad.

Bogotá y los municipios colindantes son uno de los principales receptores de carga terrestre del país, generando cerca de 11 millones de toneladas anuales y recibiendo una cantidad similar, equivalente al 15% del total de carga del país. En la figura 5 se presentan los volúmenes de entrada y salida de camiones a la ciudad obtenidos por medio de los datos de las estaciones maestras de los principales corredores viales entre los cuales se destaca el corredor de la calle 13, por el que se movilizan diariamente cerca de 15.000 camiones. Además, los vehículos de carga recorren diariamente cerca de dos millones de kilómetros en las vías de la ciudad (Universidad de los Andes - Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

Figura 5 Conteos de tráfico en estaciones maestras



Fuente: Secretaria de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

#### 1.6.1.4. Infraestructura vial

La información base con la cual se hace el análisis de la infraestructura de las vías proviene del Gobierno Distrital y el Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbano Regional de la Secretaria de Movilidad en la que se tuvieron en cuenta dos variables en especial las cuales fueron la red disponible para el transporte de carga enfocada en las zonas habilitadas para este fin y las condiciones de la red vial de acuerdo a las infraestructuras viales que posibilitan las mercancías en la ciudad (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

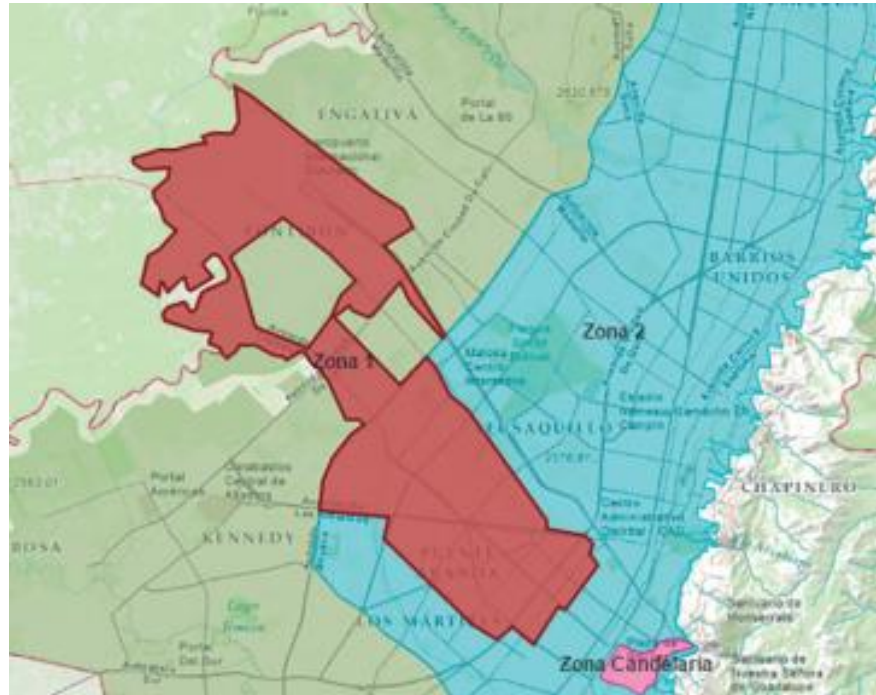
El indicador de red de transporte de carga plantea los horarios habilitados y las zonas para la circulación de vehículos de carga de acuerdo a su tipología. A continuación se describen cuatro zonas de circulación de vehículos de carga en Bogotá. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

**La zona 1**, identifica la zona libre de circulación de transporte, donde puede transitar cualquier vehículo de carga durante 24 horas y se compone por las siguientes áreas:

- Unidades de Planeamiento Zonal: Zona Franca, Granjas de Techo, Fontibón San Pablo, Capellanía y Aeropuerto Eldorado. Por la Avenida Boyacá entre la Avenida Calle 13 y la Avenida Calle 26, se permite la libre circulación, para el acceso a las UPZ Capellanía y UPZ Aeropuerto Eldorado.
- Montevideo, Puente Aranda, Zona Industrial y Cundinamarca: Avenida Boyacá por la Avenida de la Esperanza —Avenida de la Esperanza al oriente—, Avenida de las Américas al oriente, Troncal NQS al sur, Avenida Calle 3 al occidente, Avenida

Carrera 68 al norte, Avenida de las Américas al occidente hasta la Avenida Boyacá.  
- Paloquemao, Ricaurte: Avenida NQS con Calle 23 al oriente, Carrera 22 al sur, Calle 13 al occidente, Carrera 24 al sur, Avenida Sexta al occidente hasta la Troncal NQS. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

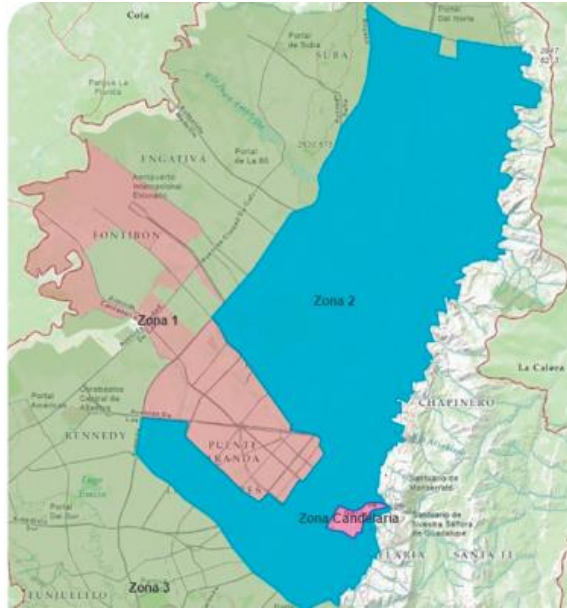
Figura 6 Zona 1. Libre circulación de vehículos de carga



Fuente: Secretaria de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

**La zona 2**, representada por el color azul (véase Ilustración 4), identifica la circulación de vehículos de carga menores a 7 toneladas, y se compone del siguiente perímetro: — Norte: Avenida Calle 170. — Occidente: Avenida Boyacá o Carrera 72. — Sur: Avenida Primero de Mayo o Calle 22 sur. — Oriente: Límite oriental de la ciudad. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

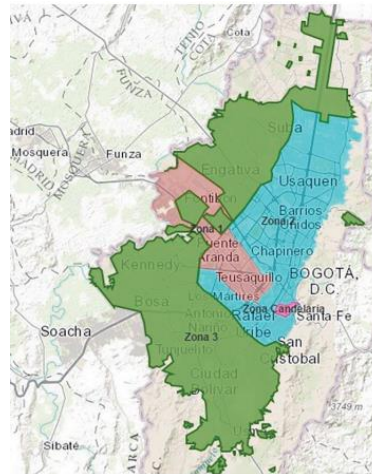
Figura 7 Zona 2. Restricción de vehículos mayores a 7 toneladas



Fuente: Secretaria de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

**La zona 3**, de circulación para vehículos de carga menores a 17,45 toneladas de tres ejes. Esta zona cubre el área urbana de la ciudad incluyendo el sector de Toberín, exceptuado de la zona 2, y que está delimitado por la Calle 170, Carrera 16 al sur, Calle 164, Carrera 20 al norte y Calle 170 (incluidos estos límites en la zona). (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

Figura 8 Zona 3. Restricción de vehículos mayores a 17.45 toneladas



Fuente: Secretaria de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)



**La zona 4**, de circulación para vehículos de carga menores a 3,5 toneladas, y corresponde a la localidad de La Candelaria. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2016).

Figura 9 Zona 4. Restricción de vehículos hasta 3.5 toneladas



Fuente: Secretaría de movilidad (<http://www.movilidadBogotá.gov.co/>)

#### **1.6.1.5. Sistemas de plataforma logísticas**

Debido al constante crecimiento poblacional y la evolución del espacio urbano, ha traído como consecuencia que las industrias se desplacen al exterior de la ciudad, la Administración Distrital contrató el “Estudio de Centros de Actividad Logística de Carga de Bogotá (CALCAB)”. De acuerdo al estudio que se hizo se proponen el desarrollo integral de plataformas que apoyen los procesos logísticos de las empresas de Bogotá y sus alrededores, ayudando a la organización de los flujos de carga. (Universidad de los Andes - Camara de Comercio de Bogota, 2016).

Con esta propuesta concibe con una visión global de los procesos logísticos de la ciudad, con un conjunto de obras y servicios articulados entre sí, las cuales cuenten con vías de conexión óptimas. Se basa en tres pilares para una exitosa puesta en marcha, los cuales se nombran a continuación:

- Concebir centros de distribución urbanos como elemento estructural de logística.
- Enfoque en establecer política clara y consensual del transporte de carga.
- Avances normativos que sigan un proceso evolutivo en relación a la logística. (Universidad de los Andes - Camara de Comercio de Bogota, 2016)

### 1.6.2. Marco conceptual.

A continuación se presenta una descripción de los conceptos teóricos con el fin de identificarlos en el desarrollo del trabajo de investigación.

- **Camión tractor:** También llamado tracto camión Vehículo automotor destinado a arrastrar uno o varios semirremolques o remolques, equipado con acople adecuado para tal fin (Glosario Ministerio de transporte).

Figura 10 Camión tractor o tracto camión.



Fuente: DE CAMIONES (<http://decamiones.com/camion-tractor.php>)

- **Semirremolque:** Vehículo no motorizado con capacidad superior a dos toneladas, destinado a ser halado por un tracto-camión sobre el cual se apoya y le transmite parte de su peso. (Ministerio de transporte-Resolución 13791 de 1988, 1988)

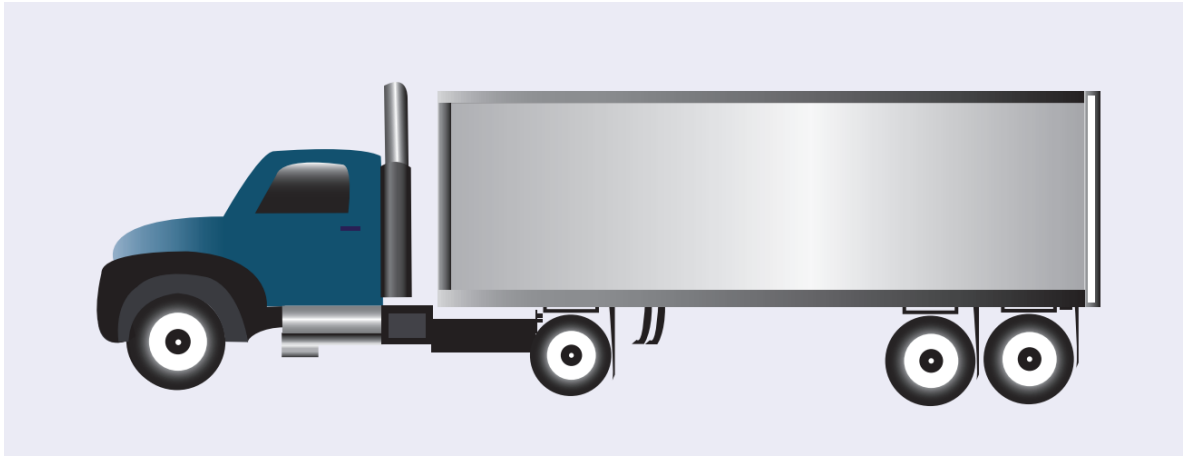
Figura 11 Semirremolque



Fuente: CORMETAL (<http://cormetal.com.ar>)

- **Remolque:** Vehículo no motorizado con capacidad superior a dos toneladas destinado a ser halado por un camión sin transmitir carga a los ejes de este último. (Ministerio de transporte-Resolución 13791 de 1988, 1988)

Figura 12 Remolque de dos ejes



Fuente: TRANSMARES (<http://www.tml.com.co/es/herramientas/detalle-de-camiones>)

- **Tracto camión articulado:** Vehículo automotor destinado a arrastrar un semi-remolque soportando parte de su peso y equipado con un acopie adecuado para tal fin. (Ministerio de transporte-Resolución 13791 de 1988, 1988)

Figura 13 Tracto camión articulado



Fuente: MECÁNICA Y MOTORES (<http://www.mecanicaymotores.com/>)

- **Transporte de carga:** Forma parte de la cadena de distribución, ya que cumple con el transporte de los productos a un determinado costo (el cual es conocido como flete). Este traslado se realiza desde el punto de partida hacia el destino final de la mercadería, sin embargo la carga durante este trayecto pasará por lugares de embarque, almacenaje y desembarque (pits, 2011).

- **Infraestructura vial:** La infraestructura vial es el medio a través del cual se le otorga conectividad terrestre al país para el transporte de personas y de carga, permitiendo realizar actividades productivas, de servicios, de distracción y turísticas. Como señala Arsenio Vallverdu, Director de Carrera de la Escuela de Construcción de DuocUC sede Valparaíso, “estos ejes constituyen una pieza clave e indispensable para el desenvolvimiento de la economía y desarrollo productivo del país. De esta forma, se dota de la accesibilidad e interconectividad terrestre necesarias para el sistema de centros poblados, zonas rurales y territorios en su conjunto e integridad, potenciando y planificando bajo un modelo de desarrollo territorial que se proyecte hacia el desarrollo sustentable y en armonía con el medioambiente” (Arsenio Vallverdu Director de Carrera de la escuela de Construcción de DuocUC).
- **Corredor vial:** Se refiere a una amplia franja geográfica que sigue un flujo direccional general o que conecta generadores importantes de viaje. Puede contener un número de calles, carreteras, vías, canales y líneas de transporte público (Diana Marcela Arbelaez Peñaranda, 2014).

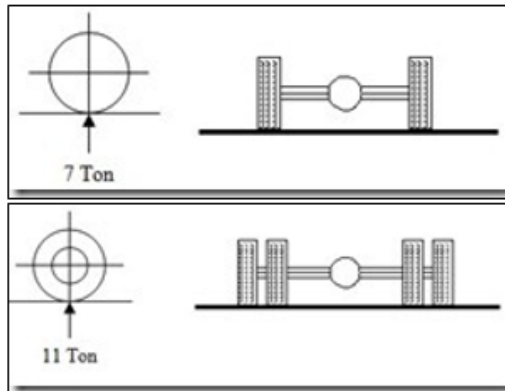
Figura 14 Corredor vial



Fuente: Concesionaria Vial del Oriente (<http://www.covioriente.co/portfolio/general2/>)

- **Eje simple:** Ensamble de dos o cuatro llantas unidas entre sí por una línea de rotación. El eje simple puede ser de llanta sencilla cuando el ensamble consta de dos llantas, y de llanta doble cuando consta de cuatro llantas (Glosario Ministerio de transporte).

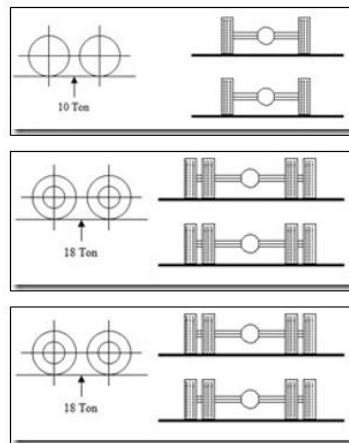
Figura 15 Eje simple



Fuente: TIPOS DE EJES (<https://es.scribd.com/document/336176590/Clases-y-Tipos-de-Ejes-Simple-Tandem-Tridem-Doble-Triple>)

- **Eje tándem:** Eje conformado por dos líneas de rotación, dotado de una suspensión que permita la compensación de cargas y cuya separación se encuentra entre 1.00 y 1.60 metros. El eje tándem puede ser de llanta sencilla cuando el ensamble consta de cuatro llantas, de llanta doble cuando cuantas de ocho y mixto cuando una línea de rotación une dos llantas y la otra cuatro (Glosario Ministerio de transporte)

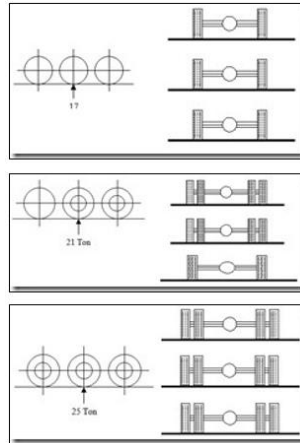
Figura 16 Eje tándem



Fuente: TIPOS DE EJES (<https://es.scribd.com/document/336176590/Clases-y-Tipos-de-Ejes-Simple-Tandem-Tridem-Doble-Triple>)

- **Eje tridem:** Eje conformado por tres líneas de rotación dotado de una suspensión que permita la compensación de carga y cuya separación entre las líneas de rotación extremas se encuentra entre 2.00 y 3.20 metros (Glosario Ministerio de transporte).

Figura 17 Eje tridem



Fuente: TIPOS DE EJES (<https://es.scribd.com/document/336176590/Clases-y-Tipos-de-Ejes-Simple-Tandem-Tridem-Doble-Triple>)

- **Sobrecarga:** Exceso de carga sobre la capacidad autorizada para un vehículo automotor (Glosario Ministerio de transporte).

Figura 18 Sobrecarga en tracto camión



Fuente: DOGGUIE (<https://www.dogguie.net/accidentes-de-carga-pesada/>)

- **Congestión vehicular:** En general la capacidad de un sistema es el número máximo de entidades que pueden ser procesados por unidad de tiempo. De allí que, la congestión ocurre porque el sistema tiene una capacidad limitada y porque la demanda colocada y el proceso mismo tienen un carácter aleatorio (Cal y Mayor, y otros, 2007).

Figura 19 Congestión vehicular por tracto camiones



Fuente: TRANSPORTE (<http://www.transporte.mx/dan-prorroga-a-transportistas-para-circula-por-zona-metropolitana-de-monterrey/>)

- **Puerto seco:** Es una infraestructura desarrollada para llevar fuera del recinto portuario, todas aquellas actividades que no requieren ser realizadas necesariamente en el puerto y por ende mejorar la eficiencia de las operaciones de transferencia, especialmente en aquellos puertos que enfrentan restricciones espaciales de crecimiento y que, producto de ello, incurren en mayores costos operacionales y deterioro de niveles de servicio, razón por la cual su objetivo principal no es logístico propiamente tal (Leal, y otros, 2009)

Figura 20 Puerto seco



Fuente: URBANISMO Y TRANSPORTE <http://urbanismoytransporte.com/que-es-un-puerto-seco/>)

### 1.6.3. Marco legal

- Resolución 13791 del 21 de diciembre de 1988, por la cual se determinan los límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga para la operación normal en las carreteras del país.

- Acuerdo 050 del 14 de octubre de 1993, por el cual se establece el procedimiento para los trámites relacionados con el registro nacional de remolques, semirremolques, multiloculares y similares, se adoptan los formatos S.T.C. No. 03566 del 3 de diciembre de 1991.
- Resolución 777 del 14 de febrero de 1995, por la cual se delega una función y se fijan unos requisitos y procedimientos para conceder o negar permisos para el transporte de carga extra pesada y extra dimensional, por las carreteras nacionales a cargo del Instituto Nacional de Vías.
- Decreto 1910 del 21 de octubre de 1996, por el cual se reglamenta parcialmente el contrato de transporte de carga y se dictan otras disposiciones.
- Resolución 1895 del 17 de abril de 1997, por la cual se dictan unas medidas en materia de vehículos de transporte de carga.
- Resolución 1896 del 14 de abril de 1997, por la cual se dictan unas disposiciones sobre el manifiesto de carga y se deroga una resolución
- Resolución No. 5888 del 7 de octubre de 1997, por la cual se establecen los límites máximos de pesos brutos vehiculares para los vehículos de transporte de carga cuyas configuraciones correspondan a los camiones articulados con semirremolques C3-S2 y C3-S3.

## **1.7. METODOLOGIA**

### **1.7.1. Tipo de estudio.**

A partir de los problemas de movilidad que presenta la ciudad de Bogotá se derivan una serie de factores los cuales influyen directa e indirectamente, por lo tanto para determinar qué impacto tiene cada una de ellos, es necesario profundizar de forma independiente. Para este caso se desarrolla un estudio de la influencia de los vehículos articulados de carga pesada, que aunque se ha buscado mitigar el impacto por medio de restricciones en las diferentes zonas de la ciudad, las cuales han sido expedidas por entidades distritales, no ha sido suficiente y el impacto de estos vehículos sigue siendo determinante en esta problemática.

En cuanto a estudios de movilidad el enfoque que se ha tenido en especial para los tracto camiones articulados es limitada, desarrollándose leyes y decretos con el fin de limitar los horarios de tránsito sin embargo es una normatividad que no se cumple por desinformación o sobrecostos de transporte. A comparación de otros países donde ciudades con características similares a las de Bogotá se han desarrollado alternativas para restringir la entrada de estos vehículos a la ciudad.

Por lo tanto se profundiza en la influencia de los vehículos articulados de carga pesada ya que se supone ser uno de los principales factores que intervienen en esta



problemática. Para sustentar esta hipótesis se emplea la recolección de datos en estaciones de los principales corredores viales en cuanto al ingreso a la ciudad y por medio de un software de modelación de tránsito presentar datos gráficos y numéricos que demuestren si realmente son una causa influyente en la congestión vehicular o es un factor despreciable, también se realizan unas encuestas tanto a los conductores como a los ciudadanos para complementar la información obtenida.

### **1.7.2. Fuentes de información**

La información utilizada para el desarrollo y realización de este trabajo de grado se utilizó como primer recurso, los documentos legales estipulados por los entes de control como el Ministerio de Transporte, Secretaria de Planeación y la Secretaria Distrital de Movilidad para conocer el estado actual y las restricciones impuestas a los vehículos de carga para mitigar el problema de la congestión y de esta forma comenzar estructurar posibles soluciones desde el punto de vista de la ingeniería civil; para seguir con este proceso se optó por revisar las propuestas y estudios realizados anteriormente que tuvieran relación alguna con la congestión vehicular en la ciudad de Bogotá, observando las soluciones propuestas en estos documentos. Posteriormente se realizó la búsqueda de información relacionada con puertos secos y la implementación de estos en otros países tanto de América latina como países europeos en donde se retiraron completamente los vehículos articulados de la ciudad y se implementó un puerto seco a las afueras de las principales ciudades y los resultados fueron positivos en el tema de la congestión vehicular. Teniendo en cuenta la efectividad de los puertos secos, se tomaron dos encuestas para reconocer la opinión tanto de los transportadores conductores de estos tracto-camiones como de los ciudadanos quienes viven a diario este problema del alto flujo vehicular incrementando sus tiempos de recorrido; con esta información recolectada se da lugar a la búsqueda y petición de los datos de entrada y salida de vehículos a la ciudad de Bogotá y mediante estos modelar esta información para tener un elemento tangible y demostrar la importancia de la restricción total de estos vehículos para mitigar el problema de la congestión vehicular en la ciudad de Bogotá.

### **1.8. DISEÑO METODOLOGICO**

- Solicitar la información por parte de las concesiones:
  - Calle 13: Concesión CCFC. Cobertura, Vía Bogotá (Fontibón)-Facatativá-Los Alpes.
















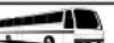









- Calle 80: Concesión DEVISAB Concesionaria del Desarrollo Vial de la Sabana. Cobertura, Chía – Mosquera – Girardot – Ramal al municipio de Soacha.
- Autopista Norte: ACCENORTE Desarrollo vial del Norte de Bogotá. Cobertura, Chía – Cajicá – Zipaquirá – Sopo – Tocancipa.
- Ramal a Soacha: Concesión DEVISAB Concesionaria del Desarrollo Vial de la Sabana. Cobertura, Chía – Mosquera – Girardot – Ramal al municipio de Soacha.
- Salida Villavicencio: COVIANDES Concesionaria vial de los Andes. Cobertura, Bogotá – Villavicencio.
- Clasificar esta información dependiendo del día la hora y la demanda de entrada y salida de estos vehículos, acompañado del peso de carga en Toneladas e identificar la influencia del transporte de carga en cada una de las salidas de la ciudad.
- Identificar los tipos de vehículos articulados y sus capacidades teniendo en cuenta la normatividad que los rige (Resolución 13791 de 1988).
- Comparar, separar y evidenciar el porcentaje de entrada de vehículos de servicio particular y transporte público, del porcentaje de transporte de carga.
- Con base en la información adquirida de las concesiones de disponer a hacer dos modelos de tránsito utilizando el software PTV VISSIM; donde:
  - Modelo 1: Se evidencia la entrada de todos los vehículos a la ciudad por los principales corredores observando la congestión producida por los vehículos de carga pesada.
  - Modelo 2: Durante el modelado se omiten los vehículos de carga pesada observando un mejoramiento en la congestión vehicular.
- Evaluar los corredores viales por donde circulan estos vehículos.
- Elaboración y aplicación de una encuesta a los conductores para conocer la opinión acerca de la propuesta técnica planteada (Ver Anexos)
- Elaboración y aplicación de una encuesta a los ciudadanos quienes son los que viven el problema a diario, obteniendo la opinión de ellos respecto a la congestión producida por los vehículos de carga. (Ver Anexos)
- Familiarización y caracterización con la logística necesaria para un puerto seco, teniendo en cuenta la ubicación y los espacios necesarios para el desarrollo de la propuesta.
- Planteamiento de estrategias técnicas para la evacuación de los vehículos de carga articulados, reconocimiento y excepciones para algunos vehículos acerca de la entrada a la ciudad de Bogotá.

## 2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN EN LOS PRINCIPALES CORREDORES VIALES DE BOGOTÁ

Teniendo en cuenta los principales corredores por donde ingresan los vehículos de carga pesada a Bogotá en los cuales transita el mayor volumen vehicular, se procedió a solicitar la información necesaria a las concesiones encargadas de estas entradas para demostrar la influencia en la congestión vehicular por parte de los vehículos de carga articulados.








Cada una de las concesiones agrupa los tipos de vehículos en categorías según ejes para de esta forma evaluar y efectuar la tarifa del peaje como se muestra en la Figura 21 y 22.

Figura 21 Categorías para cobro de peaje

I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV
										
										
										
										
										

Fuente CONCESION CCFC

Figura 22 Clasificación categorías según ejes

I	II	III	IV	V	VI	VII
				CAMION		
AUTOMÓVIL				TRACTO CAMION		
CAMPERO	BUSETA			CAMION		
PICK UP CAMIONETA	BUS			TRACTO CAMION		
MICROBUS	BUS METROPOLITANO	CAMION PEQUEÑO F-350	CAMION GRANDE F-600	TRACTO CAMION	TRACTO CAMION	TRACTO CAMION
						
2 EJES	2 EJES	2 EJES	2 EJES	3 O 4 EJES	5 EJES	6 EJES

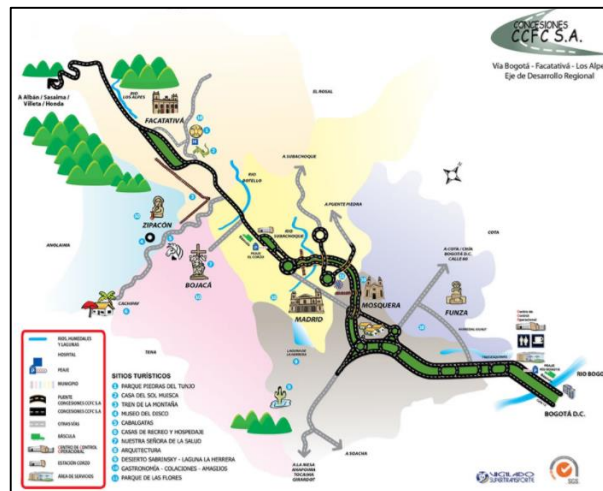
Fuente CONCESION CCFC

## 2.1. CALLE 13 (CONCESION CCFC)

La concesión CCFC es la encargada de la construcción, mantenimiento y operación de la vía Bogotá (Fontibón) – Facatativá – Los Alpes como se muestra en la Figura 23. Corredor vial por donde se presenta el mayor ingreso de vehículos de carga articulados (CONCESION CCFC).


En la tabla 1 se presentan los datos entregados por la concesión CCFC, la cual está dividida por categorías de acuerdo al número de ejes, también el TPD dado por la estación Rio de Bogotá durante 24 horas.

Figura 23 Tramo Concesión CCFC



Fuente (CONCESION CCFC)

Tabla 1. TPD Calle 13 (Estación Río Bogotá) Mosquera – Bogotá

<b>TRÁFICO HORARIO POR CATEGORÍA</b>	
<b>ESTACIÓN RÍO BOGOTÁ</b>	

HORA	lunes, 26 de marzo de 2018							TOTAL
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV	CAT V	CAT VI	CAT VII	

00-01	91	1	7	11	3	2	6	121
01-02	58	1	15	8	6	2	9	99
02-03	45	4	13	5	8	6	10	91
03-04	82	9	30	15	18	8	19	181
04-05	162	70	63	23	52	18	41	429
05-06	673	198	130	51	65	17	46	1,180
06-07	852	236	135	52	71	15	32	1,393
07-08	762	269	161	42	60	18	21	1,333
08-09	702	222	152	69	48	21	25	1,239
09-10	1,020	204	163	30	23	12	5	1,457
10-11	891	176	193	74	63	29	30	1,456
11-12	864	177	150	58	59	30	42	1,380
12-13	970	190	175	60	75	20	39	1,529
13-14	931	180	131	56	47	16	38	1,399
14-15	1,151	181	135	40	56	20	30	1,613
15-16	1,046	203	148	44	64	39	47	1,591
16-17	809	212	152	50	56	20	30	1,329
17-18	968	178	117	36	38	20	21	1,378
18-19	1,153	194	93	31	30	10	36	1,547
19-20	1,212	189	92	24	21	12	8	1,558
20-21	1,424	165	51	23	9	14	27	1,713
21-22	1,257	135	61	24	21	24	25	1,547
22-23	520	93	48	19	8	12	15	715
23-24	230	30	36	20	17	11	14	358
<b>Totales</b>	<b>17,873</b>	<b>3,517</b>	<b>2,451</b>	<b>865</b>	<b>918</b>	<b>396</b>	<b>616</b>	<b>26,636</b>

Fuente Autores

## 2.2. CALLE 80

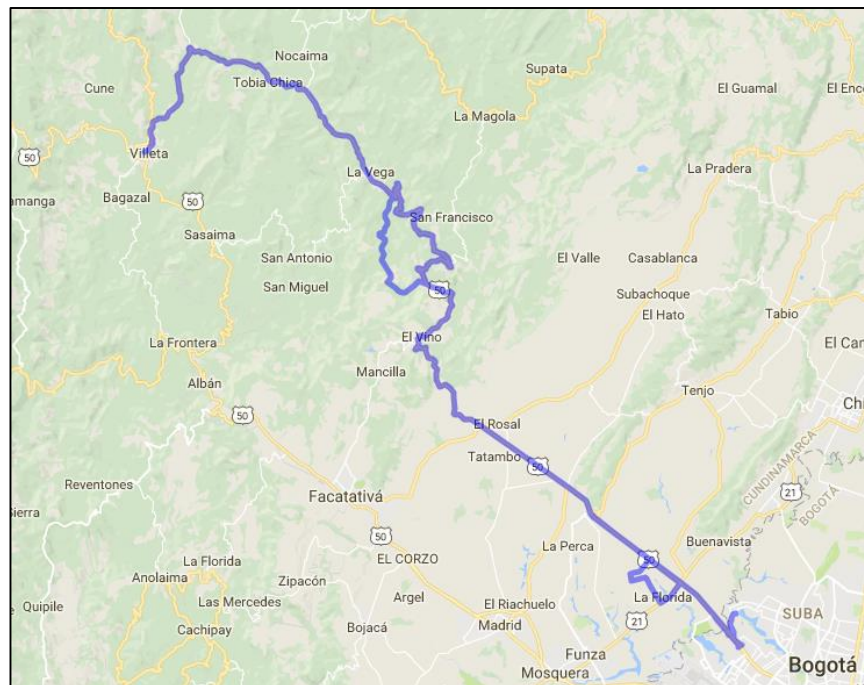
La entrada a Bogotá por la calle 80 está dividida en dos ramales como lo son la vía de Villeta hacia Bogotá operado por la concesión Sabana de Occidente S.A.S y la vía de Funza hacia Bogotá operado por el consorcio DEVISAB. Estos ramales evidencian dos tipos de tránsito totalmente diferente los cuales se encuentran en la intersección de Siberia donde se une el tránsito proveniente de Funza y Villeta para entrar por la calle 80.

### 2.2.1. Concesión Sabana de Occidente (Villeta – Bogotá)

La concesión Sabana de Occidente S.A.S tiene como función realizar el adecuado mantenimiento y operación del tramo de la vía correspondiente a Bogotá – Villeta, ruta 50 en el departamento de Cundinamarca como se muestra en la Figura 24 (Concesion Sabana de Occidente).


En la tabla 2 se presentan los datos entregados por la concesión Sabana de Occidente, la cual está dividida por categorías de acuerdo al número de ejes, también el TPD dado por la estación Siberia durante 24 horas.

*Figura 24 Tramo concesión Sabana de Occidente*



*Fuente Concesión sabana de occidente (<http://www.csosas.com/>)*

Tabla 2. TPD Calle 80 (Estación Siberia) Villeta - Bogotá

TRÁFICO HORARIO POR CATEGORÍA								
ESTACIÓN SIBERIA								
HORA	lunes, 26 de marzo de 2018							TOTAL
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV	CAT V	CAT VI	CAT VII	
00-01	68	1	5	8	2	13	19	117
01-02	44	1	11	6	5	7	16	89
02-03	34	3	10	4	6	6	23	85
03-04	62	7	23	11	14	13	16	145
04-05	122	53	47	17	39	6	22	306
05-06	505	149	98	38	49	5	16	859
06-07	639	177	101	39	53	14	11	1,035
07-08	572	202	121	32	45	11	6	988
08-09	527	167	114	52	36	7	4	906
09-10	765	153	122	23	17	6	2	1,088
10-11	668	132	145	56	47	4	7	1,059
11-12	648	133	113	44	44	5	3	989
12-13	728	143	131	45	56	7	4	1,114
13-14	698	135	98	42	35	6	6	1,021
14-15	863	136	101	30	42	4	5	1,181
15-16	785	152	111	33	48	5	3	1,137
16-17	607	159	114	38	42	4	6	969
17-18	726	134	88	27	29	6	13	1,022
18-19	865	146	70	23	23	5	6	1,137
19-20	909	142	69	18	16	6	9	1,169
20-21	1,068	124	38	17	7	15	17	1,286
21-22	943	101	46	18	16	16	7	1,147
22-23	390	70	36	14	6	12	9	537
23-24	173	23	27	15	13	5	10	265
<b>Totales</b>	<b>13,405</b>	<b>2,638</b>	<b>1,838</b>	<b>649</b>	<b>689</b>	<b>188</b>	<b>240</b>	<b>19,646</b>

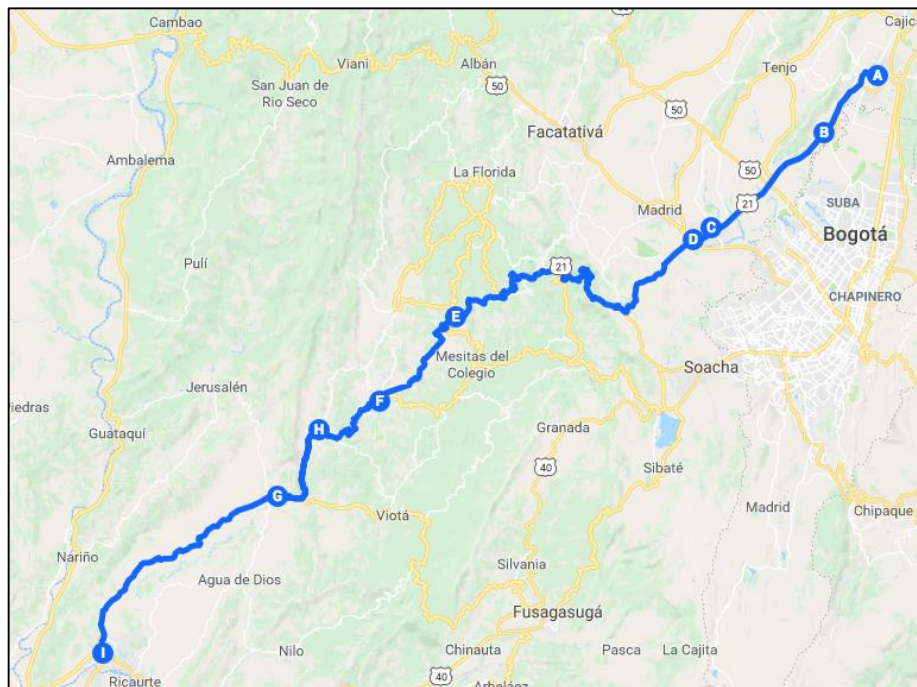
Fuente Autores

## 2.2.2. Consorcio DEVISAB (Funza – Bogotá)

El Consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB es una empresa dedicada a la ejecución, mantenimiento y operación de obras civiles de las vías (Chía – Mosquera – Girardot), ramal a Soacha y vías regionales, fortaleciendo la infraestructura y seguridad vial en el departamento de Cundinamarca como se muestra en la Figura 25 (DEVISAB).

En la tabla 3 se presentan los datos entregados por El Consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB, la cual está dividida por categorías de acuerdo al número de ejes, también el TPD dado por la estación la Tebaida durante 24 horas.


*Figura 25 Tramo consorcio DEVISAB*



*Fuente Consorcio concesionaria del desarrollo vial de la sabana (<http://devisab.com/>)*



Tabla 3. TPD Calle 80 (Consortio DEVISAB) Funza – Bogotá

TRÁFICO HORARIO POR CATEGORÍA ESTACIÓN LA TEBAIDA								 <small>CONSORCIO CONCESIONARIA DEL DESARROLLO VIAL DE LA SABANA</small>
HORA	lunes, 26 de marzo de 2018							TOTAL
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV	CAT V	CAT VI	CAT VII	
00-01	51	1	4	9	1	1	3	69
01-02	33	1	8	7	3	1	4	55
02-03	25	3	7	4	4	2	4	50
03-04	46	6	15	13	9	3	8	101
04-05	91	49	32	19	26	7	18	242
05-06	377	140	67	43	32	6	21	685
06-07	478	167	69	43	35	6	14	812
07-08	427	190	83	35	30	7	9	781
08-09	393	157	78	58	24	8	11	729
09-10	572	144	84	25	11	4	2	843
10-11	499	124	99	62	31	11	13	840
11-12	484	125	77	48	29	11	19	794
12-13	544	134	90	50	37	7	17	880
13-14	522	127	67	47	23	6	17	809
14-15	645	128	69	33	28	7	13	924
15-16	586	143	76	37	32	14	21	909
16-17	453	150	78	42	28	7	13	771
17-18	543	126	60	30	19	7	9	794
18-19	646	137	48	26	15	4	16	891
19-20	679	133	47	20	10	4	4	898
20-21	798	117	26	19	4	5	12	982
21-22	704	95	31	20	10	9	11	882
22-23	291	66	25	16	4	4	7	413
23-24	129	21	19	17	8	4	6	204
<b>Totales</b>	<b>10,017</b>	<b>2,484</b>	<b>1,262</b>	<b>721</b>	<b>453</b>	<b>147</b>	<b>275</b>	<b>15,358</b>


Fuente Autores

### 2.3. RAMAL A SOACHA (CONSORCIO DEVISAB)

El Consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB es una empresa dedicada a la ejecución, mantenimiento y operación de obras civiles de las vías (Chía – Mosquera – Girardot), ramal a Soacha y vías regionales, fortaleciendo la infraestructura y seguridad vial en el departamento de Cundinamarca.

En la tabla 4 se presentan los datos entregados por El Consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB, la cual está dividida por categorías de acuerdo al número de ejes, también el TPD dado por la estación de Mondoñedo durante 24 horas.

Tabla 4. TPD Ramal a Soacha (Consortio DEVISAB) Mosquera – Soacha

TRÁFICO HORARIO POR CATEGORÍA ESTACIÓN MONDOÑEDO								
HORA	lunes, 26 de marzo de 2018							TOTAL
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV	CAT V	CAT VI	CAT VII	
00-01	48	0	2	7	1	1	2	61
01-02	30	0	5	5	2	1	3	46
02-03	24	1	4	3	2	2	3	39
03-04	43	2	10	10	5	2	7	78
04-05	85	12	21	15	15	5	14	167
05-06	352	34	44	34	18	5	16	503
06-07	445	41	45	34	20	5	11	601
07-08	398	46	54	28	17	5	7	556
08-09	367	38	51	46	14	6	9	530
09-10	533	35	55	20	7	4	2	655
10-11	466	30	65	49	18	9	10	647
11-12	452	30	50	38	17	9	14	611
12-13	507	33	59	40	21	6	13	679
13-14	487	31	44	37	13	5	13	630
14-15	602	31	45	26	16	6	10	737
15-16	547	35	50	29	18	12	16	707
16-17	423	36	51	33	16	6	10	576
17-18	506	31	39	24	11	6	7	624
18-19	603	33	31	20	8	3	12	712
19-20	633	33	31	16	6	4	3	725
20-21	744	28	17	15	3	4	9	821
21-22	657	23	20	16	6	7	9	738
22-23	272	16	16	13	2	4	5	328
23-24	120	5	12	13	5	3	5	164
<b>Totales</b>	<b>9,341</b>	605	822	571	260	120	212	<b>11,933</b>

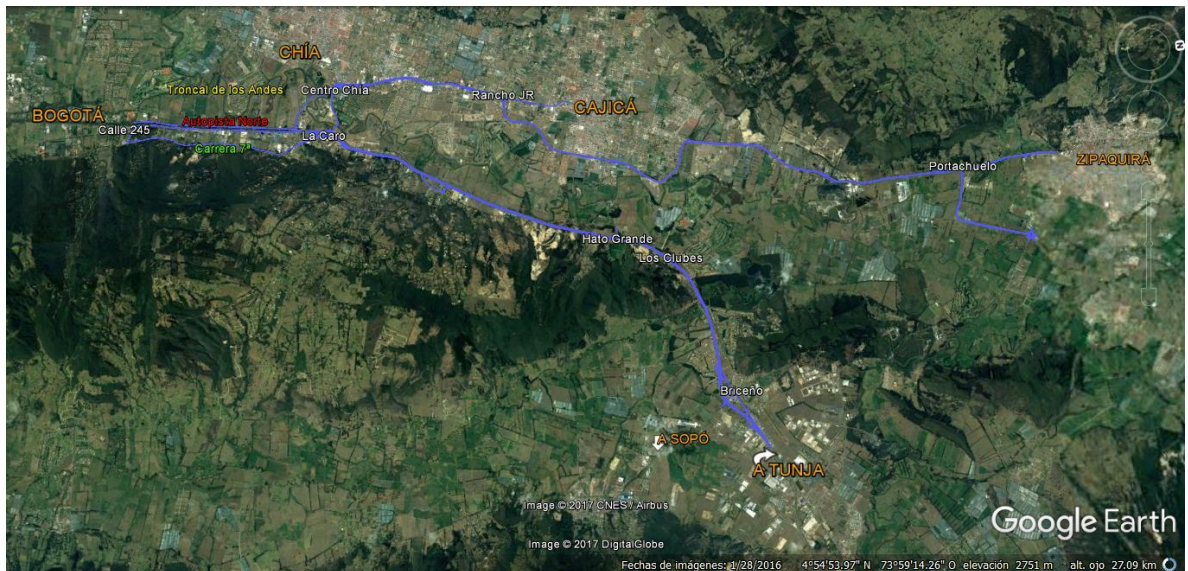
Fuente Autores

## 2.4. AUTOPISTA NORTE (CONCESIÓN ACCENORTE)

La concesión Accesos Norte de Bogotá ACCENORTE es la encargada del mantenimiento y operación de las vías de acceso por el norte de la ciudad antiguamente DEVINORTE. Esta concesión tiene como objetivo mejorar la movilidad en este acceso y el tramo comprendido dentro de esta concesión se evidencia en la Figura 26 (ACCENORTE)

En la tabla 5 se presentan los datos entregados por la concesión Accesos Norte de Bogotá ACCENORTE, la cual está dividida por categorías de acuerdo al número de ejes, también el TPD dado por la estación del Peaje Andes durante 24 horas.

*Figura 26 Tramo concesión ACCENORTE*



Fuente Accesos norte de Bogotá (<http://www.accenorte.com/>)

Tabla 5. TPD Autopista Norte (Concesión ACCENORTE) Chía – Bogotá

TRÁFICO HORARIO POR CATEGORÍA ESTACIÓN PEAJE ANDES								AcceNorte
HORA	lunes, 26 de marzo de 2018							TOTAL
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV	CAT V	CAT VI	CAT VII	
00-01	240	1	1	2	1	1	1	247
01-02	153	1	2	2	1	1	1	161
02-03	119	5	1	1	2	2	1	132
03-04	216	11	3	3	4	3	3	244
04-05	427	89	7	5	13	6	6	553
05-06	1,775	253	14	11	16	6	7	2,081
06-07	2,247	301	15	11	17	5	5	2,601
07-08	2,010	343	18	9	15	6	3	2,404
08-09	1,852	283	17	14	12	7	4	2,189
09-10	2,690	260	18	6	6	4	1	2,985
10-11	2,350	225	21	15	15	10	4	2,641
11-12	2,279	226	17	12	14	10	6	2,564
12-13	2,558	243	19	12	18	7	6	2,864
13-14	2,456	230	14	12	12	5	6	2,734
14-15	3,036	231	15	8	14	7	4	3,315
15-16	2,759	259	16	9	16	13	7	3,079
16-17	2,134	271	17	10	14	7	4	2,457
17-18	2,553	227	13	7	9	7	3	2,820
18-19	3,041	248	10	6	7	3	5	3,321
19-20	3,197	241	10	5	5	4	1	3,464
20-21	3,756	211	6	5	2	5	4	3,988
21-22	3,315	172	7	5	5	8	4	3,516
22-23	1,372	119	5	4	2	4	2	1,508
23-24	607	38	4	4	4	4	2	663
Totales	47,141	4,490	270	180	225	135	90	52,531

Fuente Autores

### 3. ANÁLISIS Y MODELACIÓN EN VISSIM DEL TRÁNSITO REAL DE CADA UNO DE LOS CORREDORES VIALES DE BOGOTÁ

En las Tablas (1 a 5) se evidencia el tránsito diario promedio de cada uno de los accesos a Bogotá, los cuales se utilizaron para la modelación en PTV VISSIM teniendo como referencia el día 26 de marzo de 2018, siendo uno de los días típicos con mayor volumen de entrada de vehículos registrados en el 2018. Se analiza que de acuerdo a estos datos iniciales, en la concesión CCFC de la calle 13, se presenta el mayor flujo vehicular mixto siendo el corredor que desarrolla la situación más crítica, por lo tanto se toma el mismo día para los demás corredores viales con el fin de observar el comportamiento del tránsito.

A continuación se presentan los respectivos modelos de los sitios de estudio en PTV VISSIM, las cuales corresponden al tránsito real de los vehículos que ingresan por los principales corredores a la ciudad de Bogotá, con la totalidad de vehículos mixtos y su respectivo porcentaje de tipo de vehículo, para diligenciar los datos iniciales en el Software. En la tabla 6 se presentan las convenciones utilizadas en VISSIM para los tipos de vehículos utilizados para la modelación.

Tabla 6 Tipo de vehículo para PTV VISSIM

TIPO VEHICULO	
VISSIM	REAL
Car	Vehículo Particular
Bus	Vehículo de transporte de pasajeros
HGV-1	Camión no mayor a 2 ejes
HGV	Camión articulado

Fuente Autores

Para el correcto funcionamiento del software fue necesario agrupar los tipos de vehículos y calcular el porcentaje de cada uno de los tipos. Se ingresaron los porcentajes utilizando la herramienta “*Vehicle Compositions*” creando una composición vehicular para cada TPD dependiendo del sitio a evaluar, estos porcentajes se encuentran en las tablas tituladas “*Convenciones para Vehicle Compositions (PTV VISSIM)*” Tabla 7. 9, 11, 13 y 15.

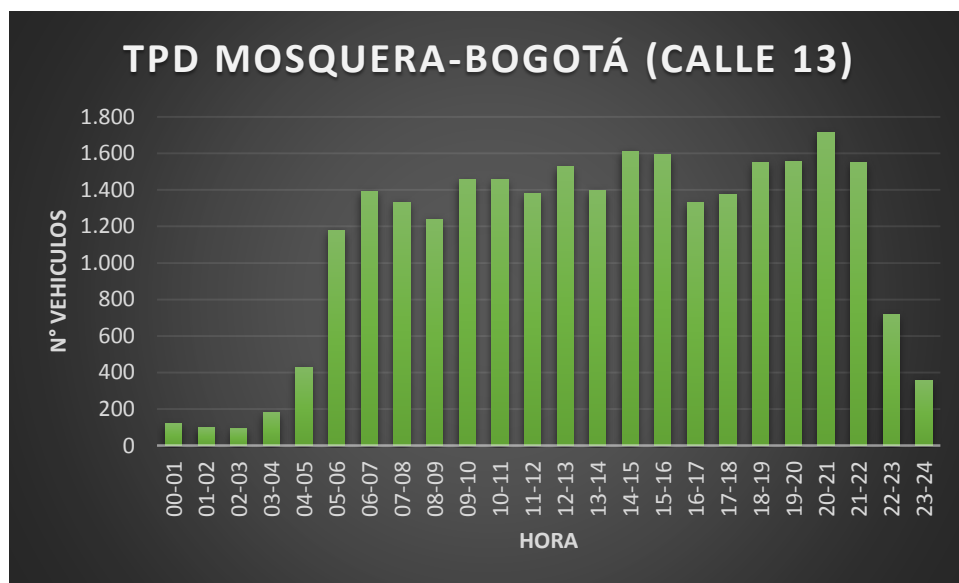
El comportamiento horario de los principales corredores viales a Bogotá y sitios de estudio, es similar en cada uno de ellos, el factor variable es el número de vehículos de los distintos tipos que ingresan de la ciudad, en las Figuras (27, 29, 31, 34 y 36) se observan las gráficas correspondientes del tráfico mixto vs hora para poder

comprender visualmente el comportamiento de entrada de los vehículos durante las 24 horas del día y tener en cuenta los horarios en que se presenta un menor flujo vehicular para poder plantear las posibles soluciones mencionadas en el capítulo 4 del documento.

### 3.1. CALLE 13. TRAMO MOSQUERA – BOGOTÁ

De acuerdo a los datos obtenidos por la concesión CCFC, el corredor vial de la Calle 13, el cual es uno de los accesos a Bogotá que permite la circulación libre a todas las categorías de vehículos, de acuerdo a la Figura 27 permite observar de forma gráfica el comportamiento del tránsito durante 24 horas.

Figura 27 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 13)



Fuente Autores

Desarrollando el respectivo tratamiento de los datos, se distribuyen por categorías y se calcula los porcentajes de cada tipo de vehículo, en la Tabla 7 se presentan los datos iniciales para la elaboración del modelo de tránsito en PTV VISSIM, el porcentaje de vehículos de carga pesada es de 7,2%, siendo el mayor comparándolo con los porcentajes de vehículos de carga pesada de los demás corredores principales.

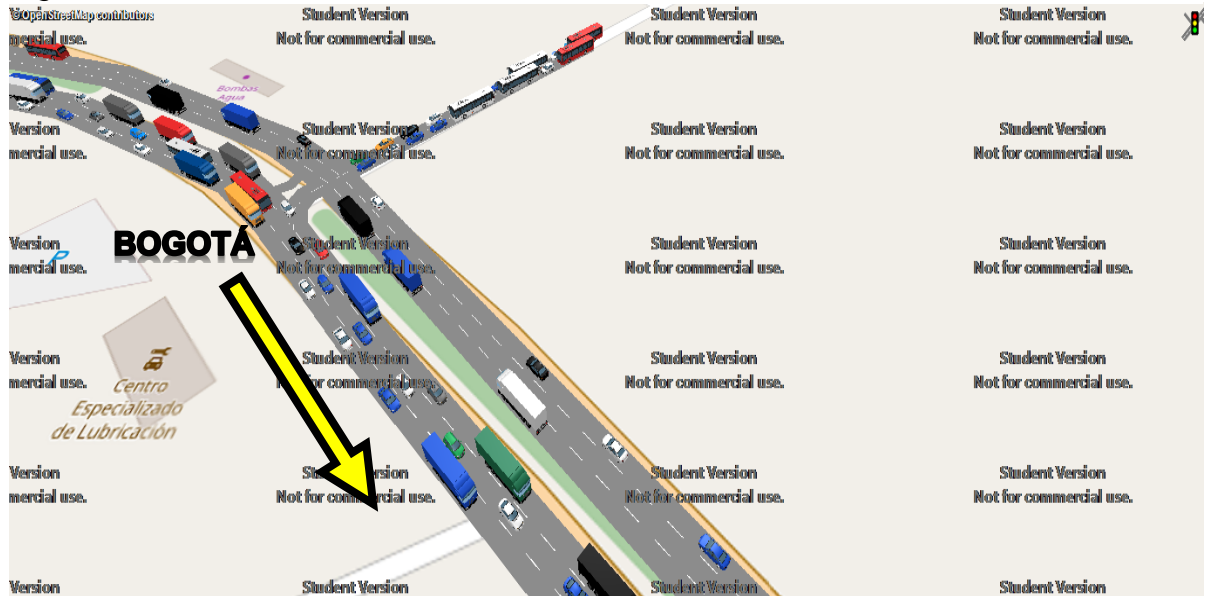
Tabla 7 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Calle 13

CONVENCIONES PARA PTV VISSIM		
TIPO	Nº VEHICULOS	% VEHICULOS
Car	17,873	67.1
Bus	3,517	13.2
HGV-1	3,316	12.4
HGV	1,930	7.2
<b>TOTAL</b>	26,636	100

Fuente Autores

En la Figura 28 se presenta el modelo del tránsito real por el corredor vial de la Calle 13 desarrollado en el software VISSIM, en donde se evidencia el sentido de los vehículos que ingresan a la ciudad de Bogotá.

Figura 28 Calle 13 - Modelo PTV Vissim con Tránsito real



Fuente Autores

Tabla 8 Resultados PTV VISSIM (Calle 13)

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>MOSQUERA - BOGOTÁ</b>	175.26	16.08	263.56	186	1202
<b>BOGOTÁ - MOSQUERA</b>	120.67	15.83	161.91	164	1202

Fuente Autores

Los resultados arrojados por el software PTV VISSIM observados en la Tabla 8 confirman el problema de la congestión vehicular, evidenciando una longitud de cola de vehículos de 175.26m para entrar a la ciudad observando también un considerable tiempo de demora. Producido por las bajas velocidades de los vehículos de carga articulados, aumentando la contaminación y el consumo de combustible para todos los tipos de vehículos.

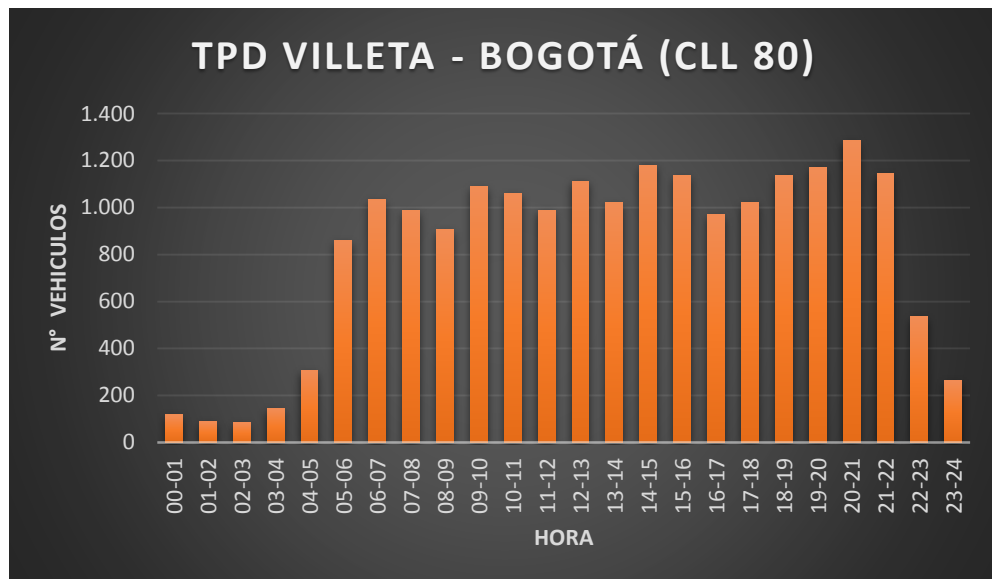
Como ya se ha mencionado anteriormente, el corredor de la calle 13 es el más crítico ya que este tiene circulación libre y unas restricciones mínimas, todo esto debido a que la zona franca de Fontibón está ubicada en este importante corredor.

### 3.2. CALLE 80. TRAMO VILLETA – BOGOTÁ

De acuerdo a los datos obtenidos por la concesión Sabana de Occidente S.A.S, el corredor vial de la Calle 80 (Tramo Villeta - Bogotá), de acuerdo a la Figura 29 permite observar de forma gráfica el comportamiento del tránsito durante 24 horas.



Figura 29 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 80) - Villeta



Fuente Autores

Desarrollando el respectivo tratamiento de los datos, se distribuyen por categorías y se calcula los porcentajes de cada tipo de vehículo, en la Tabla 9 se presentan los datos iniciales para la elaboración del modelo de tránsito en PTV VISSIM.

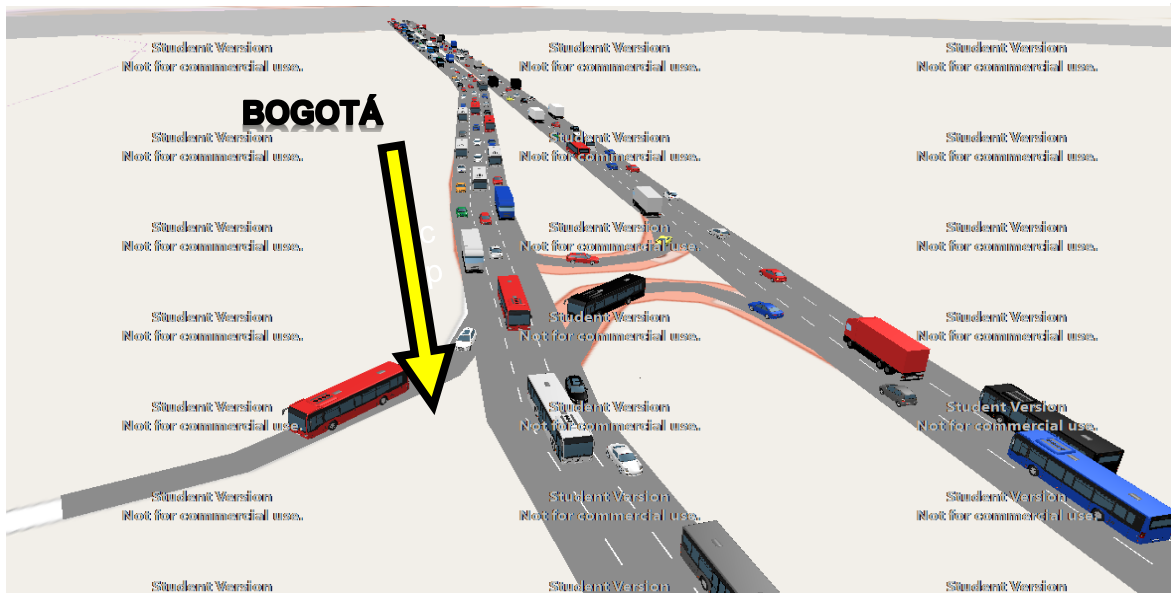
Tabla 9 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Calle 80 - Villeta

<b>CONVENCIONES PARA PTV VISSIM</b>		
<b>TIPO</b>	<b>N° VEHICULOS</b>	<b>% VEHICULOS</b>
<b>Car</b>	13,405	68.2
<b>Bus</b>	2,638	13.4
<b>HGV-1</b>	2,487	12.7
<b>HGV</b>	1,117	5.7
<b>TOTAL</b>	19,646	100

Fuente Autores

En la Figura 30 se presenta el modelo del tránsito real por el corredor vial de Villeta desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el sentido de los vehículos que ingresan a la ciudad de Bogotá.

Figura 30 Calle 80 (Villeta) - Modelo PTV Vissim con Tránsito real



Fuente Autores

Tabla 10 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Villeta)

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>VILLETA - BOGOTÁ</b>	120.61	11.27	184.66	128	1003
<b>BOGOTÁ - VILLETA</b>	187.63	17.32	177.14	255	1003

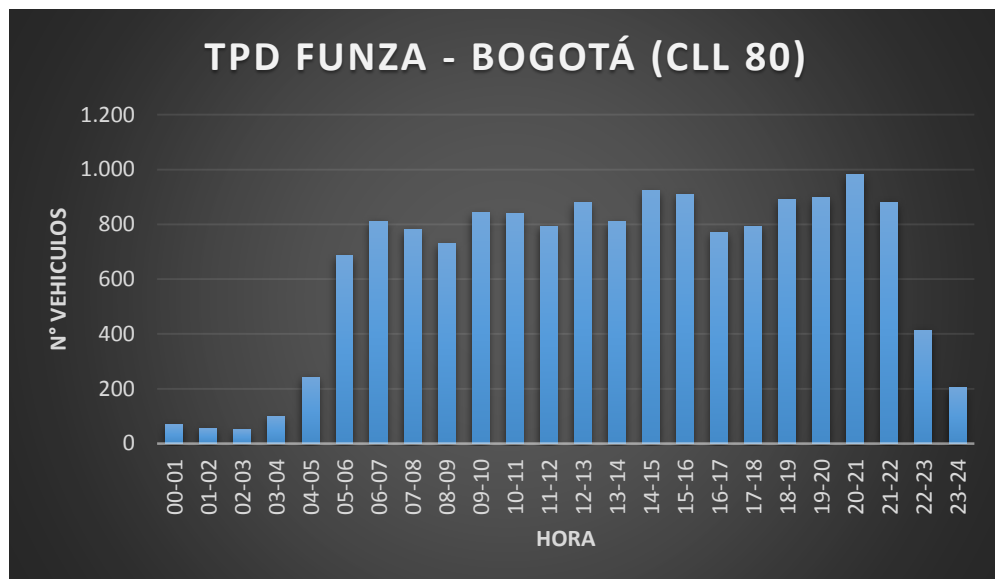
Fuente Autores

El desarrollo industrial en esta zona de la ciudad ha venido avanzando a lo largo de los últimos años lo que ha generado el aumento de construcciones de parques industriales a la entrada de Bogotá por la calle 80, donde se ha observado el aumento de número de vehículos de carga articulados por este corredor, en base a la tabla 10 se observa también una longitud de cola de 120.61 m en los momentos de mayor flujo vehicular y a comparación con la salida del corredor vial, aunque la longitud de cola es más corta, el tiempo de demora es mayor para el sentido que entra a la ciudad. .

### 3.3. CALLE 80. TRAMO FUNZA – BOGOTÁ

De acuerdo a los datos obtenidos por el consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB, el corredor vial de la Calle 80 (Tramo Villeta - Bogotá), de acuerdo a la Figura 31 permite observar de forma gráfica el comportamiento del tránsito durante 24 horas.

Figura 31 Gráfico tránsito mixto vs hora (Calle 80) - Funza



Fuente Autores

Desarrollando el respectivo tratamiento de los datos, se distribuyen por categorías y se calcula los porcentajes de cada tipo de vehículo, en la Tabla 11 se presentan los datos iniciales para la elaboración del modelo de tránsito en PTV VISSIM.

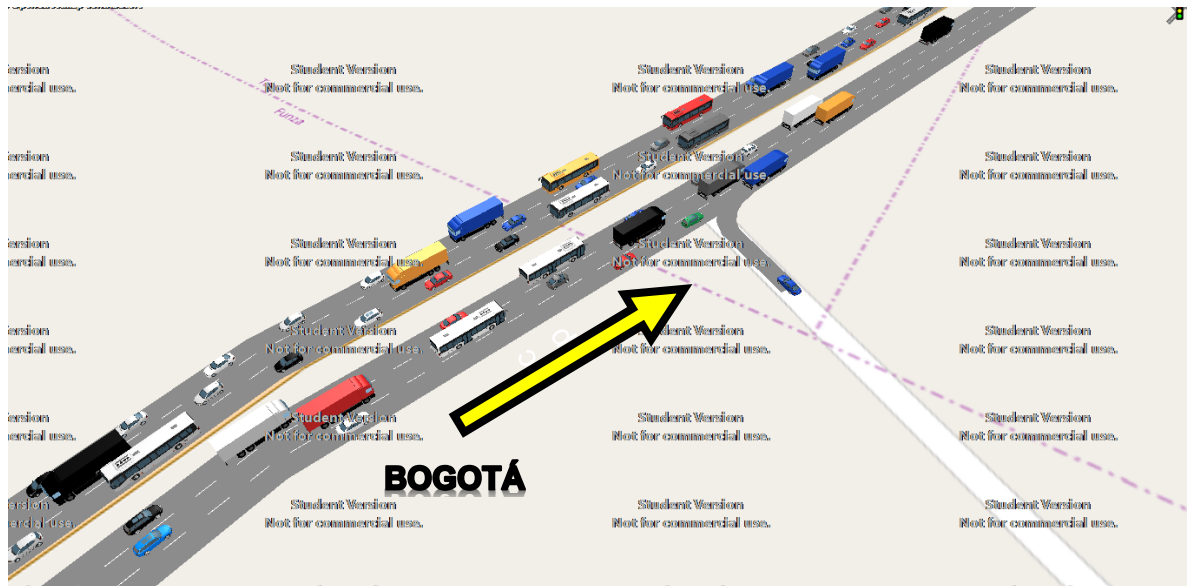
Tabla 11 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM) - Calle 80 - Funza

CONVENCIONES PARA PTV VISSIM		
TIPO	Nº VEHICULOS	% VEHICULOS
Car	10,017	65.2
Bus	2,484	16.2
HGV-1	1,983	12.9
HGV	874	5.7
<b>TOTAL</b>	<b>15,358</b>	<b>100</b>

Fuente Autores

En la Figura 32 se presenta el modelo del tránsito real por el corredor vial de Calle 80 (Funza), desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el sentido de los vehículos que ingresan a la ciudad de Bogotá.

Figura 32 Calle 80 (Funza) - Modelo PTV Vissim con Tránsito real



Fuente Autores

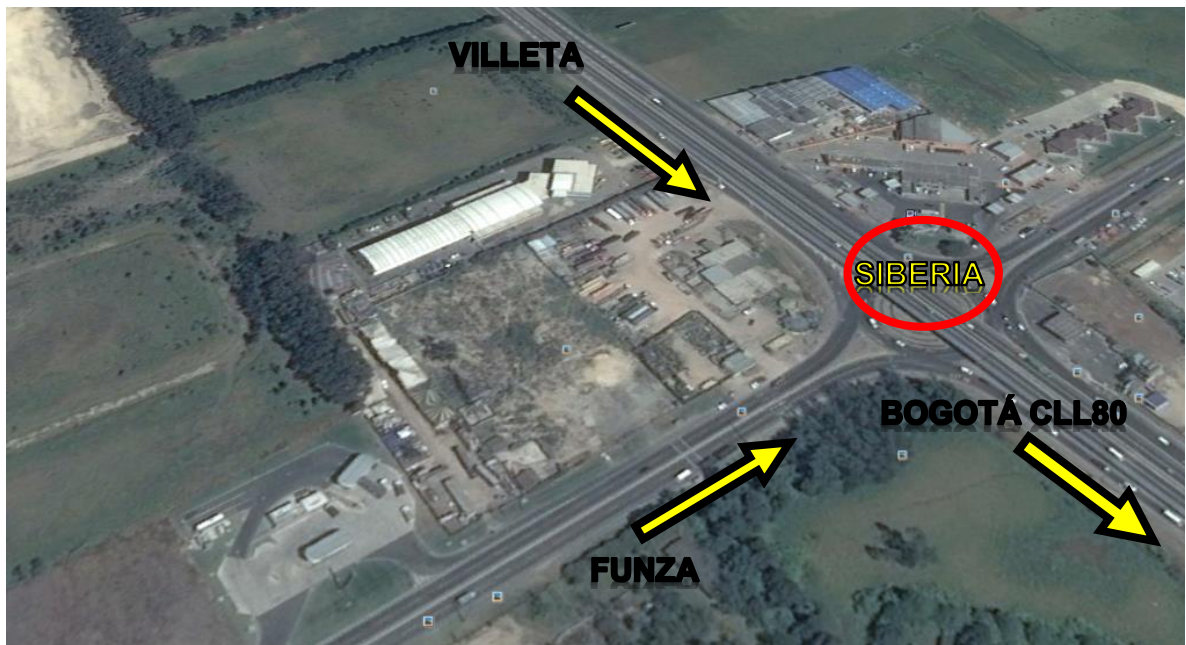
Tabla 12 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Funza)

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>FUNZA - BOGOTÁ</b>	350.52	11.02	180.58	372	1027
<b>BOGOTÁ - FUNZA</b>	248.70	18.51	189.28	338	1027

Fuente Autores

Por los motivos mencionados anteriormente y el desarrollo industrial de los pueblos circunvecinos ubicados en la sabana de Bogotá se suma el tránsito proveniente de Funza en la intersección de Siberia, con el tránsito proveniente de la vía Villeta Bogotá como se muestra en la Figura 33. Este tránsito afecta la congestión dentro de la ciudad produciendo una longitud de cola de hasta 350.52m y comparándolo con la salida de este corredor vial se observa una congestión mas densa y un mayor número de vehículos inmersos en el tráfico como se evidencia en la tabla 12.

Figura 33 Unión tránsito Villeta y Funza (Siberia)

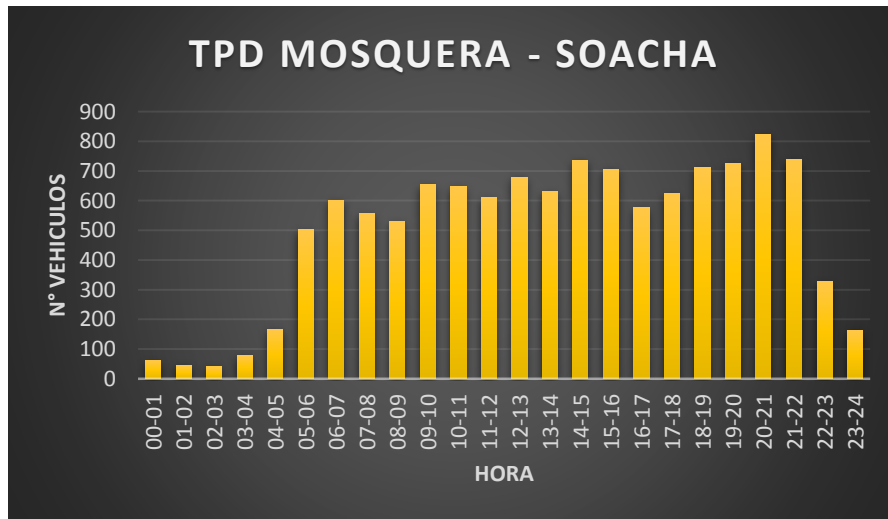


Fuente Autores. Tomado de Google Earth Pro

### 3.4. RAMAL A SOACHA. TRAMO MOSQUERA - SOACHA

De acuerdo a los datos obtenidos por el consorcio Concesionario del Desarrollo Vial de la Sabana DEVISAB, el corredor vial del ramal a Soacha, de acuerdo a la Figura 34 permite observar de forma gráfica el comportamiento del tránsito durante 24 horas.

Figura 34 Gráfico tránsito vs hora (Ramal a Soacha)



Fuente Autores

Desarrollando el respectivo tratamiento de los datos, se distribuyen por categorías y se calcula los porcentajes de cada tipo de vehículo, en la Tabla 13 se presentan los datos iniciales para la elaboración del modelo de tránsito en PTV VISSIM.

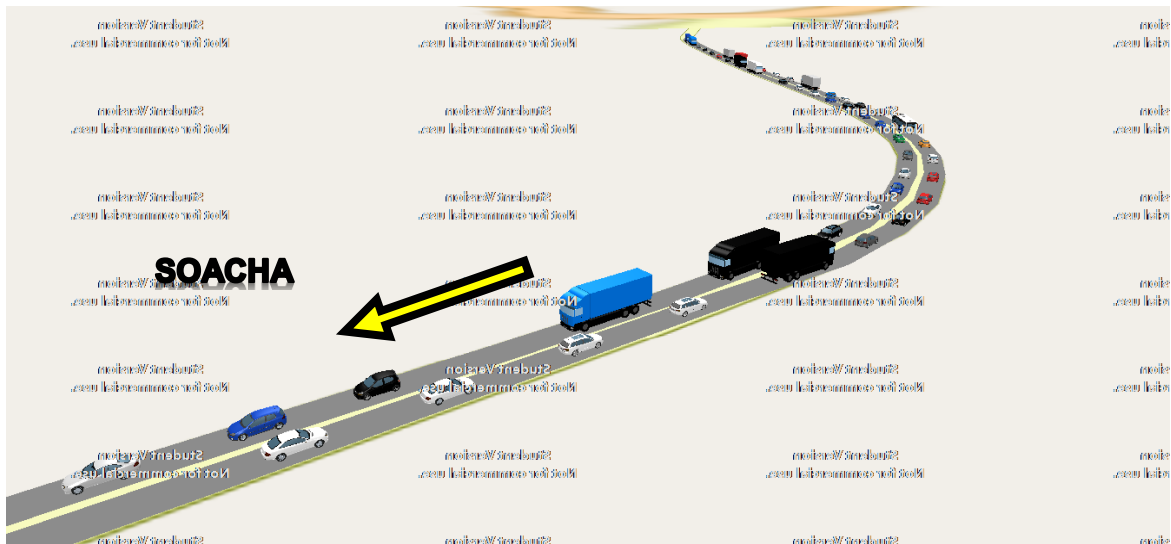
Tabla 13 Convenciones para "Vehicle Compositions" (PTV VISSIM)- Ramal a Soacha

CONVENCIONES PARA PTV VISSIM		
TIPO	N° VEHICULOS	% VEHICULOS
Car	9,341	78.3
Bus	605	5.1
HGV-1	1,394	11.7
HGV	593	5.0
TOTAL	11,933	100

Fuente Autores

En la Figura 35 se presenta el modelo del tránsito real por el corredor vial al Ramal de Soacha, desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el sentido de los vehículos que ingresan a la ciudad de Bogotá.

*Figura 35 Ramal a Soacha - Modelo PTV Vissim con Tránsito real*



Fuente Autores

Tabla 14 Resultados PTV VISSIM (Ramal a Soacha)

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>MOSQUERA - SOACHA</b>	109.30	13.14	215.29	116	1040
<b>SOACHA - MOSQUERA</b>	89.03	18.92	193.56	121	1040

Fuente Autores

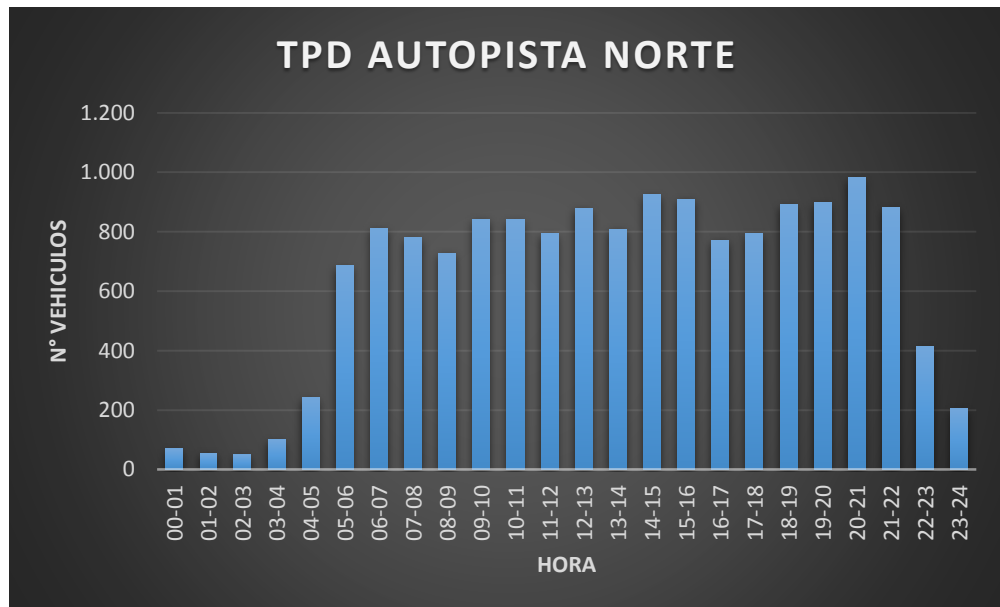
Debido a la congestión producida en el corredor de la calle 13 los ciudadanos y transportadores han optado por tomar como ruta alterna la entrada a la ciudad por el municipio de Soacha lo cual ha generado un aumento en el tránsito de carga y vehículos particulares de tal forma que en los momentos más críticos se forma congestión teniendo en cuenta también que esta vía tiene un solo carril para cada

sentido. En la tabla 14 se obtiene una longitud de cola de 109.30 m siendo mayor a la del sentido contrario, presentando un demora en tiempos de trayecto pese a que se encuentra inmerso un número de vehículos menor al de la salida del corredor.

### 3.5. AUTOPISTA NORTE. TRAMO CHIA – BOGOTÁ

De acuerdo a los datos obtenidos por la concesión Accesos Norte de Bogotá (ACCENORTE), el corredor vial de la Autopista Norte, de acuerdo a la Figura 36 permite observar de forma gráfica el comportamiento del tránsito durante 24 horas.

Figura 36 Gráfico tránsito mixto vs hora (Autopista norte)



Fuente Autores

Desarrollando el respectivo tratamiento de los datos, se distribuyen por categorías y se calcula los porcentajes de cada tipo de vehículo, en la Tabla 15 se presentan los datos iniciales para la elaboración del modelo de tránsito en PTV VISSIM.



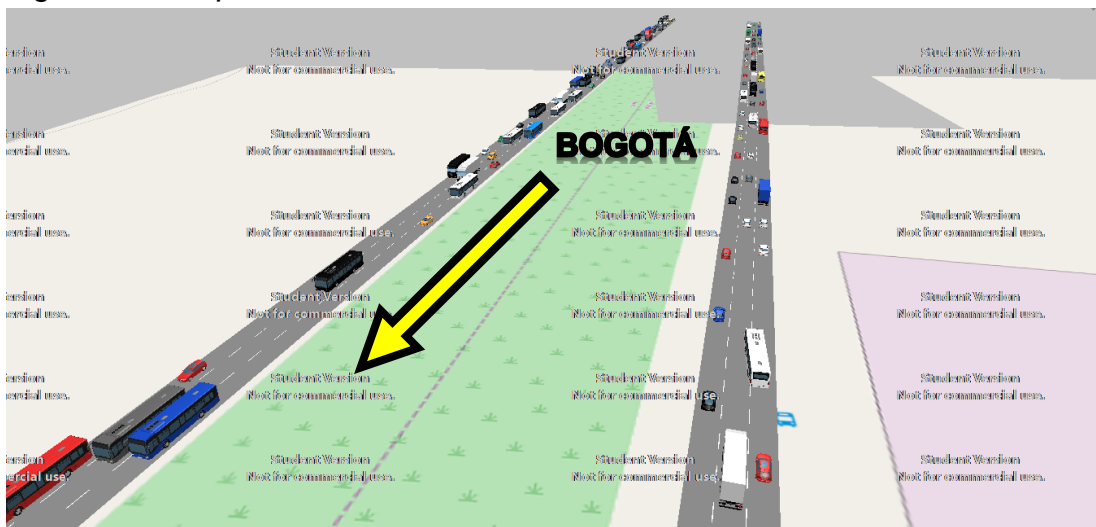
Tabla 15 Resultados PTV VISSIM (Autopista Norte)

<b>CONVENCIONES PARA PTV VISSIM</b>		
<b>TIPO</b>	<b>Nº VEHICULOS</b>	<b>% VEHICULOS</b>
<b>Car</b>	47,141	89.7
<b>Bus</b>	4,490	8.5
<b>HGV-1</b>	450	0.9
<b>HGV</b>	450	0.9
<b>TOTAL</b>	52,531	100

Fuente Autores

En la Figura 37 se presenta el modelo del tránsito real por el corredor vial Autopista Norte, desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el sentido de los vehículos que ingresan a la ciudad de Bogotá.

Figura 37 Autopista norte - Modelo PTV Vissim con Tránsito real



Fuente Autores

Tabla 15 Resultados PTV VISSIM (Autopista Norte)

o	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>CHIA - BOGOTÁ</b>	585.14	6.51	106.65	621	1004
<b>BOGOTÁ - CHIA</b>	458.40	9.59	98.08	623	1004

Fuente Autores

La entrada por el norte de la ciudad es la que recibe mayor cantidad de vehículos al día por tal motivo tiene las restricciones más severas para vehículos articulados de carga de tal forma que afecta muy poco a la congestión vehicular. Sin embargo los pocos vehículos de carga que entran a la ciudad de Bogotá ayudan al deterioro de la malla vial donde se van originando obstáculos en la vía disminuyendo la velocidad de trayecto y el flujo normal de los vehículos particulares y de pasajeros, teniendo en cuenta también las bajas velocidades de los vehículos de carga articulados.

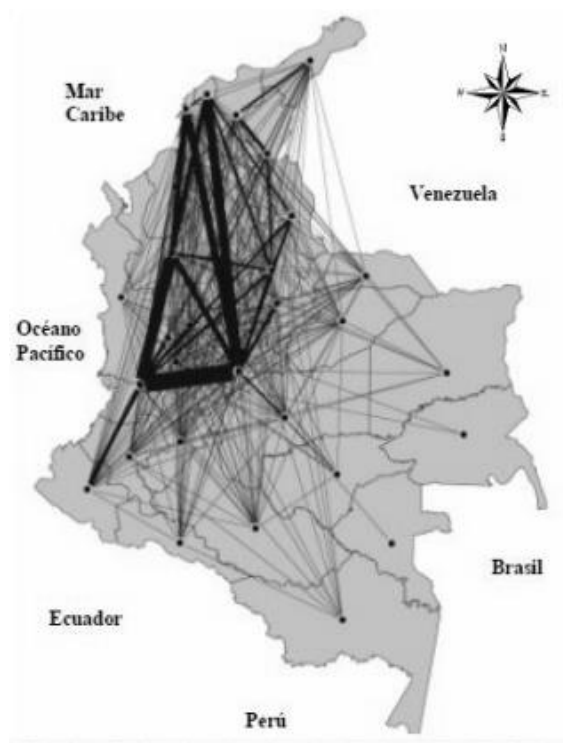
En la tabla 16 se evidencia una longitud de cola bastante amplia a comparación de los demás corredores sin embargo las demoras en tiempos son semejantes a las de los otros corredores evaluados aunque si se presente un elevado número de vehículos.



Al ser la ciudad de Bogotá el primer receptor de mercancías a nivel nacional, se convierte en un punto donde se presenta el mayor flujo de mercancías como se puede evidenciar en la Figura 38.

En la figura 39 se evidencia un plano del territorio colombiano, en donde los puntos que presentan mayores flujos de movimiento de carga por lo general son las ciudades principales en las que se resalta la ciudad de Bogotá como uno de los principales nodos y por lo tanto la necesidad de generar proyectos que potencien y mejoren la competitividad del país.

*Figura 39 Flujos de movimiento de carga en Colombia*



*Fuente: IGAC Perez (2005) (<https://www.igac.gov.co/>)*

Con el propósito de restringir el ingreso de tracto camiones articulados a la ciudad, minimizando el uso de estos vehículos de carga y los recorridos en el interior de la ciudad, ya que carece de infraestructura vial y de zonas construidas para el cargue y descargue, evidenciándose también la falta de planificación y deterioro del espacio público, generando demoras y ocupación ilegal en estas zonas.

El puerto seco a comparación de otros tipos de centros de transferencia, no solo se encarga de las actividades de manejo y almacenamiento de cualquier tipo de mercancía sino también de las gestiones de trámites aduaneros. De acuerdo al constante desarrollo y expansión tanto de la ciudad de Bogotá como de los municipios cercanos y los volúmenes de carga que se manejan diariamente, la implementación de un puerto seco a gran escala generaría ventajas como:

Se manejan grandes cantidades de mercancías mejorando las operaciones de cargue y descargue, reduciendo costos de transporte, energía y de los productos ya que el costo de la mercancía aumenta por el transporte y distribución por las diferentes rutas.

Disminuyendo el número de tracto camiones de carga pesada fluctuando por una misma ruta se mitigan impactos como los accidentes, la contaminación, el deterioro de la infraestructura y la congestión, obteniéndose unos beneficios en tema de infraestructura para la zona donde se lleve a cabo el proyecto.

Genera procesos de transporte competitivos disminuyendo tiempos, costos e impactos ya que la logística de distribución física es monitoreada y se manejan la calidad del servicio ofreciendo buenas condiciones comerciales para actividades de importación y exportación.

La reducción en los índices de contaminación ambiental, aunque en la zona en donde se lleve a cabo la construcción del puerto seco aumentaría en la generación de emisiones y de basuras, a comparación del impacto que se genera permitiendo la circulación de estos vehículos en el casco urbano es una mejor alternativa, teniendo en cuenta que en el puerto seco hay planes de mitigación de estos impactos e implementación de proyectos amigables con el medio ambiente.

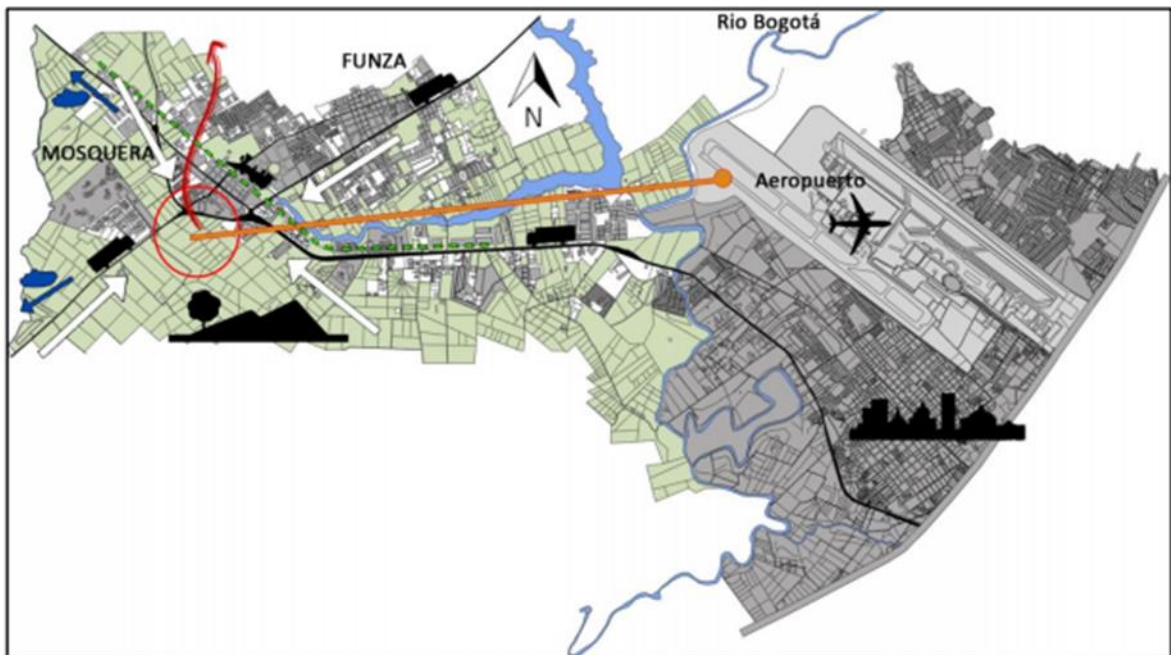
Son una extensión no solo para conectar con los municipios aledaños si no también permite conectarse a los puertos marítimos facilitando la distribución hacia y desde el interior del país y mejorando el flujo eficiente a su destino final de estas mercancías, evitando costos adicionales y aumento en tiempo de recorrido.

Estos puertos ofrecen la reducción del costo por mantener las mercancías durante largas jornadas a causa de tiempos de espera con trámites aduaneros. Así mismo se obtienen mejores accesos al comercio internacional aumentando la competitividad del país encontrándose en un solo lugar servicios logísticos y aduaneros.

#### 4.1.1. Ubicación y especificaciones del puerto seco

Según Iván Tavares hace referencia a un modelo de puerto seco ubicado en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) con una locación central a las afuera de Bogotá, la cual se observa en la figura 40 en donde se tiene la cercanía de vías férreas como un medio de transporte de mercancías que ha perdido importancia a lo largo de los años, también a 10km del aeropuerto y cerca de los municipios circunvecinos de la sabana de Bogotá. Localizado en medio de la intersección que conecta a Bogotá con la ruta del sol, autopista Medellín, autopista norte y autopista sur. (Tavares, 2013)

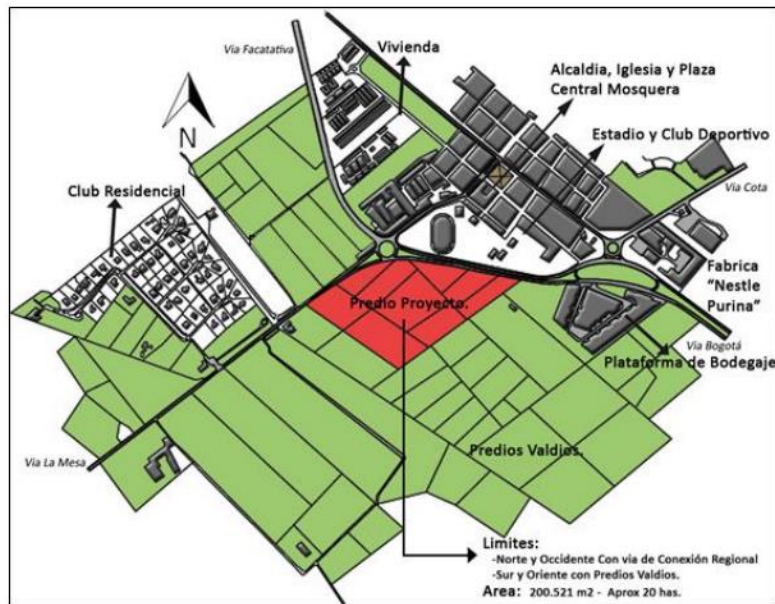
*Figura 40 Ubicación puerto seco.*



*Fuente (Tavares, 2013)*

Este puerto seco se planteó con un área total de 200.521 m<sup>2</sup> como se muestra en la figura 41.

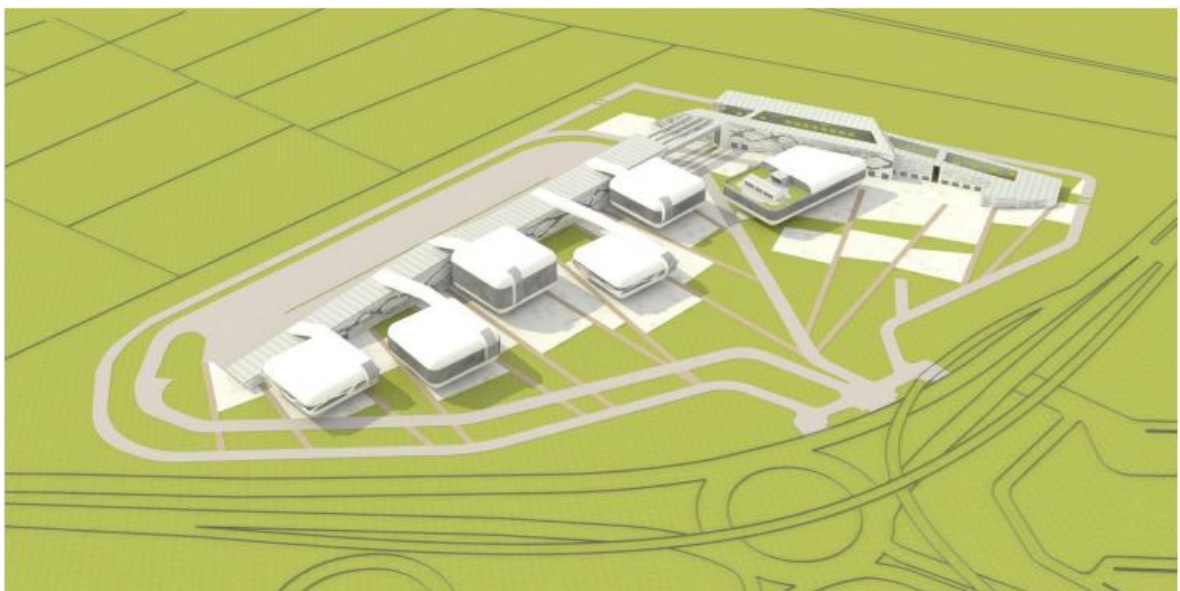
Figura 41 Localización específica



Fuente (Tavares, 2013)

A continuación en las figuras (42,43 y 44), se presentan los renders de la vista general, exterior y punto de descarga diseñados por el Arquitecto Iván Tavares.

Figura 42 Render vista general



Fuente (Tavares, 2013)

*Figura 43 Render vista exterior*



*Fuente (Tavares, 2013)*

*Figura 44 Render punto descargue*



*Fuente (Tavares, 2013)*

Estas estructuras tienen un adecuado espacio para el radio de giro de los vehículos de carga articulados ya que por sus grandes dimensiones es importante tener en cuenta que dentro del puerto seco y fuera del puerto seco exista la infraestructura suficiente para la ejecución de una buena circulación de estos vehículos, a la entrada y salida del puerto.



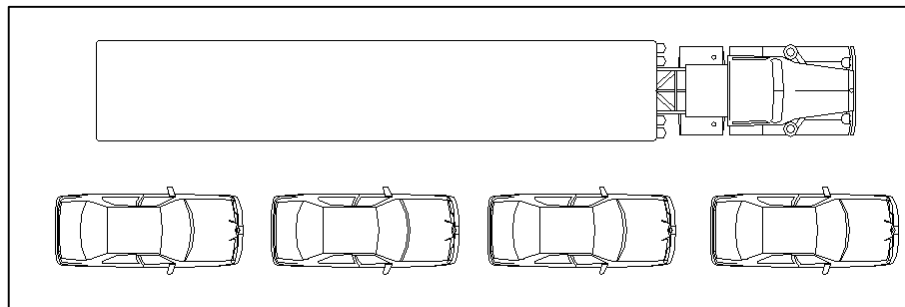
#### 4.1.2. Plan de manejo de mercancías

Una vez puesto en marcha el puerto seco se debe tener un plan de manejo de mercancías para una eficiente distribución interna y externa de la ciudad, con el cual se pueda optimizar tiempos y mitigar el impacto de la congestión dentro de la ciudad de Bogotá.

##### 4.1.2.1. Restricción vehículos articulados a la ciudad de Bogotá

Como principal opción para mitigar el impacto de la congestión se optó por restringir totalmente la entrada de los vehículos articulados de carga a la ciudad de Bogotá ya que por los motivos anteriormente expuestos, la libre circulación de estos vehículos por la ciudad afecta la movilidad por lo tanto al presentarse esta restricción los espacios intervenidos por estos vehículos con cargas de grandes dimensiones, se ocuparían por varios vehículos de categorías inferiores con mayores velocidades, como se muestra en la figura 45.

*Figura 45 Comparación espacio ocupado por vehículo de carga y vehículo particular*



*Fuente Autores*

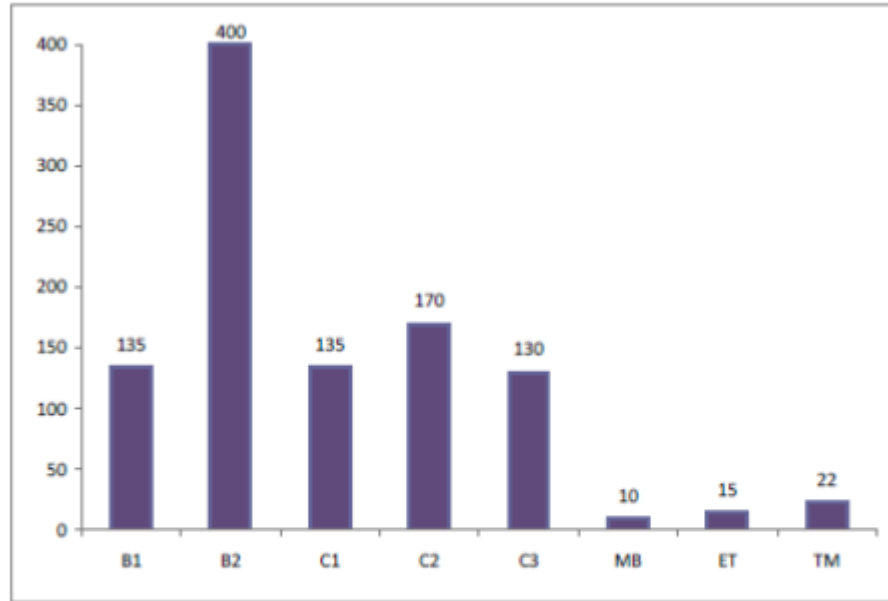
Se deben implementar una serie de excepciones para el tipo de mercancías que debe ser transportado exclusivamente en camiones articulados de carga, como la maquinaria para el sector de la construcción, transporte de combustible y transporte de madera o elementos industriales de gran tamaño.

Ventajas de la restricción de vehículos articulados

- Disminución de la congestión vehicular en la ciudad la cual se demuestra en el capítulo 5 del documento.

- Disminución en costos de operación (combustible, peajes, mantenimiento) de los vehículos articulados de carga.
- Mejoramiento de la calidad del aire de la ciudad ya que según la secretaria distrital de ambiente el transporte de carga produce alrededor de 435 ton/año de CO2.

Figura 46 Emisiones vehículos



CATEGORIA	VEHÍCULO	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONVERTIDOR CATALICO (TWC)	CILINDRAJE
B1	Bus o Buseta	Diesel	-	< 5.000 cc.
B2	Bus o Buseta	Diesel	-	≥ 5.000 cc.
C1	Camión (< 1997)	Diesel	-	< 6.000 cc.
C2	Camión (< 1997)	Diesel	-	≥ 6.000 cc.
C3	Camión (≥ 1997)	Diesel	-	-
MB	MicroBus	Diesel	-	-
ET	Bus escolar o de Turismo	Diesel	-	-
TM	Bus Articulado	Diesel	-	-

Fuente (Secretaria distrital de ambiente)

- Menor deterioro de la malla vial en especial en los corredores evaluados ya que sin el peso que ejercen estos vehículos sobre el pavimento, disminuyendo costos al distrito en mantenimiento de malla vial.
- Incremento de empleos.



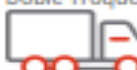
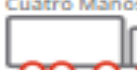
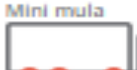
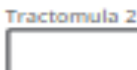
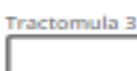
#### Desventajas de la restricción de vehículos articulados

- Aumento de costos para las empresas transportadoras en la distribución de mercancías.
- Aumento de tiempo de entrega de las mercancías.

#### **4.1.2.2. Modificación de volúmenes de tránsito efectuando la restricción de vehículos de carga articulados.**

Efectuada la restricción de los vehículos de carga articulados a la ciudad es importante tener en cuenta que esta mercancía debe ser redistribuida en vehículos de menor tamaño, a continuación se presentan los tipos de vehículos utilizados para el transporte de mercancías permitidos en Colombia e implementados por la empresa TCC Cumple que ejecuta las labores de logística y distribución de mercancías en varias partes del mundo.

Figura 47 Tipos y dimensiones de vehículos de carga.

Tipo de vehículo	Peso de la carga	Alto	Largo	Ancho	Cubicaje
 Vehículo Turbo	Hasta 4.5 Toneladas	Entre 2.20 y 2.30 metros	Entre 4 y 5 metros	Entre 2.20 y 2.30 metros	Entre 22 y 23 metros cúbicos
 Camión Sencillo Peso bruto vehicular: 16 toneladas Camiones de 2 ejes	Hasta 8.5 Toneladas	Entre 2.40 y 2.60 metros	Entre 6 y 7 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	Entre 35 y 45 metros cúbicos
 Doble Troque Peso bruto vehicular: 28 toneladas Camión rígido de 3 ejes	Hasta 17 Toneladas	Entre 2.40 y 2.60 metros	Entre 7 y 8 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	Entre 38 y 50 metros cúbicos
 Cuatro Manos Peso bruto vehicular: 36 toneladas Camión rígido de 4 ejes	Hasta 22 Toneladas	Entre 2.40 y 2.60 metros	Entre 7 y 7.60 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	Entre 38 y 50 metros cúbicos
 Mini mula Peso bruto vehicular: 32 toneladas Tracto camión	Hasta 20 Toneladas	Entre 2.20 y 2.50 metros	Entre 12 y 12.50 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	70 metros cúbicos
 Tractomula 2 Troques Peso bruto vehicular: 48 toneladas Tracto camión	Hasta 32 Toneladas	Entre 2.20 y 2.50 metros	Entre 12 y 12.50 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	70 metros cúbicos
 Tractomula 3 Troques Peso bruto vehicular: 52 toneladas Tracto camión	Hasta 35 Toneladas	Entre 2.20 y 2.50 metros	Entre 12 y 12.50 metros	Entre 2.40 y 2.50 metros	70 metros cúbicos

Fuente (TCC Cumple)

Teniendo en cuenta la figura 47 y que esta mercancía debe ser redistribuida, la equivalencia de carga del vehículo de carga articulado más grande es de 35 toneladas se puede distribuir en 2 doble troque de 17 toneladas o bien en 3 camiones sencillos de 9 toneladas, de tal forma que se duplicaría o triplicaría el tránsito de vehículos de carga. Para dar explicación a esto, se procede a realizar un modelo del corredor más crítico con la equivalencia en vehículos, para observar, evidenciar y demostrar los puntos a favor que tendría la restricción de vehículos articulados de carga a la ciudad de Bogotá.

*Tabla 16 Resultados PTV Vissim (Calle 13) Equivalencia de vehículos.*

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>MOSQUERA - BOGOTÁ</b>	120.75	7.21	185.54	351	1202
<b>BOGOTÁ - MOSQUERA</b>	115.42	6.76	100.98	524	1202

*Fuente Autores*

Según la tabla 8, 16 y 17 se evidencian los datos obtenidos por El software PTV VISSIM donde en la tabla 16 se observan las longitudes y tiempos teniendo en cuenta el aumento de tránsito de vehículos de carga de 2 ejes, restringiendo y omitiendo en VISSIM los vehículos de carga articulados. Tomando el mismo día de estudio siendo el 26 de marzo de 2018 (Véase tabla N° 1) se puede observar que de los 1.930 vehículos de carga articulados y los 3.316 vehículos de carga de 2 ejes que pasaron este día, la restricción de estos 1.930 vehículos de carga articulados incrementa a 7.176 vehículos de carga de 2 ejes pasando de 26.636 a 28.566 vehículos diarios.

Sin embargo, ya que aumenta el tránsito diario, se evidencia una mejora en la congestión restringiendo los vehículos de carga, considerando que la mercancía no se distribuye toda al mismo tiempo y por los mismos corredores. Obteniendo mejoras en la velocidad ya que los vehículos de carga de 2 ejes tienen mayor aceleración, pesan menos y sus dimensiones son menores que las de los articulados y tienen mayor maniobrabilidad a la hora de circular por las vías de la ciudad de Bogotá.

#### 4.1.2.3. Estrategias y requerimientos de distribución de mercancías

Como los vehículos de carga articulados son los principales vehículos utilizados para la distribución de mercancías, se debe suplir la necesidad mediante los siguientes ítems.

- La mercancía debe ser debidamente clasificada dentro del puerto seco y debe ser distribuida en vehículos de no más de 2 ejes.
- Los vehículos encargados del transporte deben cumplir el reglamento Euro 5.
- Se debe planear la ruta y escoger el ingreso a la ciudad más apropiado para un tiempo de entrega más efectivo.
- Implementación de la señalización que indique el tránsito prohibido de vehículos de carga articulados como se observa en la figura

*Figura 48 Circulación prohibida para vehículos de carga articulados*



*Fuente Autores*

#### 4.2. DISTRIBUCION DE MERCANCIAS EN HORARIO NOCTURNO

La industrialización y la expansión de zonas urbanas debido al constante aumento de la población en la ciudad de Bogotá, ha permitido evidenciar la falta de infraestructura y logística urbana para el manejo del transporte de carga pesada.

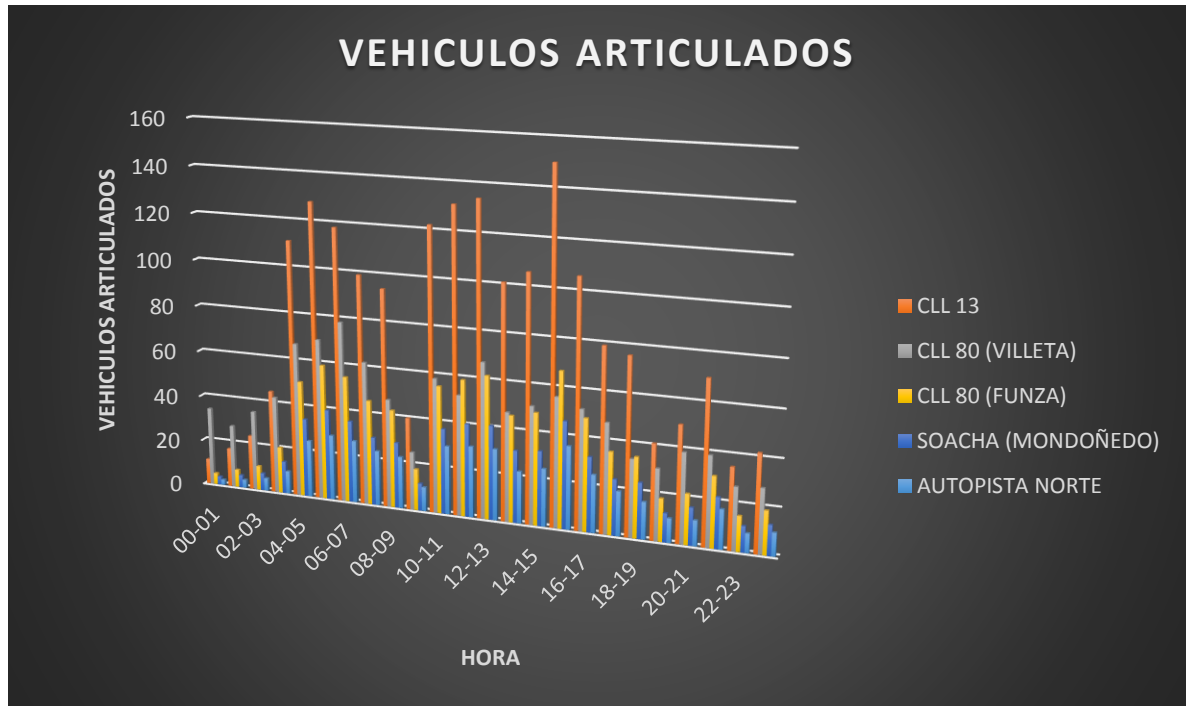
Por lo tanto la distribución de mercancías ha generado una serie de problemas como:

- Inseguridad y obstáculos a los peatones.
- Contaminación sonora y ambiental.
- Aumento de consumo de combustible fósil.
- Pérdida de tiempo y desperdicio de energía.

- Daños e intrusiones en los núcleos urbanos.
- Congestionamiento tanto en las vías principales como secundarias.

De acuerdo a los datos recolectados de los diferentes corredores viales en la gráfica que se presenta a continuación, se evidencia que los horarios en donde se encuentran un mayor flujo de camiones articulados es precisamente en las horas donde otros sistemas de transporte también están operando.

Figura 49 Gráfico vehículos articulados vs hora (Todos los corredores)



Fuente Autores

A partir de este análisis se contempla como una alternativa la implementación de la Distribución Nocturna de Mercancías (DNM) la cual para este caso se enfocaría en mitigar los impactos causados por la circulación de tracto camiones de carga en la ciudad de Bogotá. El objetivo principal es permitir el movimiento de estos vehículos en la franja nocturna en donde el flujo vehicular es más favorable y esto se llevaría a cabo creando restricciones legales permitiéndoles circular por los diferentes corredores viales en la ciudad en un horario entre las 22 horas y las 4 horas.

Entre las ventajas que presenta la DNM se encuentran:

- Reducciones de tiempos de viajes y entregas.
- Permite a los tracto camiones de carga utilizar libremente las vías urbanas.
- Reducción de emisiones de CO2.
- Permite a los tracto camiones de carga circular por lugares en donde en el día se presentan restricciones de circulación.
- Mejoras en la eficiencia logística en términos de transporte y mano de obra.
- Disminución de los vehículos en los centros urbanos reduciendo los índices de accidentalidad en las vías del casco urbano.
- Entregas en tiempos establecidos al no presentarse congestión vehicular.

Sin embargo se presentan algunas desventajas como:

- Mayor disponibilidad y responsabilidad de los encargados para recibir las mercancías.
- La contaminación acústica que presentaría esta actividad de cargue y descargue.
- Incremento en los salarios de los distribuidores ya que se trabajaría en horario nocturno.

Otro aspecto a tener en cuenta es que al implementarse la distribución nocturna de mercancías se necesita la intervención del sector público y privado con el fin de llegar a acuerdos que beneficien a ambas partes y al llevarse a cabo cumplir con las restricciones y estudiar las posibles zonas en las que no se podría circular por el tema de los problemas de los niveles de ruido que se producirían, aclarando los niveles de tolerancia. También es necesario el acompañamiento de las autoridades con el fin de brindar seguridad en las zonas donde se llevaría a cabo las actividades logísticas.



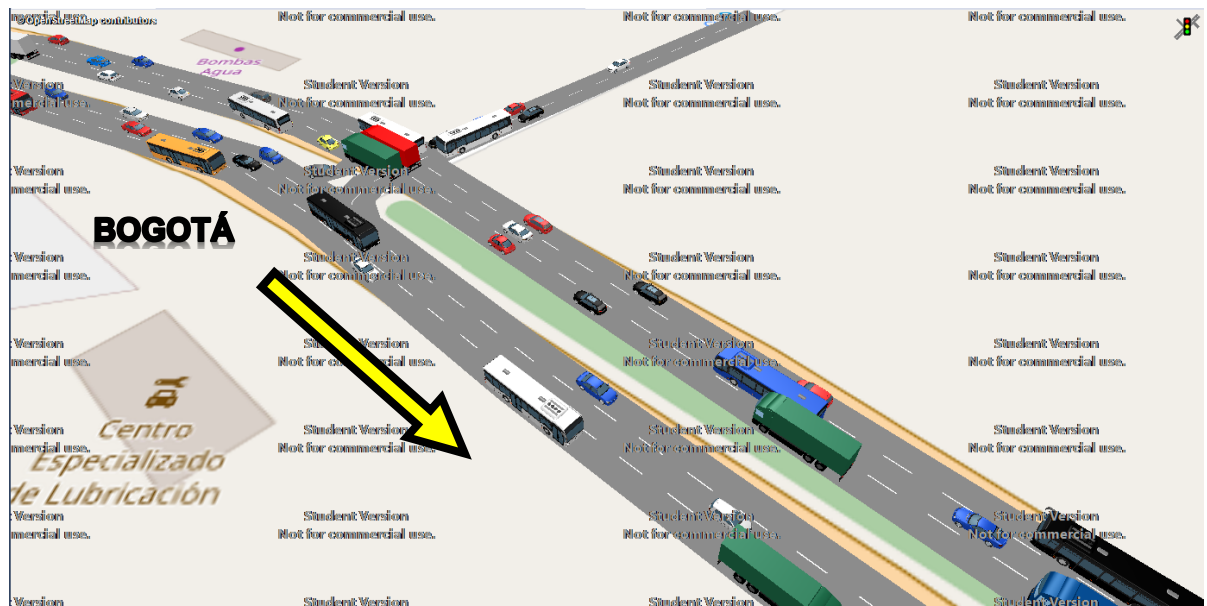
## 5. ANALISIS Y COMPARACION DE LOS RESULTADOS APLICANDO LA RESTRICCION DE LOS VEHICULOS DE CARGA

Para poder observar si se presenta una mejora en la congestión de cada uno de los principales corredores viales, es necesario desarrollar los modelos omitiendo el porcentaje de vehículos articulados de carga correspondientes para cada uno de los tramos. De las tablas (17 – 21) se encuentran los resultados arrojados por el software PTV VISSIM los cuales complementan las imágenes tomadas directamente del modelo en simulación.

### 5.1. CALLE 13. TRAMO MOSQUERA – BOGOTÁ

En la figura 50 se presenta el modelo de transito real por el corredor vial de la calle 13 desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el flujo vehicular que ingresa a la ciudad de Bogotá, con la restricción de vehículos de carga articulados

*Figura 50 Calle 13 - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados*



Fuente Autores

Tabla 17 Resultados PTV VISSIM (Calle 13) - Sin carga

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>MOSQUERA - BOGOTÁ</b>	84.94	6.18	180.74	360	1202
<b>BOGOTÁ - MOSQUERA</b>	70.37	6.04	87.48	280	1202

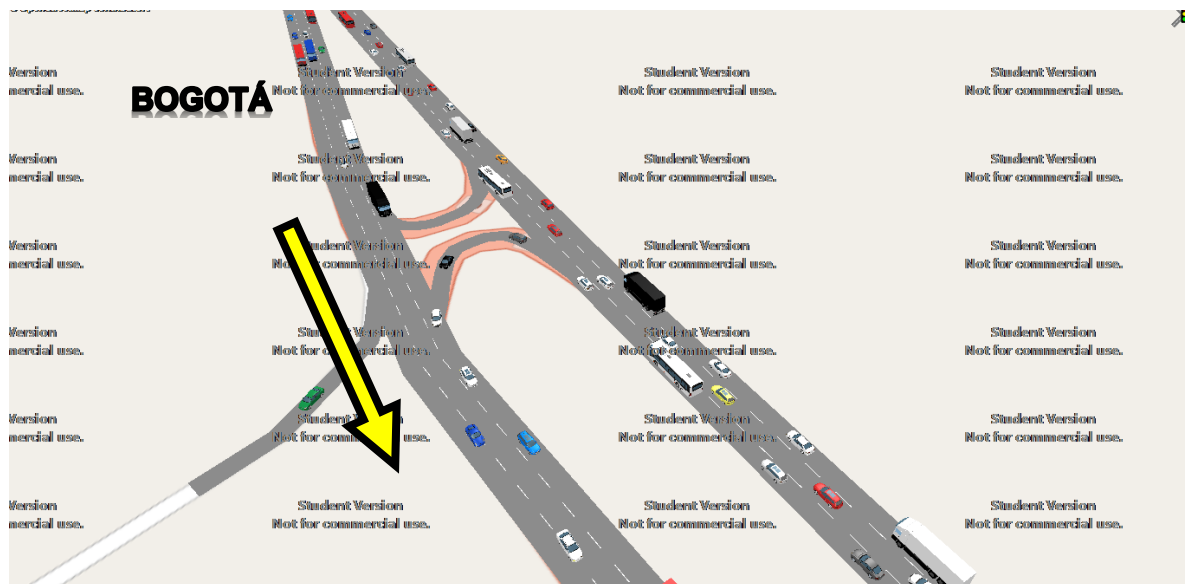
Fuente Autores

Los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación realizada se presentan en la tabla 17, y comparándola con la tabla 8 se observa la disminución de la longitud de cola y demoras en el flujo vehicular del corredor vial de la 13 que ingresa a la ciudad.

## 5.2. CALLE 80. TRAMO VILLETA – BOGOTÁ

En la figura 51 se presenta el modelo de transito real por el corredor vial de la calle 80 (tramo Villeta – Bogotá) desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el flujo vehicular que ingresa a la ciudad de Bogotá, con la restricción de vehículos de carga articulados.

Figura 51 Calle 80 (Villeta) - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados



Fuente Autores

Tabla 18 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Villeta) Sin carga

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>VILLETA - BOGOTÁ</b>	65.12	3.05	89.2	276	1003
<b>BOGOTÁ - VILLETA</b>	138.73	5.64	81.72	552	1003

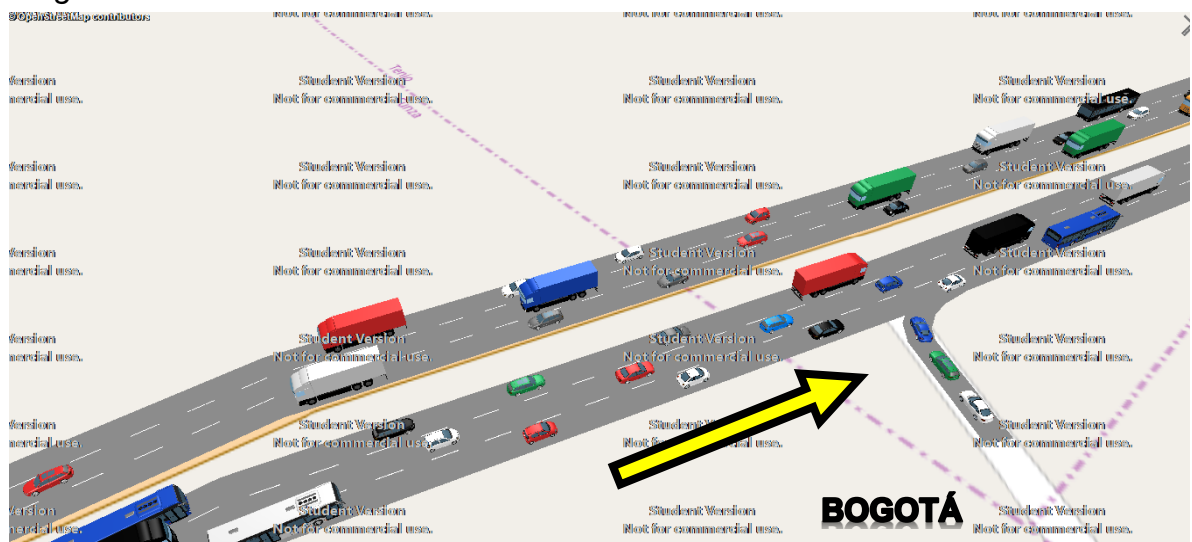
Fuente Autores

Los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación realizada se presentan en la tabla 18, y comparándola con la tabla 10 se observa la disminución de la longitud de cola y demoras en el flujo vehicular del corredor vial de la Calle 80 – Villeta que ingresa a la ciudad.

### 5.3. CALLE 80. TRAMO FUNZA – BOGOTÁ

En la figura 52 se presenta el modelo de transito real por el corredor vial de la calle 80 (tramo Funza – Bogotá) desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el flujo vehicular que ingresa a la ciudad de Bogotá, con la restricción de vehículos de carga articulados.

Figura 52 Calle 80 (Funza) - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados



Fuente Autores

Tabla 19 Resultados PTV VISSIM (Calle 80 - Funza) Sin carga

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>FUNZA - BOGOTÁ</b>	178.14	3.00	87.85	755	1027
<b>BOGOTÁ - FUNZA</b>	189.25	6.22	90.13	753	1027

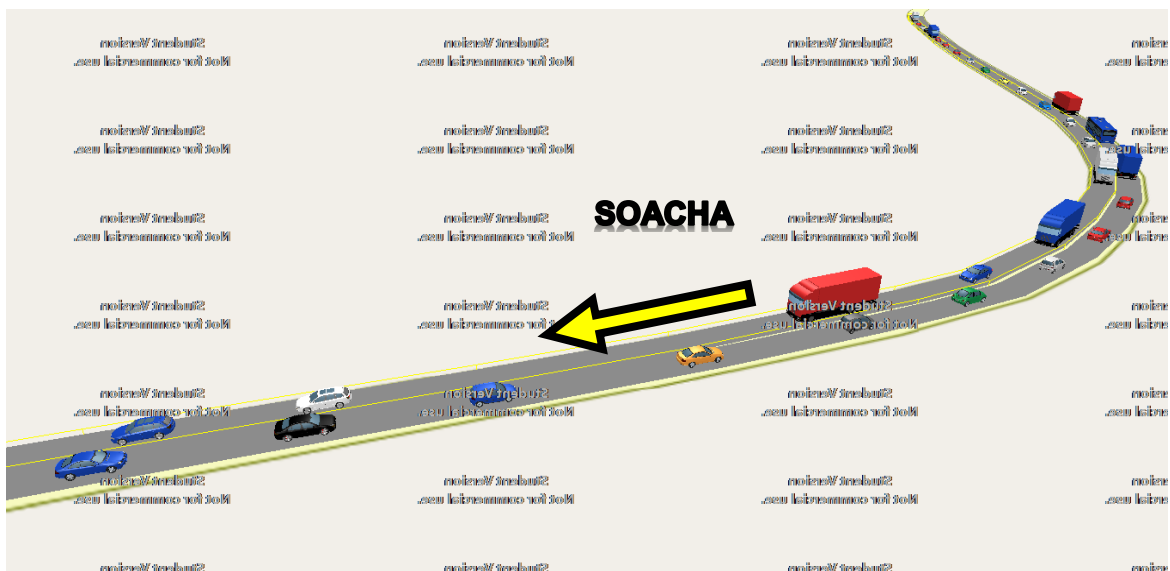
Fuente Autores

Los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación realizada se presentan en la tabla 19, y comparándola con la tabla 12 se observa la disminución de la longitud de cola y demoras en el flujo vehicular del corredor vial de la Calle 80 – Villeta que ingresa a la ciudad.

#### 5.4. RAMAL A SOACHA. TRAMO MOSQUERA SOACHA

En la figura 53 se presenta el modelo de transito real por el corredor vial Ramal de Soacha (tramo Mosquera - Bogotá) desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el flujo vehicular que ingresa a la ciudad de Bogotá, con la restricción de vehículos de carga articulados.

Figura 53 Ramal a Soacha - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados



Fuente Autores

Tabla 20 Resultados PTV VISSIM (Ramal a Soacha) Sin carga

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>MOSQUERA - SOACHA</b>	48.84	4.24	124.14	207	1040
<b>SOACHA - MOSQUERA</b>	54.03	8.11	117.44	215	1040

Fuente Autores

Los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación realizada se presentan en la tabla 20, y comparándola con la tabla 14 se observa la disminución de la longitud de cola y demoras en el flujo vehicular del corredor vial del Ramal de Soacha (Tramo Mosquera - Soacha) que ingresa a la ciudad.

### 5.5. AUTOPISTA NORTE. TRAMO CHIA – BOGOTÁ

En la figura 54 se presenta el modelo de transito real por el corredor vial Autopista Norte (tramo Chía - Bogotá) desarrollado en el software PTV VISSIM, en donde se evidencia el flujo vehicular que ingresa a la ciudad de Bogotá, con la restricción de vehículos de carga articulados.

Figura 54 Autopista norte - Modelo PTV Vissim con restricción de vehículos de carga articulados



Fuente Autores

Tabla 21 Resultados PTV VISSIM (Autopista Norte) Sin carga

	LONGITUD DE COLA(m)	TOTAL DEMORA	TIEMPO en 1000m (s)	# VEHICULOS	DISTANCIA RECORRIDA(m)
<b>CHIA - BOGOTÁ</b>	158.79	3.30	96.4	673	1004
<b>BOGOTÁ - CHIA</b>	175.42	6.64	96.23	698	1004

Fuente Autores

Los resultados obtenidos de acuerdo a la simulación realizada se presentan en la tabla 21, y comparándola con la tabla 16 se observa la disminución de la longitud de cola y demoras en el flujo vehicular del corredor vial de la Autopista Norte (Tramo Chía - Bogotá) que ingresa a la ciudad.

Se realiza un cuadro resumen en el cual se presentan los tramos principales a los que se les realizó el modelamiento de tránsito y se observan las herramientas proporcionadas por el software PTV VISSIM, enfocándose específicamente en los datos obtenidos del ingreso de los vehículos a la ciudad de Bogotá. Se evalúa este flujo vehicular teniendo en cuenta todas las categorías de vehículos y por otra parte se evalúa suponiendo que existieran restricciones para la entrada de los vehículos de categoría V, VI y VII, con el fin de comparar estos dos casos y determinar si presenta un impacto positivo o negativo en la congestión vehicular.

Tabla 22 Cuadro comparativo - Mitigación de Impacto

		TRAMO				
		MOSQUERA - BOGOTA	FUNZA - BOGOTA	VILLETA - BOGOTA	MOSQUERA - SOACHA	CHIA - BOGOTA
LONGITUD DE COLA (m)	SIN RESTRICCIO	175.26	350.52	120.61	109.3	585.14
	CON RESTRICCIO	70.37	178.14	65.12	48.84	158.79
TOTAL DEMORA	SIN RESTRICCIO	16.08	11.02	11.27	13.14	6.51
	CON RESTRICCIO	6.18	3	3.05	4.24	3.3
TIEMPO EN RECORRER 1000m (s)	SIN RESTRICCIO	263.56	180.58	184.66	215.29	106.65
	CON RESTRICCIO	180.74	87.85	89.2	124.14	96.4

Fuente Autores

En la tabla 22 se puede observar que al restringir la circulación de los vehículos de carga pesada, genera un impacto positivo en la congestión vehicular, debido a que la velocidad promedio aumentaría y los tiempos para recorrer los tramos de vías serían menores en todos los corredores evaluados, ya que observa una mejora de más del 50% en longitud de cola, demoras y tiempos arrojados por el software. El corredor que más se beneficia es el de la calle 13, ya que pasa de una longitud de cola de 175.26m a 70.37m, con solo este dato ya se evidencia que el resto de factores disminuyeron. Esta reducción en los tiempos de recorrido beneficia a los usuarios que transitan por los diferentes corredores mejorando las condiciones de movilidad y disminuyendo el mantenimiento a los vehículos y las vías.

## 6. CONCLUSIONES

Con base en el estudio realizado, el impacto negativo que generan los vehículos de carga pesada en los accesos y en las principales vías de la ciudad, conlleva a plantear la propuesta técnica de la implementación del puerto seco ubicado en Mosquera (Cundinamarca) ya que se presta para la conexión de diferentes medios de transporte de mercancía y es un municipio en el que se ha ido incrementando el desarrollo industrial, permitiendo el avance en la infraestructura vial y logística que trae la ejecución de un proyecto de esta magnitud en el país.

Mediante la clasificación de los datos facilitados por las concesiones se demuestra que el corredor de la Calle 13 es el más importante en temas de transporte de carga e ingreso de vehículos de carga articulados debido a la cercanía con los puntos de cargue y de descargue de mercancías, como también la zona franca ubicada en la localidad de Fontibón. Con respecto a los demás corredores principales evaluados en el desarrollo del proyecto, la calle 13 recibe aproximadamente 4 veces más tránsito de carga con respecto a la autopista norte, obteniendo una diferencia de hasta 1400 vehículos de carga articulados entre los dos corredores.

De acuerdo a los resultados obtenidos por parte de los modelos realizados en el software PTV VISSIM del tráfico real y actual de los principales corredores evaluados en el proyecto, arrojan un resultado gráfico donde indiscutiblemente se evidencia el problema de la congestión. Sin embargo gracias a las herramientas que contiene el software se halló una información más tangible y confiable la cual explica lo demostrado gráficamente en el transcurso de la simulación de los distintos modelos.

En relación a lo anterior, se evidencia la mejora que se obtendría con restricción total o parcial de los vehículos articulados de carga, aproximadamente de hasta 40% de ahorro en tiempos de recorrido, reduciendo también las longitudes de cola generadas por el represamiento de vehículos, brindando a los ciudadanos una mejor calidad de vida, contribuyendo al factor ambiental y la disminución de la tasa de accidentalidad generada por estos vehículos.



A partir de la identificación de uno de los principales factores que influyen en la congestión vehicular, las estrategias técnicas que se plantearon para evacuar estos vehículos se basaron en soluciones que se han llevado a cabo en otras ciudades, sin embargo, en ocasiones estas no se cumplieron o no se llegaron a desarrollar por no llegar a un acuerdo con las entidades competentes en esa ciudad, por lo tanto la implementación de estas posibles soluciones necesitan un estudio más detallado en donde se tengan en cuenta aspectos económicos, ambientales y sociales, teniendo en cuenta llegar a un acuerdo para el sector público y privado donde se evidencie los beneficios que tendrían.

Para obtener información del tránsito promedio diario que circula en la ciudad de Bogotá, los datos suministrados por las estaciones que se encuentran en las principales vías de acceso permiten observar por medio de las modelaciones de tránsito realizadas con el software PTV VISSIM, una situación actual de cada corredor lo más cercana posible a la realidad, permitiendo presentar una base sustentable para complementar estudios que se deseen realizar en otros campos de investigación.

Mediante las encuestas aplicadas a los ciudadanos y conductores, se puede concluir que los dos sectores están de acuerdo con la restricción y el manejo de mercancías en vehículos de menor tamaño, ya que se les pudo dar a entender los beneficios, y durante el desarrollo del proyecto se buscó un equilibrio de tal forma que los impactos positivos fueran mayores a los negativos para los dos sectores.

Pese a la normativa actual, se puede concluir que no es suficiente y es poco efectiva, favoreciendo unos corredores y siendo imparcial con otros, de tal forma que aunque los conductores de los vehículos de carga cumplen la norma, la mejora y el beneficio es mínimo, lo que conlleva a buscar nuevas y más eficientes soluciones.

En el análisis gráfico realizado mediante los modelos se puede observar una mejoría en la velocidad de todos los corredores evaluados ya que al no tener vehículos articulados de carga circulando libremente por la ciudad, disminuye la longitud de cola que es producida por las bajas velocidades de estos vehículos como lo confirma la tabla 22, donde se hace constar y se demuestra que la influencia de estos vehículos es mayor con respecto a otros factores influyentes en la congestión en la ciudad de Bogotá.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los estudios previos y respectivos diseños para la construcción del puerto seco incluyendo un estudio económico y ambiental para confirmar la factibilidad del proyecto.

Se recomienda tener mayor comunicación de parte del gobierno distrital y los municipios circunvecinos para efectuar planes de movilidad integrados para mitigar el problema de la congestión en las principales entradas a la ciudad de Bogotá.

La realización del debido mantenimiento a la malla vial es de gran importancia en el tema de la congestión ya que el deterioro de la misma causada por el aumento del tránsito a lo largo de los últimos años ha generado la aparición de baches los cuales afectan también el tiempo de recorrido de los vehículos.

Se recomienda hacer el replanteo del sistema de semaforización en el corredor de la calle 13 ya que la falta de sincronización entre sentidos ha ocasionado un aumento en el tiempo de parada de los vehículos restringiendo el libre flujo, provocando que el vehículo se detenga muy seguido.

Se recomienda la evaluación de los principales puntos de concentración de pasajeros y construcción de más paradas de autobuses en las principales entradas a la ciudad ya que los buses intermunicipales reducen en un carril el total de la calzada, generando un embotellamiento en esos puntos en específico.

Es necesario el diseño y construcción de andenes por la calle 13 sentido oriente occidente y una optimización del alcantarillado de este corredor ya que en épocas de lluvias el alcantarillado es ineficiente generando represamiento de basura y aguas lluvias, dejando en funcionamiento un solo carril.

Se recomienda la implementación de la respectiva señalización para la restricción horaria y de vehículos de carga articulados.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACCENORTE.** Accesos Norte de Bogota. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2018.] <http://www.accenorte.com/index.php>.

**Alcaldía de Bogota. 2013.** Decreto 520 de 2013. [En línea] Noviembre de 2013. [Citado el: 21 de 08 de 2013.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=55472>.

**Amado Pàez, Edison Camilo y Capador Gonzalez , David Esteban. 2016.** [En línea] 2016. [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] [http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2942/4/Proyecto\\_Calle%2013\\_502458-502471.pdf](http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2942/4/Proyecto_Calle%2013_502458-502471.pdf).

**Arsenio Vallverdu Director de Carrera de la escuela de Construcción de DuocUC.** EBM Construcción. [En línea] [Citado el: 02 de 04 de 2018.] <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=535&tip=2&xit=pavimentos-en-infraestructura-vial-avances-y-desafios>.

**Bogotá, Cámara de Comercio de y Andes, Universidad de los.** [bibliotecadigital.ccb.org.co](http://bibliotecadigital.ccb.org.co). [En línea] [Citado el: 14 de 09 de 2017.] <http://hdl.handle.net/11520/2030>. No. 1 • ISSN. 20271026.

**Button, K. J. and Pearman, A. D. 1981.** *The Economics of Urban Freight Transport*. Londres : Macmillan Press, 1981.

**Cal y Mayor, Rafael y Cardenas, James. 2007.** *Ingenieria de Transito, Fundamentos y Aplicaciones*. s.l. : Alfaomega, 2007. Vol. 8.

**Cámara de Comercio de Bogotá. 2016.** [bibliotecadigital.ccb.org.co](http://bibliotecadigital.ccb.org.co). [En línea] 12 de 2016. [Citado el: 15 de Septiembre de 2017.] [http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/18536/Boletin\\_de\\_logistica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/18536/Boletin_de_logistica.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**Castro Camargo, Diego y Trujillo Alfonso, Estefania. 2013.** Estrategias para el desarrollo de puertos secos en Colombia. [En línea] Junio de 2013. <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4489/1125248258-2013.pdf;jsessionid=EA6D98995C5CE54423A6D63ED9A5E4E3?sequence=1>.

**CONCESION CCFC. TARIFAS Y PEAJES.** [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2018.] <http://www.cafc.com.co/pagdet.aspx?idpag=15&AspxAutoDetectCookieSupport=1>.

**Concesion Sabana de Occidente.** Autopista Bogota - Villeta. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2018.] <http://www.csosas.com>.

**Concesionaria Vial del Oriente.** Proyecto corredor vial Villavicencio – Yopal. [En línea] <http://www.covioriente.co/portfolio/general2/>.

**CORMETAL.** Semi- remolque. [En línea] <http://cormetal.com.ar/wp-content/uploads/2015/10/Semirremolque-Sider-Cormetal.jpg>.

**DE CAMIONES.** Camion Tractor. [En línea] <http://decamiones.com/camion-tractor.php> .

**DEVISAB.** Desarrollo vial de la sabana. [En línea] [Citado el: 20 de 04 de 2018.] <http://devisab.com/>.

**Diana Marcela Arbelaez Peñaranda. 2014.** Prezi. [En línea] 05 de 06 de 2014. [Citado el: 03 de 04 de 2018.] <https://prezi.com/isskoe0ytiek/los-corredores-viales/>.

**Díaz, Carlos Antonio, Galetovic, Alexander y Sanhueza, Ricardo. 2003.** LA REGULACION DEL TRANSPORTE DE CARGA EN SANTIAGO: CARACTERISTICAS, EVALUACION Y PROPUESTAS. [En línea] 03 de 2003. [Citado el: 14 de 19 de 17.] [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-68212003011900001&lng=es&nrm=iso#Button1981](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-68212003011900001&lng=es&nrm=iso#Button1981).

**Dirrección General de Autopista Federal.** Glosario Estadística Básica del Autotransporte Federal 2008. [En línea] [Citado el: 02 de 04 de 2018.] [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST\\_BASICA/EST\\_BASICA\\_2008/EB2008-12-GLOSARIO.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2008/EB2008-12-GLOSARIO.pdf).

**DOGGUIE.** Accidentes de Carga Pesada. [En línea] <https://www.dogguie.net/accidentes-de-carga-pesada/> .

**Glosario Ministerio de transporte.** mintransporte. [En línea] [Citado el: 02 de 09 de 2017.] <https://www.mintransporte.gov.co/Glosario>. Glosario.

**Hernandez, Alvaro Sanchez.** Nuevo reglamento Euro 5 y Euro 6. [En línea] <http://www.appcesvimap.com/revista/revista72/pdfs/Electromecanica.pdf>.

**INVIAS.** INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. [En línea] <https://www.invias.gov.co/>.

**Leal, Erick y Perez Salas, Gabriel. 2009.** *PLATAFORMAS LGISTICAS: ELEMENTOS CONCEPTUAIES Y ROL DEL SECTOR PUBLICO.* 2009.

**MECANICA Y MOTORES.** TIPOS DE VEHICULOS. [En línea] <http://www.mecanicaymotores.com/imagenes/contenido/originales/camiones-carga-1.jpg>.

**Ministerio de Transporte. 2008.** Diagnostico del Sector Transporte. [En línea] 2008. [Citado el: 12 de 09 de 2017.]  
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=4305>.

—. **1988.** Resolucion 10791 de 1988. [En línea] 21 de Diciembre de 1988.

**Ministerio de transporte-Resolución 13791 de 1988. 1988.** Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. [En línea] 21 de 12 de 1988. [Citado el: 16 de 04 de 18.]  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=14578>.

**Movilidad, Entidad 113 Secretaria Distrital de. 2017.**

[www.movilidadbogota.gov.co](http://www.movilidadbogota.gov.co). [En línea] 24 de Enero de 2017. [Citado el: 15 de Agosto de 2017.]  
<http://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/6%20Fichas%20EBI-D%20SDM%20PDD%20BMPT%202016.pdf>.

**pits, Transporte de carga de. 2011.** Transportedecargadepits. [En línea] 29 de 09 de 2011. [Citado el: 02 de 04 de 2018.]  
<https://transportedecargadepits.wordpress.com/2011/09/29/definicion-del-servicio-de-transporte-de-carga/>.

**Plan Maestro de Movilidad.** Secretaria Distrital de Movilidad. [En línea] [Citado el: 10 de 09 de 2017.] <http://www.movilidadbogota.gov.co/web/plan-maestro-movilidad>.

**Portal SDP.** Portal SDP. [En línea] [Citado el: 02 de 04 de 2018.]  
[http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/OrdenamientoTerritorial/upzenprocesoderevision/QueEs/mapa\\_upz.jpg](http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/OrdenamientoTerritorial/upzenprocesoderevision/QueEs/mapa_upz.jpg).

**Secretaria de Planeacion de Bogota.** Unidades de Planeamiento Zonal. [En línea] [Citado el: 13 de 09 de 2017.]  
<http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/OrdenamientoTerritorial/upzenprocesoderevision/QueEs>.

**Secretaria distrital de ambiente.** [En línea]  
<http://www.ambientebogota.gov.co/es/>.

**Secretaria Distrital de Movilidad.** Delimitación de zonas de circulación y restricción para vehículos de transporte de carga en la ciudad de Bogotá D.C. [En línea] [Citado el: 20 de 08 de 2017.]  
<http://www.movilidadbogota.gov.co/web/node/1987>.

—. **2016.** [movilidadbogota.gov.co](http://www.movilidadbogota.gov.co). [En línea] 10 de 06 de 2016. [Citado el: 14 de 09 de 2017.]  
<http://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/17.%20FICHAS%20EBI-D%20BMPT%20SDM%2013062016.pdf>.

**Tavares, Ivan. 2013.** CENTRO LOGÍSTICO INDUSTRIAL Y PLATAFORMA LOGÍSTICA MOSQUERA/FUNZA. [En línea] 2013.

<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/18103>.

**TCC Cumple.** TCC Logística y transportes de mercancías. [En línea]

<https://www.tcc.com.co/logistica/servicios-y-productos/carga-masiva-2/tipos-de-vehiculos/>.

**TIPOS DE EJES.** [En línea] <http://www.cuevadelcivil.com/2011/04/clases-y-tipos-de-ejes.html> .

**TRANSMARES.** TRANSMARES LOGÍSTICA INTEGRAL. [En línea]

<http://www.tmli.com.co/es/herramientas/detalle-de-camiones>.

**TRANSPORTE.** ZONA DE CARGA. [En línea] <http://www.transporte.mx/dan-prorroga-a-transportistas-para-circula-por-zona-metropolitana-de-monterrey/> .

**Universidad de los Andes - Cámara de Comercio de Bogotá. 2016.** ¿Como mejorar la Movilidad de los Bogotanos? [En línea] 09 de 2016. [Citado el: 11 de 09 de 2017.]

<http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/13604/20%20como%20mejorar%20la%20movilidad%20de%20los%20bogotanos%20version%20para%20impresion%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Universidad de los Andes.** Aforo Vehicular. [En línea] [Citado el: 11 de 09 de 2017.]

[https://cicloviarecreativa.uniandes.edu.co/english/planning/anexos/Protocolo\\_%20aforovehicular.docx](https://cicloviarecreativa.uniandes.edu.co/english/planning/anexos/Protocolo_%20aforovehicular.docx).

**URBANISMO Y TRANSPORTE.** Que es un puerto seco. [En línea]

<http://urbanismoytransporte.com/que-es-un-puerto-seco/> .

## ANEXOS

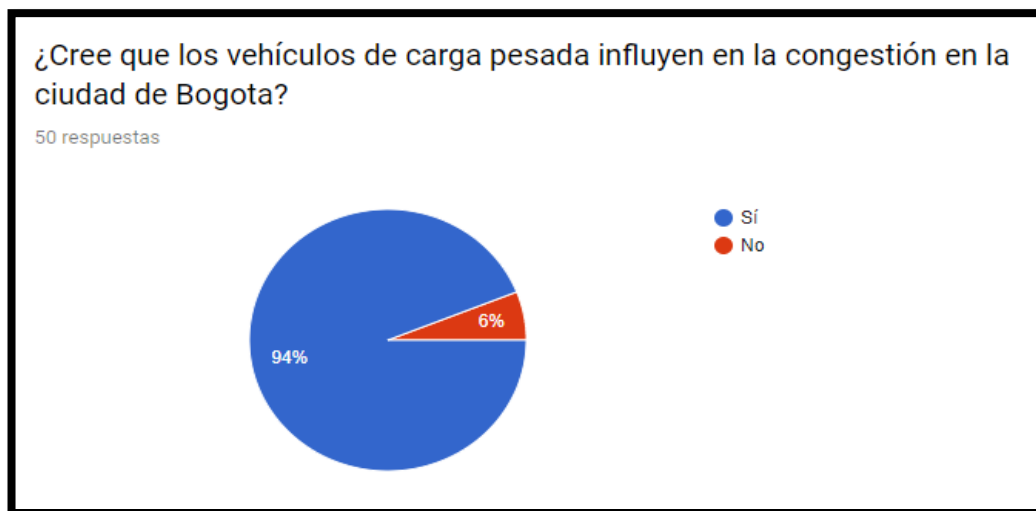
### A.1. ENCUESTAS

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron encuestas con preguntas cerradas que tenían como objetivo conocer la opinión tanto de los conductores de vehículos articulados de carga pesada quienes son los originarios del problema expuesto en el desarrollo del documento y por otro lado se conoció la opinión de los ciudadanos quienes son los que viven el problema a diario.

Para esto se diseñaron dos encuestas dirigida a ciudadano y conductor donde se evidencio el punto de vista acerca de la propuesta base del proyecto. En la aplicación de las encuestas se observó una variedad de opiniones las cuales fueron de gran ayuda a la hora de desarrollar y dar comienzo a la ejecución del proyecto. Las preguntas y respuestas se pueden observar en las siguientes figuras donde se evidencia el porcentaje de ciudadanos y conductores de acuerdo o desacuerdo.

#### A.1.1. Encuesta ciudadanos.

*Figura 55 Pregunta 1 - Encuesta ciudadanos.*

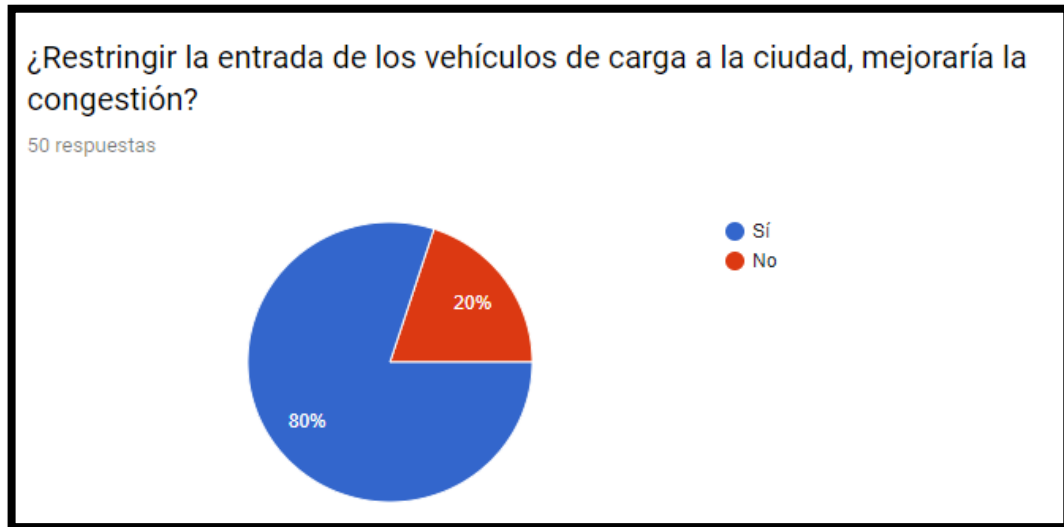


*Fuente: Autores*

Evidentemente el porcentaje de aprobación por parte de los ciudadanos es mayor al de desaprobación. Un 94% del total de los encuestados es consciente de que los

vehículos de carga articulados son un factor importante que origina la congestión y una serie de factores que se desprenden; como la contaminación y el deterioro de la malla vial.

*Figura 56 Pregunta 2 - Encuesta ciudadanos.*

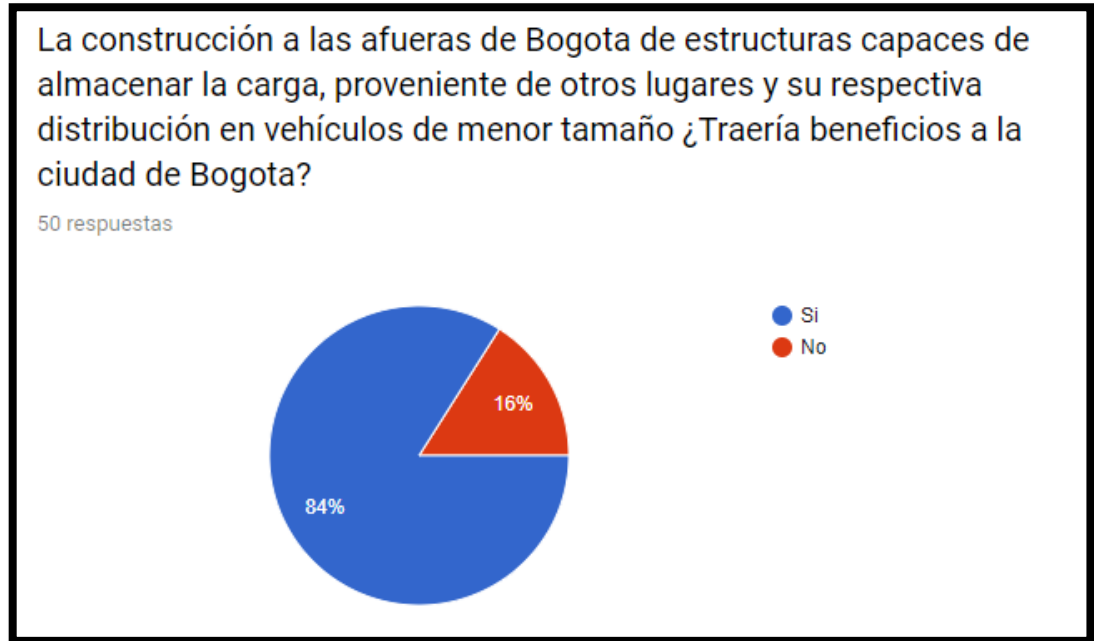


*Fuente: Autores*

El porcentaje en desacuerdo con respecto a si se observaría una mejora restringiendo los vehículos de carga de la ciudad hace referencia a la importancia que tiene el transporte de carga dentro de la ciudad.



Figura 57 Pregunta 3 - Encuesta ciudadanos.



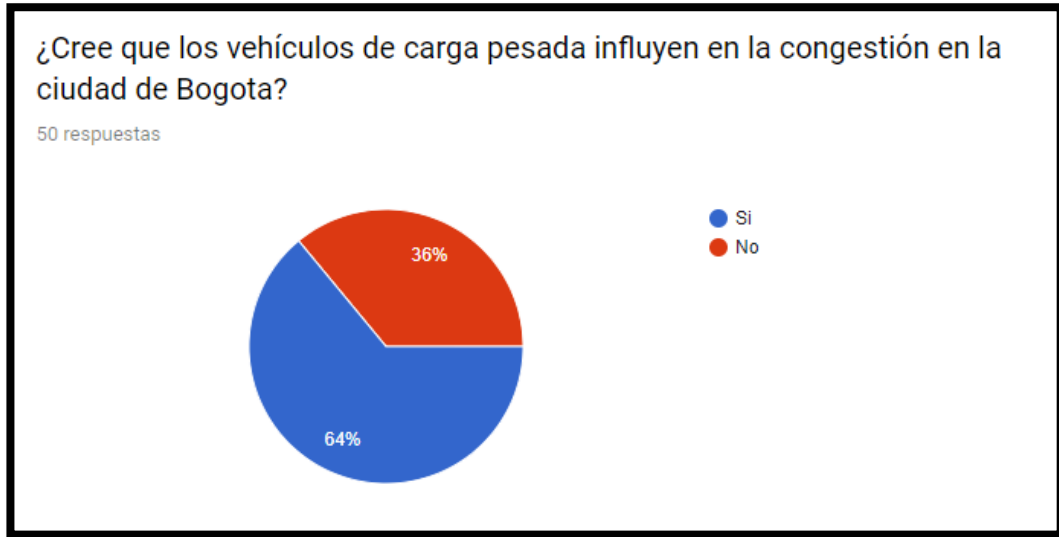
Fuente: Autores

### A.1.2. Encuesta conductores

La opinión en esta encuesta estuvo dividida debido a que en el transcurso de la realización de las encuestas, se visitaron varios lugares de cargue y descargue de vehículos articulados donde se pudo observar que dependiendo del tipo de carga y de empresa a la cual trabajan estos transportadores cambia su forma de percepción acerca de la congestión.

Para estos conductores encargados del transporte de mercancías es de gran importancia el ámbito económico y el factor tiempo, de tal forma que para evitar un tiempo de demora alto, optan por tomar vías alternas, aumentando el combustible y deterioro del vehículo afectando considerablemente la economía de los transportadores

Figura 58 Pregunta 1 - Encuesta conductores.



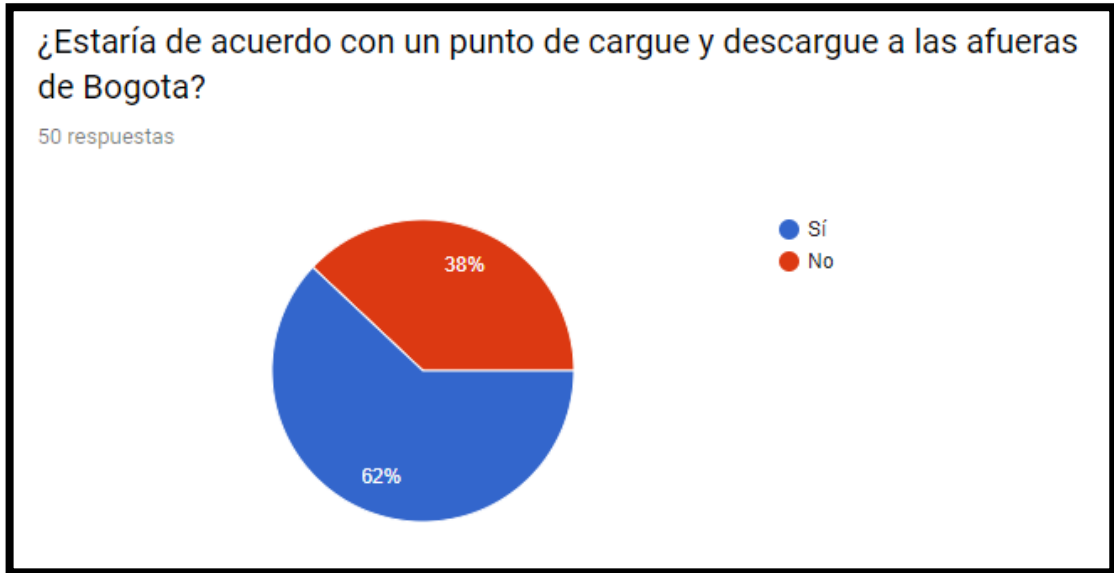
Fuente: Autores

Figura 59 Pregunta 2 - Encuesta conductores



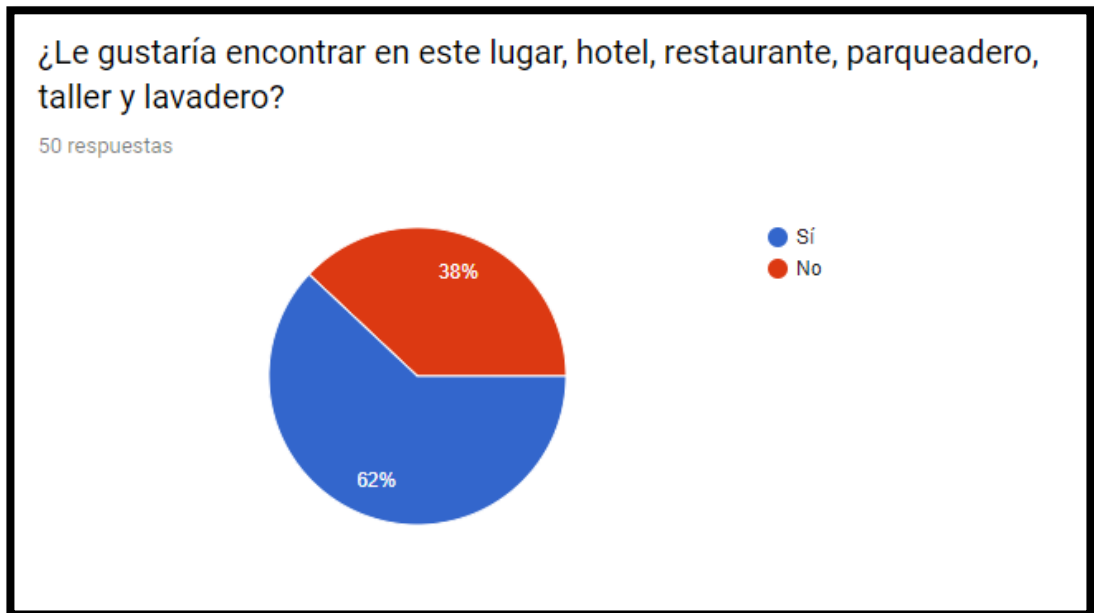
Fuente: Autores

Figura 60 Pregunta 3 - Encuesta conductores



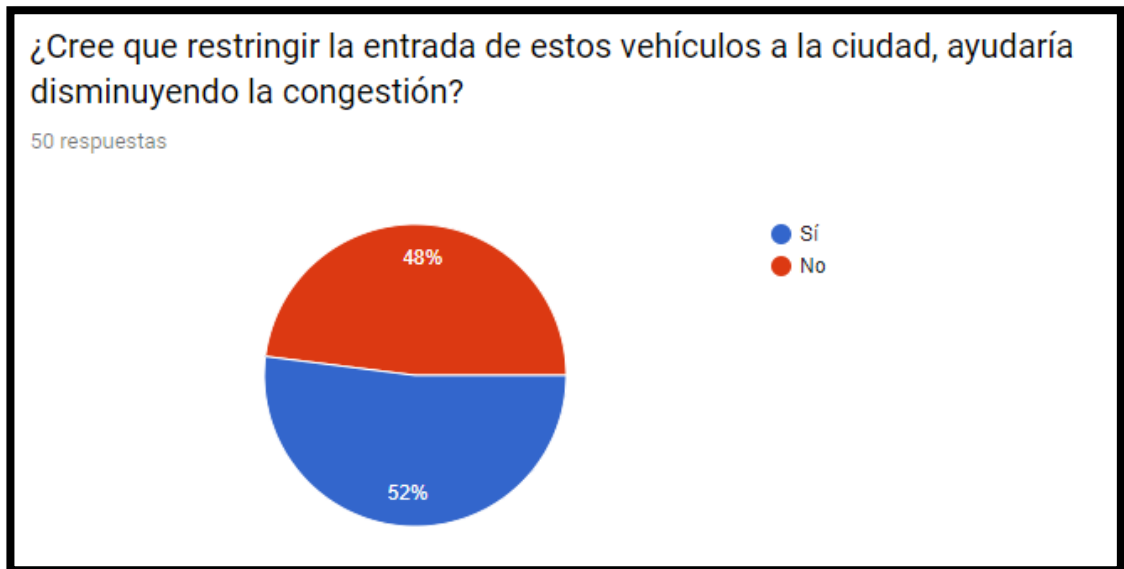
Fuente: Autores

Figura 61 Pregunta 4 - Encuesta conductores



Fuente: Autores

Figura 62 Pregunta 5 - Encuesta conductores



Fuente: Autores

## A.2. Cronograma de actividades

Tabla 23 Cronograma de actividades

ACTIVIDADES		OCTUBRE		NOVIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO	
Nº	SEMANA	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
1	Anteproyecto																												
1.1	Entrega Anteproyecto	■																											
1.2	Aprobacion Anteproyecto		■																										
2	Desarrollo Proyecto																												
2.1	Busqueda de informacion			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■														
2.2	Inicio tramite solicitud informacion concesiones																												
2.3	Radicacion solicitudes																												
2.4	Obtencion informacion																												
2.5	Clasificacion informacion																												
2.6	Redaccion y formato documento																												
2.7	Realizacion modelos en PTV VISSIM																												
2.8	Redacion propuesta tecnica																												
2.9	Conclusiones y Recomendaciones																												
3	Entrega documento																												
3.1	Entrega Articulo																												
4	Revision y correccion																												
5	Entrega final																												
6	Socializacion																												

Fuente Autores