

**DISEÑO DE UN MODELO PARA MEDIR EL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS
PÚBLICAS EN LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN URBANA EN BOGOTÁ**

DANIELA FLÓREZ CERON

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

**DISEÑO DE UN MODELO PARA MEDIR EL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS
PÚBLICAS EN LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN URBANA EN BOGOTÁ**

DANIELA FLÓREZ CERON

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

**ORIENTADOR
FLORENTINO MORENO SALCEDO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN (Dirección de Programa)

Florentino Moreno Salcedo
Administrador de Empresas

Rene Aponte Escobar
Economista

Luis González Restrepo
Economista

Bogotá, D.C. Agosto de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario general

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Programa Ingeniería Industrial

Dr. Jorge Emilio Gutiérrez Cancino

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores, y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento, estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

A mi madre Marcela quien ha estado conmigo desde mi niñez; creyó en mí y me brindó su apoyo y consejo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A todos mis compañeros de LOGYCA / INVESTIGACIÓN por su continuo apoyo y aporte de conocimiento para desarrollar este trabajo y que con su continua guía me han ayudado a crecer de forma profesional y personal.

A los docentes que durante este camino influyeron con sus lecciones y experiencias para formarme para la vida profesional, a todos y cada uno de ellos gracias por la ayuda brindada en cada momento de esta etapa.

Al docente Florentino Moreno por su continuo apoyo y motivación a lo largo de este proyecto.

Muchas gracias

Por último, agradezco profundamente el apoyo de mis asesores externos el Ingeniero David Andrés Hidalgo, el Ingeniero Andrés Felipe Archila, el Ingeniero Nelson Rodríguez, el Ingeniero Luis Carlos Sanchez y al Doctor Christopher Mejía quienes me brindaron todas las herramientas para culminar este proyecto con éxito.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DIAGNÓSTICO	21
1.1 ANÁLISIS PESTAL COLOMBIA	21
1.1.1 Factor político – legal	21
1.1.2 Factor económico	23
1.1.3 Factor social	27
1.1.4 Factor tecnológico	30
1.1.5 Factor ambiental - legal	31
1.2 PESTAL BOGOTÁ	33
1.2.1 Factor político – legal	33
1.2.2 Factor económico	34
1.2.3 Factor social	36
1.2.4 Factor tecnológico	38
1.2.5 Factor ambiental – legal	39
1.3 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN EN LAS EMPRESAS	41
1.4 DIAGNÓSTICO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS LOGÍSTICAS QUE AFECTAN O INTERVIENEN CON LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN URBANA.	49
1.5 PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS	55
1.6 ANÁLISIS DOFA	58
2. PROCESO DE DISTRIBUCIÓN URBANA DE CARGA ACTUAL	60
2.1 ACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN URBANA	60
2.2 ESCENARIO FÍSICO	66
2.3 PROCESO DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL	67
2.4 ENTREVISTAS A EXPERTOS	69
2.5 BRECHAS EN EL PROCESO ACTUAL	73
3. MODELO PROPUESTO	76
3.1 METODOLOGÍA	76
3.1.1 Obtención de información de las compañías	76
3.1.2 Determinar zona de distribución de las compañías y periodo de tiempo a analizar	77
3.1.3 Selección de políticas públicas	78
3.1.4 Conformación de rutas y cálculo de tiempo origen destino	79
3.1.5 Construcción del modelo matemático	81
3.1.5.1 Supuestos	82

3.1.5.2 Variables	82
3.1.5.3 Alternativas	83
3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA	94
3.2.1 Plantilla de instrucciones	94
3.2.2 Tiempo de ruta	95
3.2.3 Alternativa 1	95
3.2.4 Alternativa 2	96
3.2.5 Alternativa 3	96
3.2.6 Resultado gráfico	97
3.2.7 Escenarios	97
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
4.1 ANÁLISIS CUALITATIVO	98
4.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO	101
4.2.1 Escenario 1	101
4.2.2 Escenario 2	102
4.2.3 Escenario 3	103
4.2.4 Escenario 4	104
4.2.5 Escenario 5	104
4.2.6 Escenario 6	105
4.2.7 Escenario 7	106
4.2.8 Escenario 8	107
4.2.9 Escenario 9	108
4.3 ANÁLISIS GENERAL	109
5. ANÁLISIS AMBIENTAL	111
6. ANÁLISIS FINANCIERO	114
7. CONCLUSIONES	117
8. RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	119
ANEXOS	125

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Normativa ambiental colombiana	31
Cuadro 2. Normativa ambiental de Bogotá	39
Cuadro 3. Cordones de ingreso y salida de vehículos de carga en Bogotá	47
Cuadro 4. Tipos de políticas públicas logísticas	50
Cuadro 5. Estrategias de implementación Plan Maestro de Movilidad	52
Cuadro 6. Actividades desarrolladas por el observatorio de transporte de carga	53
Cuadro 7. Restricciones y condiciones de tránsito por zona	54
Cuadro 8. Secciones viales según POT	54
Cuadro 9. Disposiciones y restricciones Decreto 690 de 2013	55
Cuadro 10. Causas de los impactos de las PPL en los procesos de distribución urbana	57
Cuadro 11. Matriz DOFA	58
Cuadro 12. Actividades del proceso de distribución actual	68
Cuadro 13. Resultados primera pregunta	69
Cuadro 14. Resultados segunda pregunta	70
Cuadro 15. Brechas y buenas prácticas en el proceso actual	74
Cuadro 16. Metodologías para solucionar el problema de transporte	81
Cuadro 17. Ecuaciones de la alternativa 1	84
Cuadro 18. Ecuaciones de la alternativa 2	86
Cuadro 19. Ecuaciones de la alternativa 3	90
Cuadro 20. Estrategias para mejorar el proceso de distribución urbana	100
Cuadro 21. Áreas de impacto de las políticas públicas en la distribución urbana	110
Cuadro 22. Matriz de impacto ambiental	111
Cuadro 23. Estrategias de mitigación de impacto ambiental	113
Cuadro 24. Expectativas de reducción del costo logístico	116

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición del PIB colombiano – oferta	24
Tabla 2. IPC Variación año corrido, según grupos de gasto febrero 2016	25
Tabla 3. Crecimiento del PIB % en el posconflicto. Colombia 2015	26
Tabla 4. Distribución porcentual de la población ocupada por rama de actividad	29
Tabla 5. Crecimiento del PIB en Bogotá, Colombia y América Latina (2003 - 2014)	35
Tabla 6. Índices por dimensiones de ICUR para Bogotá 2013 – 2014	44
Tabla 7. Establecimientos industriales por localidad	62
Tabla 8. Número de habitantes por localidad en Bogotá	64
Tabla 9. Principales retos para las empresas en la distribución urbana	71
Tabla 10. Buenas prácticas en distribución urbana	72
Tabla 11. Tiempo de ruta para el vehículo A	79
Tabla 12. Matriz de tiempos para el modelo TSP	85
Tabla 13. Restricciones de la alternativa 2	89
Tabla 14. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 1	101
Tabla 15. Ruta de distribución para vehículo A en el escenario 2	102
Tabla 16. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 3	103
Tabla 17. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 4.	104
Tabla 18. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 5.	105
Tabla 19. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 6	105
Tabla 20. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 7	106
Tabla 21. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 8	107
Tabla 22. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 9	108
Tabla 23. Inversión para el proyecto	114

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Densidad Poblacional en Colombia	28
Imagen 2. Política pública logística Bogotá Región	34
Imagen 3. Número de habitantes por localidad en Bogotá	37
Imagen 4. Cordones viales de Bogotá	48
Imagen 5. Producción industrial por localidad	63
Imagen 6. Tráfico en Bogotá – 12:00 m a 4:00 pm	66
Imagen 7. Distribución de mercancía en una semana	78
Imagen 8. Zona de respuestas	85
Imagen 9. Formulación en Solver de la Alternativa 1	86
Imagen 10. Tabla de tiempos de ruta transpuesta	87
Imagen 11. Diseño de filas de Origen y Destino	88
Imagen 12. Formulación de la alternativa 2 en Solver	90
Imagen 13. Zona de resultados	91
Imagen 14. Formulación en Solver de la alternativa 3	93
Imagen 15. Plantilla de instrucciones del modelo	94
Imagen 16. Plantilla para asignación de tiempos de ruta	95
Imagen 17. Plantilla Alternativa 1	95
Imagen 18. Plantilla Alternativa 2.	96
Imagen 19. Plantilla modelo final	97
Imagen 20. Representación gráfica de la ruta	97
Imagen 21. Visualización del proceso de distribución	98
Imagen 22. Movilidad en Bogotá	99
-	

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Composición del PIB colombiano	23
Gráfico 2. IPC Variación año corrido según grupos de gasto febrero 2016	26
Gráfico 3. Crecimiento del PIB % en el posconflicto. Colombia 2015	27
Gráfico 4. Distribución porcentual de la población ocupada por rama de actividad	30
Gráfico 5. Crecimiento del PIB en Bogotá, Colombia y América Latina (2001 - 2014)	36
Gráfico 6. Población de Bogotá por localidad	65
Gráfico 7. Principales retos para las empresas en la distribución urbana	71
Gráfico 8. Buenas prácticas en distribución urbana	72
Gráfico 9. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 1	101
Gráfico 10. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 2	102
Gráfico 11. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 3	103
Gráfico 12. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 4	104
Gráfico 13. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 5	105
Gráfico 14. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 6	106
Gráfico 15. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 7	107
Gráfico 16. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 8	108
Gráfico 17. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 9	109
Gráfico 18. Distribución porcentual de la inversión	115

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Cadena de suministro	41
Diagrama 2. Diagrama Ishikawa impacto de las políticas públicas logísticas sobre los procesos de distribución urbana	56
Diagrama 3. Actores involucrados en el proceso de distribución urbana	61
Diagrama 4. Proceso de distribución actual	67
Diagrama 5. Brechas de los procesos de distribución urbana	73
Diagrama 6. Metodología de diseño de la herramienta	76
Diagrama 7. Ejemplo conformación de rutas de distribución	79
Diagrama 8. Variables del modelo	83

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Tiempo de recorrido entre un origen y un destino	89
Ecuación 2. Función objetivo	83
Ecuación 3. No negatividad	83
Ecuación 4. Conjunto de nodos definido para el problema	84
Ecuación 5. Condiciones de asignación binaria	84
Ecuación 6. Ecuación nodo origen del agente viajero	84
Ecuación 7. Último destino del agente viajero	84
Ecuación 8. Destinos	84
Ecuación 9. Orígenes	84
Ecuación 10. Eliminación de subciclos	84
Ecuación 11. Conservación de flujo	86
Ecuación 12. Condiciones de asignación binaria	86

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Construcción de la tabla de tiempo en ruta	125
Anexo B. Resultados del modelo para vehículo A	130
Anexo C. Resultados del modelo para vehículo B	132
Anexo D. Resultados del modelo para vehículo C	134
Anexo E. Instrucciones de uso de la herramienta	136
Anexo F. Perfil de expertos	139
Anexo G. Modelo logístico final	141

GLOSARIO

CENTRO DE CONSOLIDACIÓN URBANA: plataforma logística próxima al área geográfica (barrio, localidad, centro urbano) a la que sirve, destinada a la recepción, consolidación y reparto de mercancías a través de diferentes modos en la última milla.

COSTO LOGÍSTICO: es la suma de costos generados por el movimiento de un bien o un servicio a lo largo de una cadena de suministro, incluye costos relacionados a las compras, almacenamiento, inventario, transporte, personal, entre otros.

DISTRIBUCIÓN URBANA: transporte en modo carretero de mercancías al interior de zonas urbanas, incluye los procesos de cargue y descargue de los bienes.

LOGÍSTICA COLABORATIVA: diseño de estrategias para resolver problemas de la cadena de suministros de forma cooperativa involucrando a proveedores, minoristas, clientes e incluso competidores de modo que se pueda agregar valor en diferentes procesos logísticos a través del uso de infraestructura, activos, información u otros recursos disponibles por cada uno de los miembros de la cadena de suministro.

NODO: es el punto de origen o destino en una ruta de distribución, el nodo se identifica con una letra entre la A y la H.

ÚLTIMA MILLA LOGÍSTICA: parte final y de mayor importancia dentro de la misma ya que es la que une los bienes o servicios producidos por una compañía con el cliente final.

VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN: representación y presentación de datos a través de medios gráficos como mapas, infografías, entre otros; que permitan la toma de decisiones simplificada.

ZONA DE DISTRIBUCIÓN: se refiere a un grupo de zonas geográficas con ubicación cercana en las cuales se ubican los demandantes de un bien o servicio, para el estudio las zonas de distribución se agrupan en las localidades de Bosa (A), Kennedy (B), Engativá (C), Usaquén (D), Puente Aranda (E), Antonio Nariño (F), Chapinero (G) y Fontibón (H).

RESUMEN

Se diseñó un modelo de simulación del proceso de distribución de mercancías en la ciudad de Bogotá con el fin de determinar el impacto de ciertas políticas públicas sobre el mismo. Para esto, se realizó un diagnóstico PESTAL para determinar la influencia de los procesos de logística urbana y al sector transporte; además se realizó un breve diagnóstico de la logística de las empresas y de las políticas públicas logísticas (PPL) vigentes para Bogotá y Colombia, el cual se consolidó con dos herramientas, un Ishikawa y la matriz DOFA donde se detallan algunos de los aspectos clave de los temas analizados. Como siguiente paso se caracterizó el modelo de distribución urbana actual usando el software CartoDB e información GPS y una entrevista a cuatro expertos de alto nivel sobre las brechas y buenas prácticas en el proceso de distribución urbana, al consolidar este diagnóstico se detectan puntos críticos en temas como infraestructura, medio ambiente, movilidad, cargue – descargue de mercancía, costos logísticos y colaboración empresarial los cuales se destacan como las principales brechas a trabajar en la distribución urbana.

Para analizar la relación de las PPL y los procesos de distribución se diseñó un modelo de centro de masa para simular las rutas de distribución en Solver, esta herramienta está en capacidad de determinar la ruta de distribución de menor tiempo y que cumpla las PPL relacionadas a las restricciones horarias. Esto se comprobó a través de un análisis del desempeño del modelo usando los datos GPS visualizados anteriormente para hallar la ruta óptima. Esta ruta fue comparada en nueve ocasiones diferentes con la ruta seleccionada originalmente por la compañía obteniendo una duración menor de la ruta óptima en dos de las tres franjas horarias propuestas para la distribución reflejando el impacto de las políticas públicas en términos de tiempo. Como complemento se elaboró una matriz de impacto ambiental en la cual se resaltan los impactos críticos de un proceso de distribución genérico y se proponen estrategias para mitigar el mismo. Finalmente se realizó un análisis de la inversión donde se destaca que más del 80% de la misma fue destinada a los recursos humanos involucrados dentro del proyecto y donde además se analizan los posibles impactos en los costos logísticos del uso de la herramienta.

Palabras claves:

Distribución urbana, política pública, logística, modelo, simulación.

INTRODUCCIÓN

La mitad de los habitantes del mundo (3.6 billones aproximadamente) viven en ciudades. Este es uno de los motivos por el cual las ciudades se han convertido en la fuente del crecimiento económico y productivo a nivel global.

Esto ha implicado un crecimiento de los consumidores y el flujo de productos que deben circular por las ciudades afectando el medio ambiente, calidad de vida, operaciones industriales, entre otros, lo cual ha generado nuevos retos los cuales exigen orden, planeación y estrategia de modo que tengan un funcionamiento eficiente que facilite la vida de sus habitantes y el buen desempeño de sus negocios.

Las ciudades latinoamericanas no son ajenas a este fenómeno, y al día de hoy actúan como motores de la región apoyadas en las políticas públicas que soportan su crecimiento y desarrollo sostenible. Sin embargo, los gobiernos no construyen solos las ciudades, sino que requieren del apoyo de actores clave como los fabricantes, los transportadores, comerciantes, consumidores y todos los demás actores de la sociedad que se relacionan con ellos y quienes finalmente son los afectados por el obligatorio cumplimiento de este tipo de normativas.

Dentro de los temas tratados por la política pública, los sistemas de transporte de carga se han convertido en puntos críticos al generar millones de horas pérdidas de ventas al año, menor productividad en las empresas, incumplimiento de las necesidades del cliente, incrementos de inventarios, problemas de movilidad, desgaste de la infraestructura pública, reducción de la calidad de vida y mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

Desde el siglo XXI la consideración de la distribución urbana de mercancías dentro de la disciplina de planificación urbana seguía siendo limitada. Sin embargo, en la actualidad se ha reconocido el hecho de que los problemas generados en el proceso de distribución urbana como entregas tarde, costos adicionales, falta de acceso para los camiones a las áreas de cargue y descargue, emisiones de gases de efecto invernadero, tráfico, entre otros son comúnmente causados por externalidades por lo que han despertado intereses en actores públicos y privados.

Bogotá no es ajena a estos problemas y en un momento coyuntural donde las cadenas de valor compiten a nivel global, miembros del sector privado han resaltado la importancia de contribuir a la construcción de una política pública que mejore el desempeño de los sistemas de transporte de carga y que beneficie a todos los miembros de la sociedad.

Para esto se desarrolló un modelo de centro de masa el cual permite medir el impacto de las políticas públicas logísticas actuales en los procesos de distribución urbana en una compañía.

Según los objetivos planteados se desarrolló un diagnóstico general de la logística urbana y el sector de transporte de carga en Colombia y Bogotá, una caracterización del proceso de distribución actual en los cuales se detectan las principales brechas del mismo y las cuales son usadas como base para la elaboración de un modelo de simulación que permitió medir el impacto de algunas de las políticas públicas de logística urbana actuales en los procesos de distribución urbana en una compañía y que además facilita que las compañías planeen rutas óptimas en términos de tiempo y que además pueden mejorar su desempeño ambiental a través de las estrategias de mitigación planteadas en la matriz de impacto ambiental y para finalizar un análisis de la inversión que implica el desarrollo de este tipo de modelos.

1. DIAGNÓSTICO

La distribución urbana de mercancías es crucial para el movimiento económico de la ciudad y el bienestar de sus habitantes, debido a su influencia en problemas como la congestión vehicular, contaminación, consumo energético, seguridad vial y ocupación del espacio urbano¹. Cada uno de estos problemas requiere soluciones integrales debido a su estrecha relación con diferentes externalidades. En este capítulo examinaremos el impacto de estos factores sobre la logística urbana.

1.1 ANÁLISIS PESTAL COLOMBIA

A través de este diagnóstico se busca determinar cómo las fuerzas o factores externos pueden influir en el desarrollo del proyecto y en la logística urbana.

1.1.1 Factor político – legal. De acuerdo a la constitución de 1991 Colombia es un Estado Social de derecho organizado en forma de una república unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista².

En Colombia el poder público se divide en tres ramas:

- **Rama legislativa.** Encabezada por el Senado y la Cámara de Representantes, encargados de la función legislativa y la vigilancia de otros órganos del Estado. Sus integrantes son elegidos por medio del voto popular y cada uno de ellos, representantes y senadores, tiene el mismo nivel de poder y de responsabilidad dentro de sus instituciones³.
- **Rama judicial.** Es la encargada de administrar la justicia en Colombia; esta tarea es una función pública. Está conformada por la Corte Suprema, la Corte Constitucional, el Consejo de Estado, el Consejo Superior de la Judicatura y la Fiscalía General de la Nación⁴.

¹ANTÚN, Juan Pablo. Distribución Urbana de mercancías: Estrategias con centros logísticos. Departamento de Infraestructura y medio ambiente, Banco Interamericano de Desarrollo. 2013. R40, R49.

² OEA. Elecciones Legislativas (14 de marzo) y Presidenciales (30 de mayo) de Colombia. Misiones electorales. [En línea] Departamento de Prensa y Comunicaciones OEA, 14 de 03 de 2010. [Citado el: 29 de 12 de 2015.] <http://www.oas.org/electoralmissions/MisionesElectorales/-Colombia2010/FichaTecnica/SistemaPolADtico/tabid/910/language/en-US/Default-.aspx>.

³SUBGERENCIA CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Rama legislativa. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/politica/rama_legislativa.

⁴—. Rama judicial. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/politica/rama_judicial.

- **Rama ejecutiva.** Representa al gobierno y está compuesta por las gobernaciones, las alcaldías, las superintendencias, los establecimientos públicos y las empresas industriales o comerciales del Estado. El presidente de la República de Colombia es el jefe del Estado, el jefe del gobierno y por ende es la suprema autoridad administrativa⁵.

En la actualidad estas tres ramas encabezadas por el jefe del ejecutivo el presidente Juan Manuel Santos, se enfrentan a uno de los hitos de la historia en Colombia, el proceso de paz con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC).

Se prevé que estos diálogos finalicen en el primer semestre de 2016 y que a partir de la fecha deberá iniciar un proceso en el que más de 20.000 personas que militan en las fuerzas de esta guerrilla tendrán que reintegrarse a la sociedad; lo cual implica retos económicos, sociales, políticos, legales e incluso logísticos para los cuales el gobierno está desarrollando normativas que permitan que estas personas puedan acceder a trabajo, alimentos, educación, vivienda y otros recursos que puedan impedir que vuelvan a delinquir y que además aporten a la competitividad el crecimiento económico y el aumento de la participación de Colombia dentro de las dinámicas globales.

Como parte de la preparación de las diferentes agentes estatales se han priorizado cinco sectores en los cuales podrían ingresar más fácilmente los desmovilizados (Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda y Agricultura), las estrategias de mejora de cada uno de los sectores están a cargo de su respectivo Ministerio. En el caso del sector transporte, desde el Ministerio de Transporte se ha diseñado el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) como una visión estratégica del país y sus necesidades en infraestructura, transporte y logística⁶.

La estrategia desarrollada a partir de este facilitará la identificación de los retos necesarios del sistema para soportar el desarrollo económico y social del país en el mediano y largo plazo, actualmente se está iniciando la construcción del PMTI II, el cual complementará el primer módulo y se concentrará en el desarrollo de políticas públicas para consolidar la regulación sectorial; fortalecer la movilidad urbana, la gerencia logística de corredores nacionales, conformar un sistema de gestión de activos en las redes regionales y que proporcionará⁷ una guía a los

⁵SUBGERENCIA CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Rama ejecutiva. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/politica/rama_ejecutiva.

⁶GOBIERNO DE COLOMBIA. *Plan Maestro de Transporte Intermodal*. Bogotá : s.n., 2015.

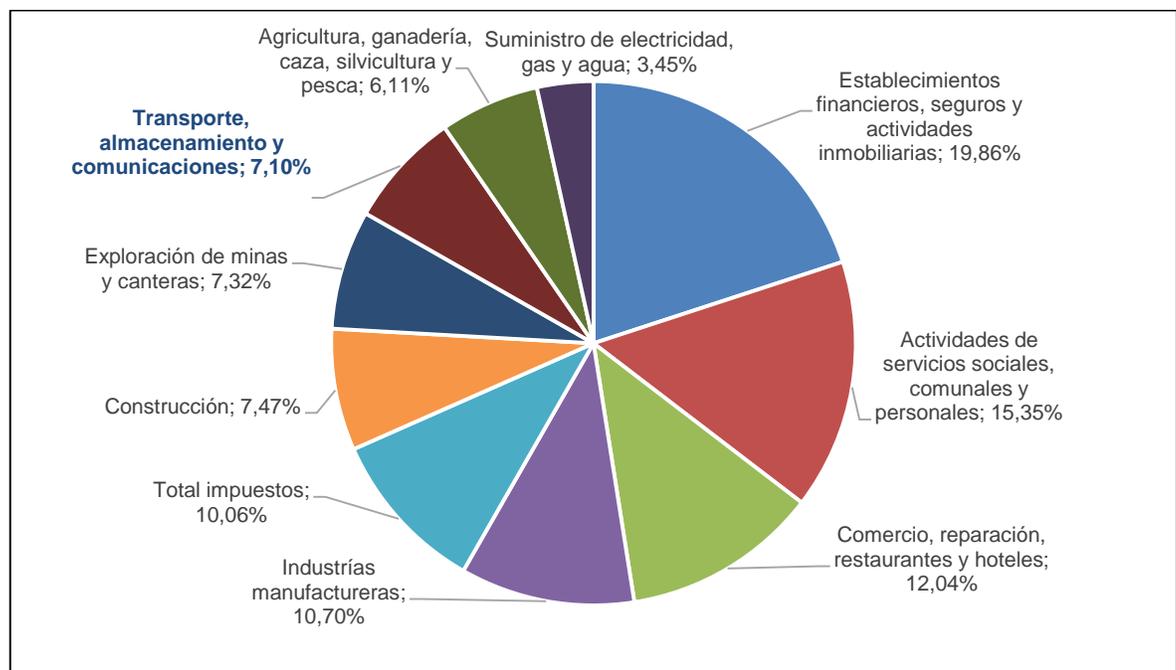
⁷VICEPRESIDENCIA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Plan Maestro de Transporte 2015-2035, el horizonte de Colombia: Vargas Lleras. [En línea] 25 de 11 de 2015. [Citado el: 19 de 12 de 2015.] <http://www.vicepresidencia.gov.co/prensa/2015/Paginas/Plan-Maestro-de-Transporte-2015-2035-el-horizonte-de-Colombia-151125.aspx>.

tomadores de decisiones en la priorización de acciones encaminadas a alcanzar y cumplir con los retos planteados, además de los proyectos a financiar⁸.

1.1.2 Factor económico. Colombia es una economía emergente y una potencia económica de la región, de acuerdo al Fondo Monetario Internacional es la economía número 32 del mundo por su tamaño, mientras que en la región su PIB nominal es el cuarto más grande después de los de Brasil, México y Argentina, y ocupa el puesto 29 a nivel mundial⁹.

Mucho se habla sobre la dependencia de la economía colombiana sobre las materias primas (especialmente, petróleo, minerales y bienes agrícolas) y aunque el país tiene un gran camino que recorrer para diversificar su producción, como el financiero o de servicios sobre los cuales descansa la economía del país. Sin embargo, los datos demuestran que la realidad es otra, Colombia es un país de servicios. Estos en conjunto aportan más del 55% del total del PIB como se ve en el Gráfico 1.

Gráfico 1. Composición del PIB colombiano.



Fuente: DANE, Dinero. 2015. *¿Cómo está compuesta la economía colombiana?* [En línea] 29 de septiembre 2015. Citado el: 27 de 12 de 2015.] <http://www.-dinero.com/economia/articulo/composicion-economia-colombiana-2015/-214054>

⁸PORTAFOLIO.CO. 2015.Redacción Economía. Plan Maestro de Transporte Intermodal, estrategia a 20 años.

⁹ ANDI. Colombia: Balance 2011 y perspectivas 2012.Sector Financiero. Bogotá: s.n., 2012.

A pesar de que la economía colombiana depende fuertemente del transporte terrestre, donde más del 70% del transporte de carga se realiza por carretera, actualmente existe una gran brecha entre la infraestructura vial que el país tiene y la que necesita.

Por su parte, en su conjunto el comercio exterior y más específicamente las exportaciones del país no superan el 16% en la economía. Lo que realmente sostiene la producción del país es su propia demanda interna. Cerca del 82% del total de la demanda se basa en el consumo, la mayor parte proviene de los hogares y en menor medida del gobierno. Es decir, la mayor parte de la mercancía producida en Colombia debe movilizarse al interior del país.

Tabla 1. Composición del PIB colombiano

Sector	% Participación
Establecimientos financieros, seguros y actividades inmobiliarias	19,86%
Actividades de servicios sociales, comunales y personales	15,35%
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	12,04%
Industrias manufactureras	10,70%
Impuestosmpuestos	10,06%
Construcción	7,47%
Exploración de minas y canteras	7,32%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	7,10%
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	6,11%
Suministro de electricidad, gas y agua	3,45%
Total	100%

Fuente: DANE, Dinero. 2015. *¿Cómo está compuesta la economía colombiana?* [En línea] 29 de septiembre 2015. Citado el: 27 de 12 de 2015.] <http://www.dinero.com/-economia/articulo/composicion-economia-colombiana-2015/214054>

A la falta de conexión entre los grandes centros de producción y de consumo y los principales puertos, se le añaden los altos costos de carga internos y la mala calidad de las vías. Colombia tiene 26% menos de kilómetros de carretera con respecto a lo que correspondería a un país con sus características socio-económicas¹⁰.

A pesar de estas situaciones críticas, la demanda interna se ha mantenido en niveles estables (es decir se están transportando cantidades de mercancías similares en todo el país), el desempleo llegó a su nivel más bajo en noviembre de 2015, la industria ha vuelto a crecer impulsando la economía nacional y la economía colombiana mantuvo su crecimiento a pesar de la situación económica

¹⁰ VILLAR, L y FORERO, D (2014) Escenarios de vulnerabilidad fiscal para la economía colombiana. Colombia: Fedesarrollo

global. La segunda variable económica que podemos examinar para analizar la economía colombiana es el índice de precios al consumidor. El IPC es un indicador que mide la variación de precios de una canasta de bienes y servicios representativos del consumo de los hogares del país¹¹.

En lo corrido del año, tres grupos de bienes y servicios se ubican por encima del promedio nacional (2,59%): educación (5,65%); alimentos (4,29%) y salud (2,70%). El resto de los grupos de gastos se ubicaron por debajo del promedio: otros gastos (2,17%); diversión (2,12%); transporte (1,55%); vivienda (1,41%); vestuario (1,00%) y comunicaciones (0,31%)¹². Los mayores aportes a la variación en lo corrido del año, se ubicaron en los grupos de: alimentos; vivienda; educación y transporte, los cuales en conjunto contribuyeron con 2,27 puntos porcentuales a la variación total. Ocho grupos de bienes y servicios: alimentos, vivienda, vestuario, salud, educación, diversión, transporte y otros gastos registraron crecimientos superiores al 2015.

Tabla 2. IPC Variación año corrido, según grupos de gasto febrero 2016.

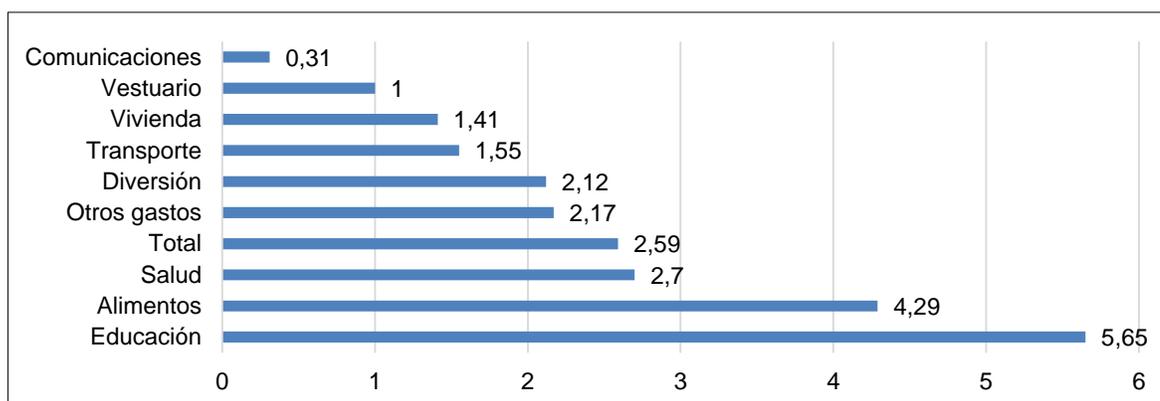
Grupo de Gasto	Variación
Educación	5,65
Alimentos	4,29
Salud	2,70
Total	2,59
Otros gastos	2,17
Diversión	2,12
Transporte	1,55
Vivienda	1,41
Vestuario	1,00
Comunicaciones	0,31

Fuente: DANE. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR. IPC BASE 2008. [En línea] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 03 de 2016. [Citado el: 13 de 03 de 2016.] <http://www.dane.gov.co/index.php/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>.

¹¹DANE. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR. IPC BASE 2008. [En línea] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 03 de 2016. [Citado el: 13 de 03 de 2016.] <http://www.dane.gov.co/index.php/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>.

¹² DANE. Boletín Técnico. Índice de precios al consumidor. 2016. Bogotá

Gráfico 2. IPC Variación año corrido según grupos de gasto febrero 2016.



Fuente: DANE. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR. IPC BASE 2008. [En línea] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 03 de 2016. [Citado el: 13 de 03 de 2016.] <http://www.dane.gov.co/index.php/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>.

Otro factor que afecta la economía es el posconflicto. En diciembre de 2015 el Departamento Nacional de Planeación presentó los resultados del estudio dividido económico de la paz. Dicho estudio revisó la evolución de 36 países que han terminado conflictos armados y se compararon con la experiencia colombiana. La conclusión más importante es que el principal dividendo de la paz es la confianza reflejada en el aumento de la tasa de inversión y el consumo de los hogares; y en una mayor inversión extranjera para el país y una mejora en el comercio vía mayores exportaciones.

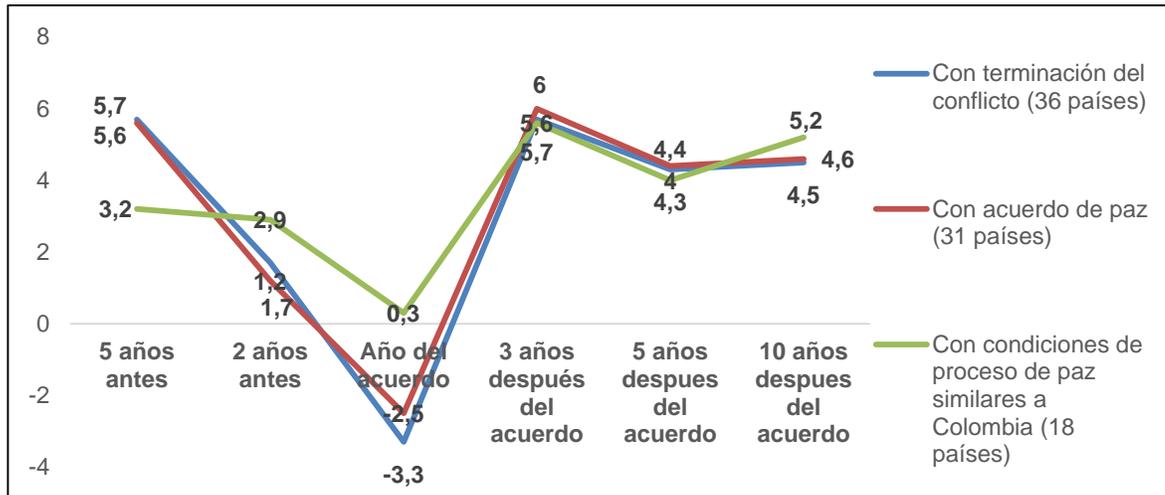
Cohientemente indica que en términos de crecimiento se encuentra en entre un 1,1 y 1,9 % adicional, siguiendo el comportamiento que presenta en el Gráfico 3.

Tabla 3. Crecimiento del PIB % en el posconflicto. Colombia 2015.

Años antes del acuerdo	Con terminación del conflicto (36 países)	Con acuerdo de paz (31 países)	Con condiciones de proceso de paz similares a Colombia (18 países)
5 años antes	5,7	5,6	3,2
2 años antes	1,7	1,2	2,9
año del acuerdo	-3,3	-2,5	0,3
3 años después del acuerdo	5,7	6	5,6
5 años después del acuerdo	4,3	4,4	4
10 años después del acuerdo	4,5	4,6	5,2

Fuente: Departamento Nacional de Planeación. Dividendo Económico de la paz. 2015. PPT

Gráfico 3. Crecimiento del PIB % en el posconflicto. Colombia 2015



Fuente: Departamento Nacional de Planeación. Dividendo Económico de la paz. 2015. PPT

Así mismo afirma que el dividendo de la paz permite que el ingreso per cápita se incremente en 54%, excluyendo el componente tendencial, durante 10 años. Al analizar los beneficios del fin del conflicto armado se observa que la economía podría crecer 0.8 puntos porcentuales adicionales al crecimiento proyectado si se disminuye el gasto en seguridad privada un 70%, lo cual implica la creación de más de un millón de empleos al término de una década. Por lo cual, se puede afirmar que los dividendos de la paz podrían ser de 1.77 puntos adicionales de crecimiento para la economía colombiana¹³.

1.1.3 Factor social. La población de Colombia es de 48.203.400 habitantes¹⁴ y se concentra principalmente en las áreas andinas y en la costa del Atlántico. Colombia se caracteriza por ser el tercer país más poblado en Latinoamérica después de Brasil y México.

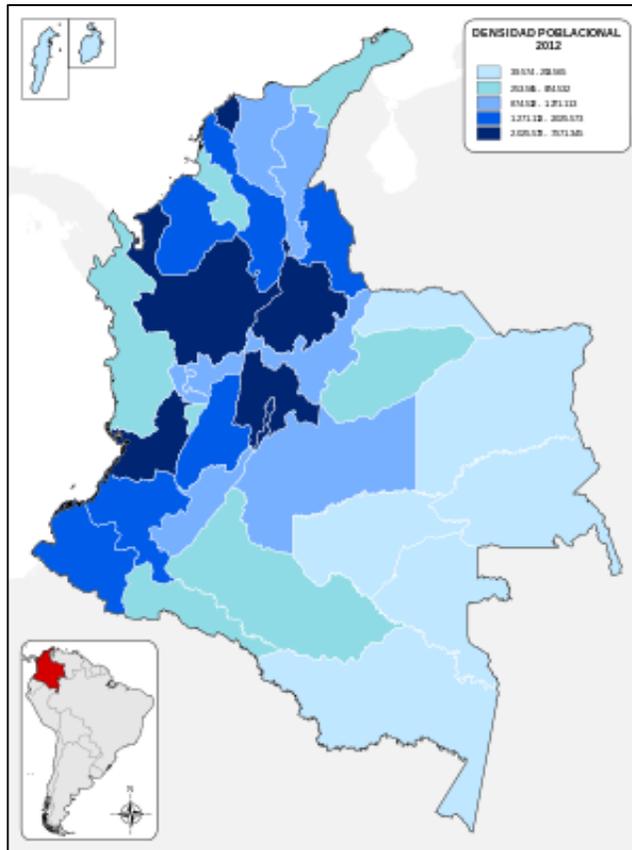
Ha experimentado un rápido crecimiento poblacional como muchos países de la región, con un leve descenso en las últimas décadas. Colombia es un país mayoritariamente urbano, concentrando más del 70% de su población en las grandes ciudades, especialmente en la Región Andina y en segundo plano la Región Caribe¹⁵ (Ver Imagen 1.).

¹³ SANTAMARÍA, M; ROJAS, N y HERNÁNDEZ. 2013. *Crecimiento económico y conflicto armado en Colombia*. En Archivos de economía. Documento 400. DNP. Colombia

¹⁴BANCO DE LA REPÚBLICA. Datos Económicos y Financieros de Colombia. [En línea] 08 de 02 de 2016. [Citado el: 09 de 02 de 2016.] <http://www.banrep.gov.co/estad/dsbb/fmicolom.htm>.

¹⁵ CEPAL. Estudio sobre la distribución espacial de la población en Colombia. 2003. Fondo de Población de las Naciones Unidas. ISBN: 9213222912.

Imagen 1. Densidad Poblacional en Colombia



Fuente: DANE, 2012. *Densidad poblacional colombiana*. [En línea] 2015. Citado el: [27 de 12 de 2015.] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_\(poblaci%C3%B3n_por_departamentos_2012\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_(poblaci%C3%B3n_por_departamentos_2012).svg)

Un informe del Departamento Nacional de Planeación revela que entre 1951 y el 2010 se pasó de tener 6 ciudades con más de 100.000 habitantes a 41. Dentro de estas se identifican 18 aglomeraciones, que comprenden 113 municipios, lo que para algunos expertos es un ejemplo de revolución urbana¹⁶.

Se destacan las aglomeraciones del Valle de Aburrá (en Antioquia), conformado por diez municipios, entre ellos Medellín; Barranquilla y su relación con Soledad, lo mismo que Bogotá, con 23 municipios, entre los que se destacan Soacha, Funza y Mosquera. Otras ciudades como Bucaramanga, Pereira y Cartagena empiezan a experimentar lo mismo.

¹⁶ PORTAFOLIO. Revolución urbana en Colombia. [En línea] 27 de 02 de 2015. [Citado el: 6 de 1 de 2015.] <http://www.portafolio.co/economia/expansion-ciudades-colombia-2015>.

Esta concentración urbana tan elevada se relaciona con el acceso a servicios y oportunidades que se ofrecen en las ciudades. En Colombia en el año 2015 el desempleo se situó en 8,9 %, la tasa más baja de los últimos 15 años, mientras que en 2014 se ubicó en 9,1%. Las tasas de participación y ocupación también fueron las más altas en el mismo periodo con 64,7% y 59,0%, respectivamente¹⁷.

Así mismo, durante el mes de diciembre, la tasa de desempleo en las 13 ciudades y áreas metropolitanas se ubicó en 9,8% frente a 9,3 % en diciembre de 2014. Para el trimestre octubre- diciembre de 2015 en 8,9% y no presentó variación frente al mismo trimestre de 2014.

En 14 de las 23 ciudades la tasa de desempleo fue de un dígito durante el último trimestre del año. Las ciudades y áreas metropolitanas con menor desempleo fueron: Bucaramanga con 6,4%, Montería con 7,8%, Sincelejo y Manizales con 8,1%. Por otra parte, las ciudades que tuvieron más alto desempleo durante el trimestre fueron: Quibdó con 15,1%, Armenia con 13,2% y Cúcuta con 12,5%.

De acuerdo a datos de enero de 2016, el total de personas ocupadas en Colombia es de 22,2 millones (2% más que en el periodo noviembre 2015 – enero 2015). Las ramas que concentraron el mayor número de ocupados fueron comercio, hoteles y restaurantes, servicios comunales, sociales y personales, agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca; las cuales captaron el 63,3% de la población ocupada¹⁸.

Tabla 4. Distribución porcentual de la población ocupada por rama de actividad

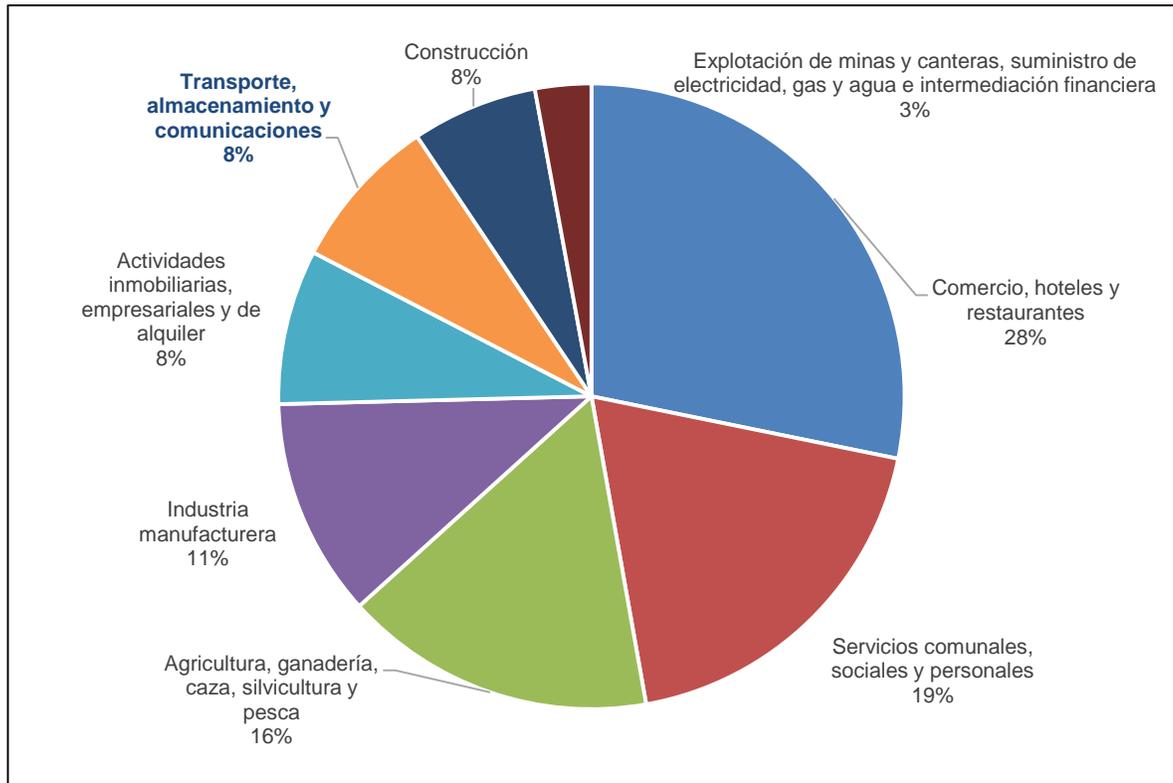
Rama de actividad	%
Comercio, hoteles y restaurantes	28,2
Servicios comunales, sociales y personales	19,0
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	16,1
Industria manufacturera	11,3
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	8,0
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	8,0
Construcción	6,5
Explotación de minas y canteras	2,9
Total	100

Fuente: DANE. Fuente: DANE GRAN ENCUESTA INTEGRADA DE HOGARES. Boletín técnico. [En línea] 01 de 2016. [Citado el: 15 de 03 de 2016.] http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_ene_-16.pdf.

¹⁷ DANE. 2016. *Gran encuesta integrada de hogares*. [En línea] 29 de enero de 2016 [Citado el 15 de febrero de 2016] <http://www.dane.gov.co/index.php/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

¹⁸ DANE. GRAN ENCUESTA INTEGRADA DE HOGARES. Boletín técnico. [En línea] 01 de 2016. [Citado el: 15 de 03 de 2016.] http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_empleo_ene_16.pdf.

Gráfico 4. Distribución porcentual de la población ocupada por rama de actividad



Fuente: DANE GRAN ENCUESTA INTEGRADA DE HOGARES. Boletín técnico. [En línea] 01 de 2016. [Citado el: 15 de 03 de 2016.] http://www.dane.gov.co/files/-investigaciones/boletines/ech/ech-/bol_empleo_ene_16.pdf.

Es importante destacar que estos sectores son los llamados a generar empleo para los militantes de grupos subversivos que se desmovilicen luego de la firma de un acuerdo de paz.

1.1.4 Factor tecnológico. Durante los últimos seis años Colombia paso de ser uno de los países rezagados en materia tecnológica en América Latina a ser uno de los mejores representantes de la región, esto gracias al plan Vive Digital del Ministerio de Tecnologías de la Información y comunicación (Min. TIC), el cual busca cerrar la brecha digital por medio de la adopción de internet y la tecnología en todo el país para aumentar la competitividad del país¹⁹.

Sin embargo estos avances aún no dejan a Colombia al nivel de las grandes potencias mundiales, actualmente el Foro Económico Mundial posiciona a

¹⁹MINISTERIO TIC. El Plan Vive Digital. [En línea] 2014. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] <http://www.mintic.gov.co/porta/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6106.html>.

Colombia en el número 70 de 166 países en su ranking anual de desarrollo tecnológico, por lo cual el gobierno ha priorizado sectores económicos clave para el país (Infraestructura para la industria, transporte y logística, química, tecnologías limpias, agroindustria, seguridad, aplicación de TICs para la industria, , uso racional y eficiente de la energía, uso de otras alternativas de energía para la industria, desarrollo de prótesis, medicamentos, nutrientes, desarrollo y aplicación de nuevos materiales y productos para la industria con criterios de sostenibilidad, uso racional y eficiente de materias primas en la industria, nuevas fuentes y tecnologías con materiales renovables, bienes y servicios sector eléctrico, fibras textiles y confecciones, servicios de TI & software, cosméticos, autopartes)²⁰ sobre los cuales se va a invertir la mayoría del capital destinado a innovación y educación, de acuerdo al último informe de Colciencias.

La tecnología no para de ofrecer soluciones para el sector transportador y por eso ya no bastan los sistemas de posicionamiento global, los radioteléfonos, los celulares o los demás servicios satelitales que permiten ubicar al camión en el cualquier lugar de Colombia. Ahora las empresas hacen uso de paquetes de software que les permiten realizar la planeación, ejecución y control en tiempo real de todas las actividades que realiza la compañía, independientemente cuántos vehículos dependan de ella.

Lo más importante es que con herramientas como ésta la empresa de transporte terrestre de carga podrá tener en un solo servicio el control del negocio con el cliente, la elaboración de los documentos de transporte, la ruta paso a paso del vehículo, la legalización y soporte contable correspondiente a la hora de cobrar planillas o manifiestos de carga²¹.

El objetivo con este tipo de tendencias está en que los empresarios puedan ofrecer a sus clientes un paquete completo de trazabilidad, donde exista información desde el primer eslabón de la cadena hasta la entrega final del producto.

1.1.5 Factor ambiental - legal. Algunas de las leyes que componen la normativa ambiental colombiana son las siguientes:

Cuadro 1. Normativa ambiental colombiana

Norma	Descripción
Ley 23 del 12 de diciembre de 1973	Con esta ley se conceden facultades extraordinarias al presidente de la república para expedir el Código de Recursos Naturales

²⁰COLCIENCIAS. Desarrollo Tecnológico e Innovación Industrial. [En línea] 2015. [Citado el: 06 de 01 de 2016.] http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/desarrollo-tecnol-gico-e-innovacion-industrial.

²¹ EL ESPECTADOR. Tecnología en transporte. [En línea] 2010. [Citado el: 14 de 03 de 2016] <http://www.elespectador.com/vivir/autos/tecnologia-transporte-articulo-209248>

Cuadro 1. (Continuación)

Norma	Descripción
Decreto ley 2811 del 18 de diciembre de 1974	Se reglamenta el código nacional de recursos renovables y protección del medio ambiente
Constitución Política de Colombia de 1991	Art. 49 Saneamiento ambiental Art. 58 Función social y ecológica de la propiedad Art. 67 Educación ambiental Art. 79 Establece el derecho a gozar de un ambiente sano. Art. 88 Acciones populares como mecanismo de protección de derechos de tercera generación Art. 95 numeral 8. Es deber ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano. Art. 277. Función del procurador: defender los intereses colectivos, en especial el ambiente.
Ley 99 de 1993	Fundamentos de la política ambiental, estructura del Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo sostenible, establece las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y reglamenta las licencias ambientales
Resolución 1478 del 18 de diciembre de 2003	Metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

La Constitución Política de Colombia es reconocida a nivel mundial como una de las cartas con mayor contenido ambiental y de protección hacia la naturaleza y los recursos, esto a causa de que el país tiene el número más grande de especies por unidad de área en el planeta, en total es el segundo país más mega diverso del mundo después de Brasil, siendo este último más extenso que Colombia²².

A pesar de ello, Colombia junto con siete países (Australia, China, Ecuador, Indonesia, Malasia, México y Estados Unidos) son los responsables de la destrucción de mitad de la biodiversidad de la Tierra, sobre todo en temas de conservación de hábitats y fauna.

De acuerdo al enfoque de desarrollo sostenible y los acuerdos llegados en la COP21, el gobierno colombiano ha venido implementando desde hace 2 años la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), la cual es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo, que busca desligar el crecimiento de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) del crecimiento económico nacional. Esto se hará a través del diseño y la implementación de medidas sectoriales de mitigación que maximicen la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y que, a su vez, contribuyan al desarrollo social y económico nacional²³.

²²WILLIAMS, Jann, 2001. Biodiversity Theme Report. Australia: CSIRO. 0 643 06749 3.

²³MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] <https://www.minambiente.gov.co/index.php/-component/content/article?id=469:plantilla-cambio-climatico-25>.

Los objetivos de la ECDBC son identificar y valorar acciones encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de GEI a medida que los sectores crecen, desarrollando planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país, promoviendo las herramientas para su implementación, incluyendo un sistema de monitoreo y reporte.

1.2 PESTAL BOGOTÁ

En esta sección se profundizará en los factores externos que influyen en la logística urbana en la ciudad de Bogotá.

1.2.1 Factor político – legal. Desde el enero de 2016 Bogotá tiene una nueva cabeza en el gobierno distrital, apartado de la tendencia de izquierda que traían los cuatro gobiernos anteriores. Para la movilidad se apuesta en un transporte sostenible y amable en el cual la malla vial reparada y una mejor gestión del tráfico sean los protagonistas.

Como antecedente a esas iniciativas se cuenta con los estudios adelantados por la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá (SDM) y otras entidades públicas, con el fin de dar cumplimiento al Plan Maestro de Movilidad, buscando avanzar en las estrategias y proyectos determinados por el Plan de Ordenamiento Logístico. Se considera que los temas regulatorios constituyen un capítulo de especial relevancia ya que condicionan la eficiencia de los servicios logísticos prestados y la inversión privada además de ser la base del éxito de las Asociaciones Público Privadas (APP)²⁴.

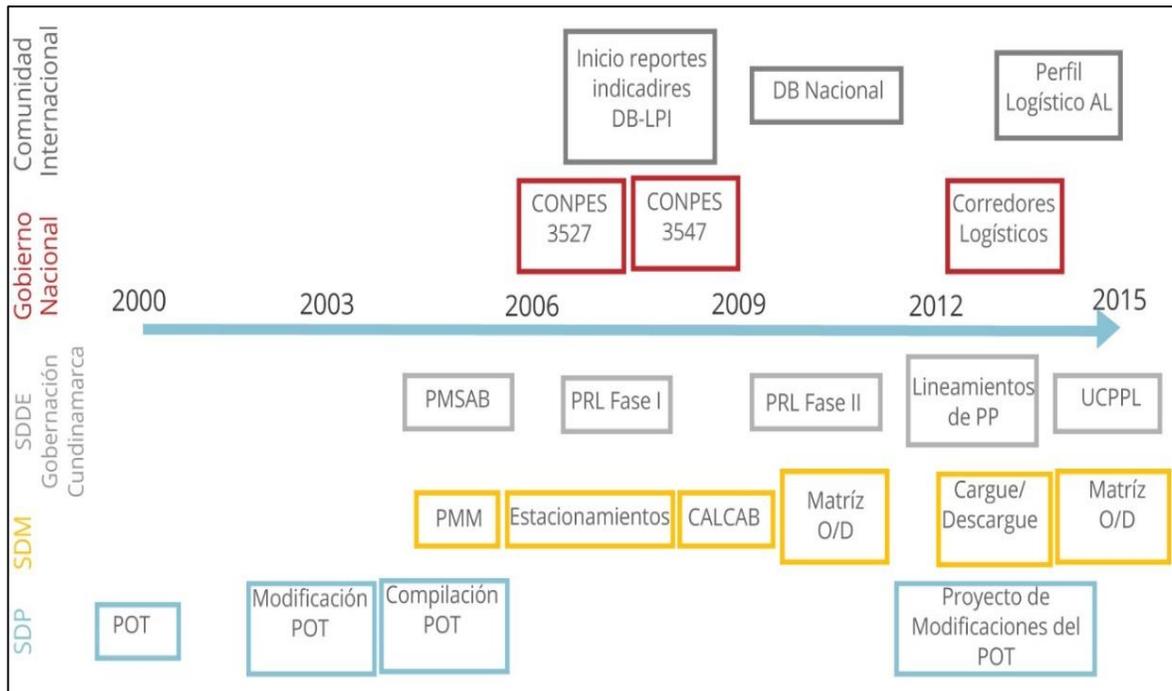
Actualmente en Bogotá las políticas públicas logísticas pueden reducirse a restricciones de flujos (por horarios y zonas), restricciones de cargue y descargue, limitaciones en los centros históricos, regulaciones y estándares de carga y permisos o el código postal²⁵. En la Imagen 2., encontramos aquellas políticas públicas que han impactado de forma significativa el proceso de transporte en los últimos 15 años en Bogotá. Entre los más representativos encontramos a nivel nacional la Política Nacional Logística en el documento Conpes 3547 de 2008 que contiene las diferentes estrategias para el desarrollo del sistema logístico nacional y su apoyo efectivo al incremento de competitividad y productividad²⁶.

²⁴ BARBERO, José. Logística y políticas públicas. Arica, Chile: BID, 2009.

²⁵ ARCHILA, Andres. *Logística y Movilidad Urbana - Políticas públicas e innovación..* Ibagué : LOGYCA / INVESTIGACIÓN, 2015.

²⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE; MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO; DIAN; DNP: DIES. Documento Conpes 3547. Política Nacional Logística. República de Colombia: Departamento Nacional de Planeación, 2008.

Imagen 2. Política pública logística Bogotá Región



Fuente: INVEST IN BOGOTÁ. Bogotá Logística. *Política Pública Logística Bogotá Región*. [En línea] 2015. [Citado el: 23 de 08 de 2015.] <http://es.investinbogota.org/-politica-publica-logistica-bogota-region>.

En el ámbito distrital se encuentran los diferentes Planes de Ordenamiento Territorial (POT) que son las normas que definen cómo puede la ciudad hacer uso de su suelo y dónde están las áreas protegidas, en qué condiciones se puede ubicar vivienda, actividades productivas, culturales y de esparcimiento²⁷.

El nuevo gobierno del alcalde Enrique Peñalosa plantea la creación de un nuevo marco de políticas públicas que beneficien la movilidad de pasajeros y carga soportado en Asociaciones Público Privadas (APP) para financiar diversos proyectos ante la insuficiencia presupuestal.

1.2.2 Factor económico. Bogotá cuenta con un mercado de más de 7,6 millones de habitantes respaldado por una economía sólida y diversificada. El PIB de la ciudad representa aproximadamente el 24% del total de Colombia y es superior al de varios países de América Latina.

²⁷ SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ. Portal SDP. ¿Qué es el POT? [En línea] Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014. [Citado el: 09 de 09 de 2015.] http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Que_Es.

Bogotá ofrece a los inversionistas uno de los mejores entornos empresariales de América Latina. De acuerdo con los más recientes análisis del Banco Mundial, Bogotá es la ciudad de la región con mayores facilidades para hacer negocios. Muestra de ello es que Bogotá ha sido la ciudad latinoamericana que en los últimos 8 años ha implementado el mayor número de reformas para hacer más eficiente el clima de negocios²⁸.

Como resultado de esto y de los acuerdos de comercio internacional suscritos por Colombia con otros países, las compañías ubicadas en Bogotá tienen acceso directo al mercado colombiano -de US\$378 mil millones-, uno de los mercados más grandes y dinámicos de América Latina. Tal como lo muestra la Gráfico 5., en la última década, el crecimiento del PIB de Bogotá ha registrado un buen dinamismo comparado con Colombia y el de América Latina²⁹.

Tabla 5. Crecimiento del PIB en Bogotá, Colombia y América Latina (2003 - 2014)

Año	Bogotá	Colombia	América Latina
2003	4,70%	3,90%	1,90%
2004	5%	5%	6%
2005	5,40%	4,30%	4,30%
2006	6,70%	5,80%	5,40%
2007	6,40%	5,90%	5,40%
2008	6,30%	3,60%	4,20%
2009	3,50%	1,30%	-1,40%
2010	1,60%	3,50%	5,90%
2011	2,40%	3,80%	4,90%
2012	4,20%	3,70%	3,80%
2013	4,30%	4,80%	3,90%
2014	4,40%	4,60%	1,30%

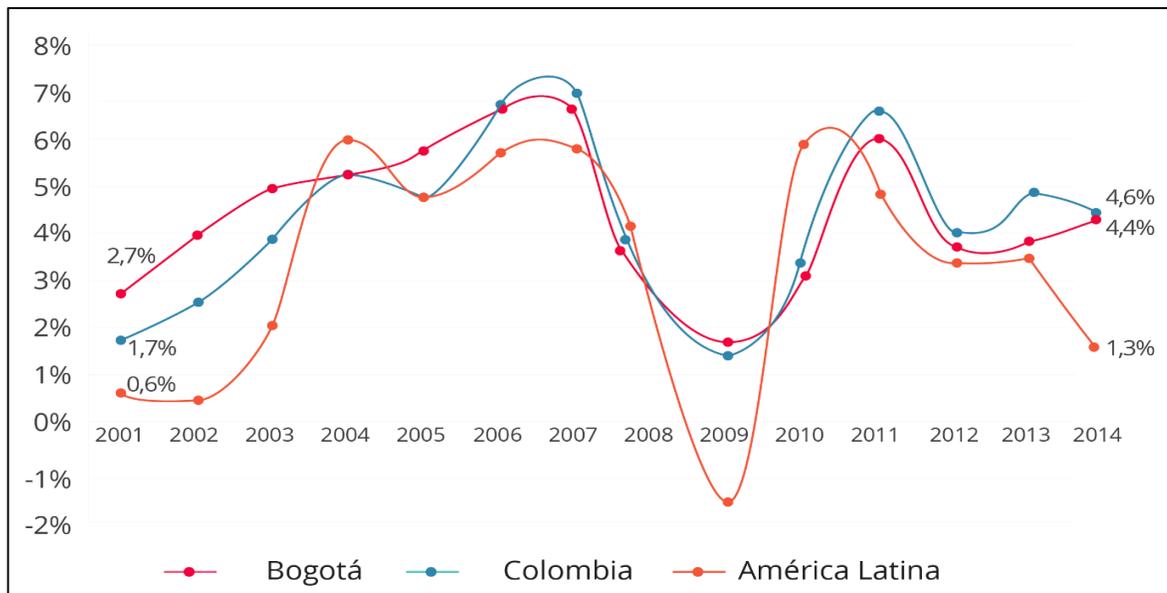
Fuente: *Invest in Bogotá*

Otros datos relacionados a este mercado son: Bogotá aglomera el 60% de la población, el 67% de la producción industrial y el 57% del PIB de Colombia; y además es la novena ciudad del mundo con la mayor densidad poblacional. Por último, el sector de servicios aporta un 71% al PIB de la ciudad, mientras que el sector de servicios es el 48% del PIB nacional.

²⁸INVEST IN BOGOTA. Negocios y economía. Bogotá: una economía sólida y dinámica. [En línea] 2014. [Citado el: 27 de 12 de 2015.] <http://es.investinbogota.org/descubra-bogota/negocios-y-economia>.

²⁹ —. ¿Por qué invertir en Bogotá? Acceso a mercados de Colombia y Bogotá. [En línea] 2014. [Citado el: 27 de 12 de 2015.]

Gráfico 5. Crecimiento del PIB en Bogotá, Colombia y América Latina (2001 - 2014)



Fuente: DANE, FMI; 2015. Cuentas nacionales y departamentales.

El buen desempeño económico de la ciudad se ha visto reflejado en una destacada estabilidad de precios. Bogotá cuenta con uno de los menores niveles de inflación entre las ciudades más importantes de América Latina.

La inflación actual de la ciudad se ubica por debajo de ciudades como Lima, Río de Janeiro, Sao Paulo, Buenos Aires y Caracas, aunque el costo de vida en estas mismas es más elevado que en Bogotá. Bogotá ofrece una estructura de costos de producción bastante competitiva y una posición geográfica privilegiada.

1.2.3 Factor social. La mitad de los habitantes del mundo (3.6 billones aproximadamente) viven en ciudades³⁰, motivo por el cual se han convertido en la fuente del crecimiento económico y productivo a nivel global³¹.

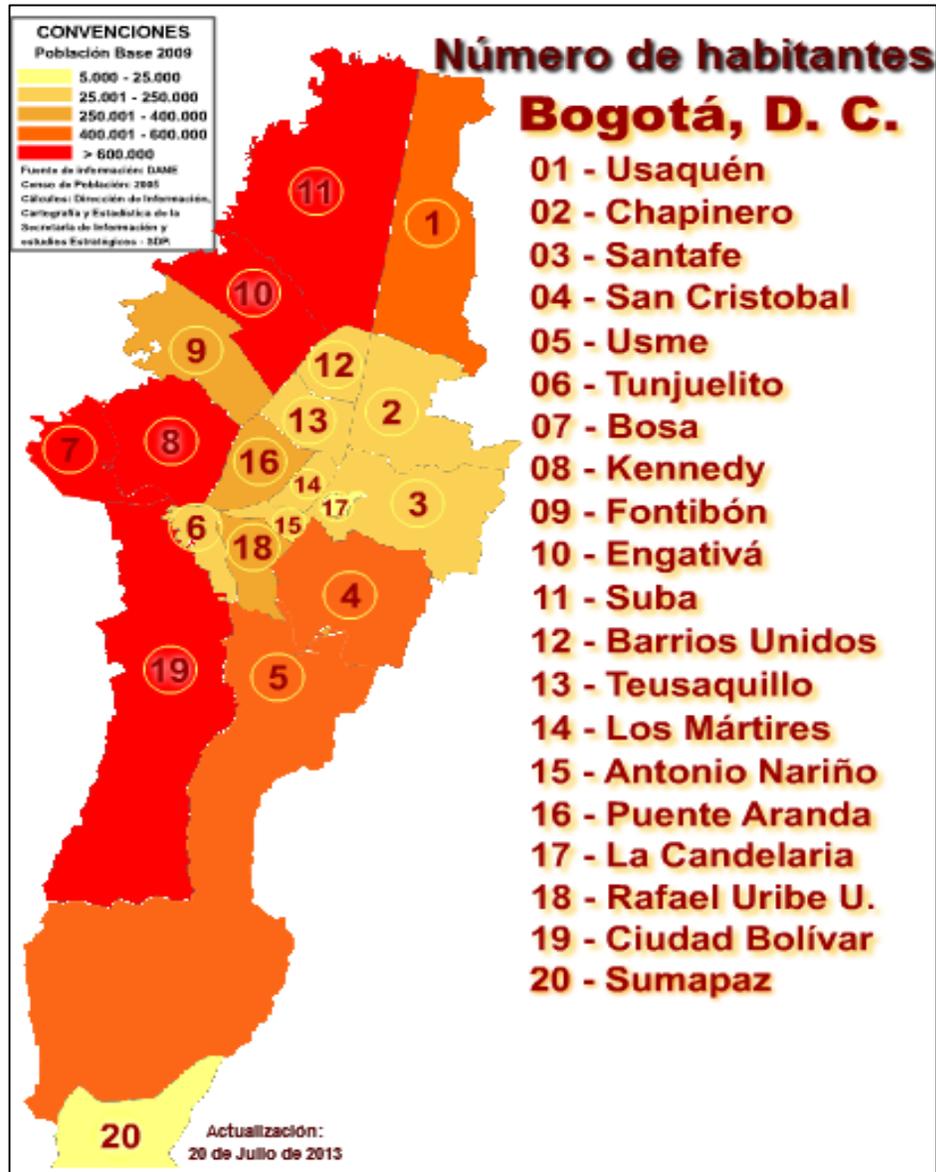
Esto ha implicado un crecimiento de los consumidores, el flujo de productos que deben circular por estas zonas y los impactos generados al medio ambiente, producto de las actividades allí desarrolladas, generado nuevos retos los cuales exigen orden, planeación y estrategia de modo que tengan un funcionamiento

³⁰ ALBERICH, Joan. 2010. Módulos Universitarios de Desarrollo Sostenible. El crecimiento de la población mundial los últimos tres siglos. [En línea] Universitat Rovira I Virgili, 2010. [Citado el: 19 de 09 de 2015.] http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com_content&id=3&Itemid=22&lang=es

³¹ BOUTON, SHANNON, Y OTROS. How to make a city great. s.l.: McKinsey & Co., 2013.

eficiente que facilite la vida de sus habitantes y el buen desempeño de sus negocios³².

Imagen 3. Número de habitantes por localidad en Bogotá.



Fuente: SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2013. *Reloj de Población*. [En línea]. [Citado el: 23 de 12 de 2015.] <http://www.sdp.gov.co/portal/-page/portal-/Portal-SDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Reloj-DePoblacion>

³² CORDOBA, Jorge. Revista de logística. *Una mirada urbana*. [En línea] LEGIS, 18 de 03 de 2010. [Citado el: 09 de 09 de 2015.] <http://www.revistadelogistica.com/una-mirada-urbana.asp>.

Bogotá no es una excepción a esta realidad, actualmente es una ciudad densamente poblada y una de las megaciudades de Latinoamérica, se considera que esto se debe a la gran cantidad de servicios y bienes que pueden ser adquiridos en la ciudad, apalancando la llegada de empresas e inversiones³³; además de la alta concentración de población víctima del conflicto interno que llega en búsqueda de nuevas oportunidades.

Esta alta densidad poblacional suma a la compleja dificultad para el transporte y movilidad y contribuye al deterioro de las condiciones en la calidad de vida de sus habitantes convirtiéndola en una de las ciudades con mayor índice de desigualdad.

Al día de hoy Bogotá tiene más de trescientas mil empresas, aproximadamente 1.500 extranjeras y 99 con negocios globales, lo cual implica un reto al momento de gestionar su desarrollo con visión estratégica de largo plazo³⁴.

1.2.4 Factor tecnológico. Bogotá está situada sobre un sofisticado nodo de telecomunicaciones y cuenta con amplios y competitivos espacios tanto para operaciones locales como para *offshore* (empresas o sociedades constituidas fuera del país). Además, cuenta con una amplia oferta de profesionales, técnicos y tecnólogos altamente capacitados para trabajar en contenidos web, diseño gráfico e ingeniería de sistemas, bilingüe en gran proporción, conocedor de servicios de software empresarial en las plataformas más relevantes (SAP, Oracle, Microsoft, IBM)³⁵.

Colombia y Bogotá ofrecen un amplio ecosistema de desarrollo digital que se amplía rápidamente. Asociaciones, centros de desarrollo tecnológico y universidades trabajan en conjunto para fortalecer el sector, donde su desarrollo en infraestructura se orienta a consolidar el proyecto de un parque tecnológico que generará un nuevo incentivo para que las compañías se instalen en la capital colombiana. Actualmente Bogotá está trabajando de la mano del sector académico y privado en la implementación de conceptos como el *Big Data* y la analítica de datos para encontrar soluciones a las grandes problemáticas de la ciudad tales como movilidad, inclusión, educación, entre otras.

El acceso a este tipo de tecnologías para las localidades de menor ingreso económico es más restringido. En efecto, las políticas que está desarrollando la administración actual buscan que todos los ciudadanos de Bogotá se sientan a

³³DINERO. Congestión poblacional en Bogotá. *País*. [En línea] Publicaciones Semana, 4 de 10 de 2015. [Citado el: 26 de 12 de 2015.] <http://www.dinero.com/pais/articulo/densidad-poblacional-bogota/207534>.

³⁴ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Posicionamiento Competitivo de Bogotá. Bogotá: s.n., 2014.

³⁵ INVEST IN BOGOTÁ. Bogotá se destaca como centro del desarrollo tecnológico en Colombia 3.0. [En línea] 03 de 09 de 2013. [Citado el: 23 de 12 de 2015.] <http://es.investinbogota.org/bogota-se-destaca-como-centro-del-desarrollo-tecnologico-en-colombia-30>.

gusto en el momento de usar alguno de los medios digitales perteneciente a las TIC, sin importar el nivel económico³⁶. Esas políticas también pretenden desarrollar un centro de apropiación tecnológico que tiene como principal meta reducir la brecha entre las diferentes ciudadanías.

En general, el acceso a las herramientas digitales va de la mano con el ingreso. En particular, el acceso a Internet y al computador en Bogotá presenta un comportamiento similar al de la telefonía fija, dándose más acceso a las localidades de mayores ingresos. En el caso del celular, la diferencia en acceso no es muy marcada entre localidades, pero por falta de información no se puede determinar la cantidad de personas que acceden a internet desde un Smartphone, debido a que la información se limita a la tenencia de un celular sin discriminarlos por la gama a la que pertenece el celular³⁷.

1.2.5 Factor ambiental - legal. Las siguientes son las normativas ambientales que pueden influir en un proyecto que se desarrolle en la ciudad de Bogotá.

Cuadro 2. Normativa ambiental de Bogotá

Normativa	Descripción
Ley 23 de 1973	Por medio de esta ley se establece el control de la contaminación del medio ambiente y se establecen alternativas y estrategias para la conservación y recuperación de los recursos naturales, para la salud y el bienestar de la población.
Decreto ley 2811 de 1974	Código de los Recursos Naturales y de Protección al medio ambiente.
Ley 09 de 1979	Código Sanitario Nacional, donde se establecen los procedimientos y medidas para legislar, regular y controlar las descargas de los residuos y materiales. Indica, además los parámetros para controlar las actividades que afecten el medio ambiente.
Ley 99 de 1993	Mediante esta ley se logra concretar en un solo documento las normas y principios que antes de esta ley carecían de coherencia en el control y formulación de políticas ambientales a nivel nacional. En ella se destacan los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> • Define los fundamentos de la política ambiental colombiana • Establece los fundamentos de la política ambiental • Define la obligatoriedad de obtener Licencia Ambiental para ejecutar • Proyectos, obras o actividades que puedan causar daño al medio ambiente. • Crea el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MMA, Organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA y reorganiza las Corporaciones Autónomas Regionales CAR

³⁶ SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. TIC en Bogotá. Bogotá: s.n, 2013.

³⁷ SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. TIC en Bogotá. Bogotá: s.n, 2013.

Cuadro 2. (Continuación)

Normativa	Descripción
Ley 99 de 1993	Permite la participación ciudadana en el proceso de otorgamiento de la Licencia ambiental.
Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012	Por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico- ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el distrito capital
Decreto 190 de 2004	Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003, en cuanto a la reglamentación sobre el agua, el aire, el manejo de residuos sólidos, los vertimientos y su relación estrecha con la protección y conservación del medio ambiente y sus componentes

La dimensión ambiental paulatinamente se ha venido posicionando en la agenda pública del Distrito Capital. El estado de los recursos naturales y del medio ambiente urbano en general, producto de diferentes factores –endógenos y exógenos-, ha generado que en los diferentes gobiernos de la ciudad se hayan propiciado acciones orientadas a la recuperación y conservación de áreas de importancia ambiental, así como al control y prevención de su deterioro³⁸.

Como parte de los planes del gobierno distrital para adherirse a la estrategia de desarrollo sostenible se han incluido temas como adaptación y mitigación de efectos del cambio climático, reducción de la destrucción de biodiversidad y desarrollo urbano sostenible dentro de las políticas públicas de la ciudad. A partir de este se han establecido planes de acción en siete ejes:

- Planificación ecológica del uso del territorio.
- Desarrollo de empresas productivas, eficientes y ambientalmente sanas.
- Protección y mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos.
- Aire limpio para los ciudadanos de hoy y de mañana.
- Reducción de los niveles de ruido.
- Manejo adecuado de las basuras de la ciudad.
- Gestión ambiental en forma responsable.

³⁸SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Plan de gestión ambiental del Distrito Capital P.G.A. 2008 - 2038. [En línea] 12 de 2009. [Citado el: 20 de 12 de 2015.] http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document_library/get_file?uuid=1d1c4032-35cd-453f-8316-e24054db7926&groupId=55886.

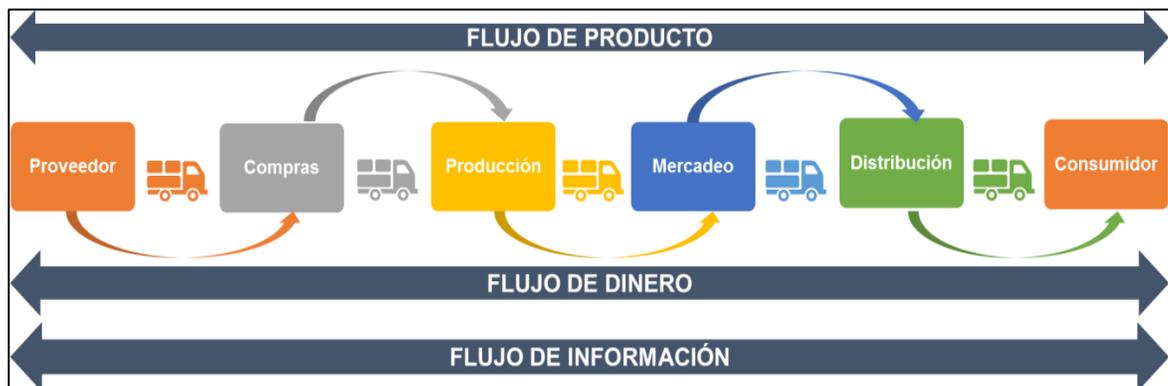
Estas líneas temáticas se traducirán en desarrollos tecnológicos, control, vigilancia y seguimiento del deterioro ambiental y sus causas, y legislaciones o políticas que permitan mitigar los impactos ambientales.

1.3 DIAGNÓSTICO DE LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN EN LAS EMPRESAS

Las ciudades actúan como motores de crecimiento y desarrollo sostenible, construidas por actores clave de la sociedad como los fabricantes, los transportadores, comerciantes, consumidores y todos los demás actores de la sociedad que se relacionan con ellos³⁹. Estas además compiten con otras ciudades por ser lugares atractivos para vivir, trabajar, comprar y pasar el tiempo libre, pero que a su vez sean aptas para movilizar los bienes requeridos para satisfacer las necesidades de sus habitantes.

Como parte de la necesidad de satisfacer las necesidades de los habitantes de la ciudad surgen miles de cadenas de suministro. Una cadena de suministro engloba los procesos de negocio, las personas, la organización, la tecnología y la infraestructura física que permite la transformación de materias primas en productos y servicios intermedios y terminados que son ofrecidos y distribuidos al consumidor para satisfacer su demanda.

Diagrama 1. Cadena de suministro



La cadena de suministro es una secuencia de eslabones, la cual tiene como objetivo principal el satisfacer competitivamente al cliente final. El Diagrama 1., representa una cadena de suministro genérica. Es importante resaltar que si algún proceso o eslabón de la cadena falla, el producto final no se entregará en las

³⁹JALLER, Miguel. Public and private sector initiatives to improve the freight system in metropolitan areas. Bogotá: I Congreso Internacional de Industria y Organizaciones: Logística para la competitividad, 2014.

condiciones ideales al cliente, por lo que es necesario que todo el sistema fluya en armonía para que el propósito se lleve a cabo⁴⁰.

Este sistema está compuesto por seis actores básicos:

- **Proveedores.** Este actor es el encargado de proveer o abastecer de bienes o servicios a una compañía para que esta pueda producir otro bien o servicio.
- **Compras.** También conocido como abastecimiento, es el actor de satisfacer en el tiempo y cantidad apropiada las necesidades del área de producción en cuanto a materias primas, insumos o servicios.
- **Producción.** Es el actor encargado de fabricar los productos que serán comercializados por otros actores que buscan satisfacer la necesidad de un consumidor.
- **Mercadeo.** Actor fundamental encargado de la generación de demanda de los bienes producidos en el mercado y de la misma forma de realizar la gestión de la relación con los clientes.
- **Distribución.** Es el actor que agrupa a mayoristas y minoristas quienes distribuyen el producto al cliente final.
- **Cliente.** La cadena de suministro se moviliza para satisfacer las necesidades de este actor, el cual es quien consume los bienes producidos.

Teniendo en cuenta que el transporte es el proceso clave para movilizar los insumos, materias primas y bienes terminados de principio a fin en la cadena según la demanda y que representa al menos un tercio de los costos logísticos totales se hace más importante su correcta gestión y optimización para aumentar la competitividad de las compañías⁴¹.

Fue hacia mediados de los 90 donde las condiciones del entorno llevaron a que la comunidad científica profundizara en este conocimiento, al día de hoy la dinámica ha cambiado y hay un creciente interés por la logística de los servicios de reparto, especialmente en el centro de las ciudades⁴².

⁴⁰ CAMACHO, Hernando, GÓMEZ, Karol y MONROY, Camilo. Importancia de la cadena de suministros en las organizaciones. Panamá: Megaprojects: Building Infrastructure by fostering engineering collaboration, efficient and effective integration and innovative planning, 2012.

⁴¹ GARCÍA, M. Cadena de suministros. México: s.n., 2006, II.

⁴² LIBREROS, Ulpiano. 2012. *La logística social urbana y la movilidad. Implicaciones del transporte y de la distribución urbana de mercancías en la movilidad de las ciudades.* [En línea] CODATU XIV [Citado el: 02 de 03 de 2016] <http://www.codatu.org/wp-content/uploads/La-logistica-social-y-comercial-urbana-y-la-movilidad-Ulpiano-Libreros.pdf>

La presencia o ausencia de redes transporte que faciliten la implantación de cadenas de suministro eficientes ya es un factor a tener en cuenta en las decisiones de inversión en todo el mundo; la capacidad de ofrecer una sólida infraestructura es probable que se convierta en un criterio todavía más importante a la hora de determinar la competitividad de la región y el país en el futuro. Las infraestructuras de transporte siguen siendo un factor decisivo para las perspectivas económicas de un país⁴³.

Ejemplo de estas condiciones es el hecho de que las ciudades resulten siendo abastecidas por miles de cadenas de suministro las cuales incluyen en sus destinos las tiendas de barrios, las grandes superficies, los restaurantes, centros de distribución, fábricas, droguerías e incluso vertederos.

Además, estas cadenas se ven afectadas por las condiciones únicas de cada ciudad como la economía local, su geografía y la cultura impactan los diversos objetivos que gobiernos, empresas y habitantes se plantean, es por esto que la logística urbana se vuelve un aspecto importante para plantear estrategias que ayuden a los procesos logísticos internos de cada ciudad, y de esta forma evitar el caos que un mal control podría generar en las ciudades⁵.

Siendo el transporte en general una de las mayores industrias de la sociedad contemporánea, vital para el desarrollo integral de las economías de las diferentes comunidades y una parte fundamental de las operaciones logísticas (en cuanto a transporte de carga se refiere) debido a las implicaciones determinantes en el costo y la eficiencia de las empresas y por ende en la competitividad de la ciudad

Ciudades como Barcelona, Bilbao o Toronto ya han adoptado cambios estratégicos en su gestión, y en un contexto de cooperación entre los sectores público y privado, han formulado la visión, las estrategias, proyectos, acuerdos y compromisos para orientar su desarrollo⁴⁴.

Por esto, la vocación industrial de la ciudad y los flujos que circulan a través de ella son elementos clave para facilitar la inclusión de la ciudad dentro de la cadena de abastecimiento. Por lo que al día de se puede llegar a un consenso general sobre la dependencia de las ciudades y un desempeño eficiente y armonioso en sus sistemas de transporte, en el cual el transporte de carga urbano juega un rol clave⁴⁵.

⁴³ PwC; EUROPEAN BUSINESS SCHOOL; SUPPLY CHAIN MANAGEMENT INSTITUTE. Transporte y logística 2030: Infraestructura de transporte ¿motor o freno de mano para las cadenas de suministro globales? s.l.: PriceWaterHouseCoopers S.L, 2011.

⁴⁴ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Posicionamiento Competitivo de Bogotá. Bogotá: s.n., 2014.

⁴⁵. COMENDADOR, Julio; LÓPEZ, María; MONZÓN, Andrés. Madrid *The Seventh International Conference on City Logistics: A GPS analysis for urban freight distribution*: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, Vol. 39.

En el contexto local, el hecho de que Bogotá sea una ciudad con 13.200 habitantes por kilómetro cuadrado (más de 8 millones de habitantes) y que sea la principal ciudad colombiana ubicada en uno de los extremos de la cordillera los Andes, sin equivalencia en distancia con otras ciudades principales, implica que las estrategias de distribución requieran de enormes competencias logísticas para ser creadas⁴⁶.

Actualmente una de las necesidades que tiene Bogotá para aumentar su competitividad a nivel global es la creación de una visión que fortalezca la planificación estratégica de las ventajas como ciudad, bajo lineamientos de sostenibilidad y prosperidad para desarrollar sus potencialidades y lograr un mejor desempeño y que no se siga afectando negativamente la calidad de vida de los habitantes, así como las posibilidades de crecimiento y bienestar en la ciudad.

De ahí la importancia de reducir el rezago en la infraestructura de movilidad y conectividad para mejorar la productividad y la calidad de vida en la ciudad⁴⁷. Bogotá se destacó en 2014 por las mejoras significativas en el “poder de marca”, “capital humano” y, en especial, en “infraestructura de conectividad aérea y digital” (ver Tabla 6.), donde se mejora significativamente en una de las principales brechas de la ciudad.

Tabla 6. Índices por dimensiones de ICUR para Bogotá 2013 – 2014

Dimensión ICUR	2013		2014		Variación	
	Índice	Posición	Índice	Posición	Índice	Posición
Marco social y político	76,30	32	76,19	36	-0,11	-4
Marco y dinamismo económico	70,70	11	71,08	9	0,38	2
Servicios a empresas	67,70	24	69,03	24	1,33	0
Servicios a ejecutivos	60,20	16	54,38	14	-5,82	2
Infraestructura y conectividad física	62,90	5	80,13	5	17,23	0
Capital Humano	65,80	11	71,67	9	5,87	2
Sustentabilidad ambiental	89,60	19	75,48	44	-14,12	-25
Poder de marca	88,80	5	87,95	5	-0,85	0
ICUR	76,40	8	75,26	6	-1,14	2

Fuente: CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Posicionamiento Competitivo de Bogotá. Bogotá: s.n., 2014. América Economía *Intelligence*. Mejores ciudades para hacer negocios en América Latina, 2014.

⁴⁶HIDALGO, David y MEJÍA, Christopher. Logística. Logística en megaciudades. [En línea] LOGYCA, 05 de 2014. [Citado el: 26 de 12 de 2015.] http://www.logyca.com/Boletin_Mayo_2014/Logistica.aspx.

⁴⁷ CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Posicionamiento Competitivo de Bogotá. Bogotá: s.n., 2014

La ampliación y modernización de Aeropuerto El Dorado es uno de los principales factores que explica la mejora sustancial de Bogotá en la dimensión de infraestructura y conectividad física en el 2014 con respecto al 2013, con impacto positivo en los principales indicadores evaluados en esta dimensión: pasajeros aeroportuarios totales, pasajeros aeroportuarios internacionales, carga aeroportuaria y destinos aeroportuarios internacionales.

Algunos de los datos referentes a las operaciones logísticas en la ciudad actuales son⁴⁸:

- La mayor parte de la carga se mueve en camión. Un 30 por ciento de la carga total es ferroviaria, pero corresponde casi exclusivamente a carbón.
- Hay un precario mantenimiento de la red vial nacional no concesionada, donde 75,6 por ciento está pavimentado (54 por ciento en buen estado) y 24,4 por ciento en afirmado (12 por ciento en buen estado). Falta información sobre la calidad de la red vial secundaria y terciaria.
- La infraestructura de transporte presenta una alta vulnerabilidad a los eventos extremos de clima, asociados con el calentamiento global. El fenómeno de La Niña 2010-2011 dejó pérdidas a infraestructura de transporte equivalentes al 0,8 por ciento del PIB.
- Los costos logísticos en Colombia son muy altos, corresponden por lo menos a 2,5 veces los de Chile o Perú.
- La organización empresarial para el transporte de carga es precaria (69 por ciento de los vehículos son propiedad de personas naturales) y la flota de camiones es obsoleta (19 años de edad media).
- El número de heridos y muertes por accidentes tránsito es alto: 41.823 lesionados y 6.219 muertos en 2013, de los cuales el 60 por ciento corresponde a zonas urbanas.

Las principales causas del débil desempeño logístico en la región tienen origen en cuatro componentes, la escasez de financiamiento, la debilidad institucional, la debilidad regulatoria y la carencia de recursos humanos y capacidad empresarial para apoyar o promover iniciativas en el Gobierno⁸.

⁴⁸ HIDALGO, Darío. 2015. *Infraestructura y transporte en el Plan Nacional de Desarrollo*. [En línea] Razón Pública, 25 de mayo de 2015. [Citado el: 06 de marzo de 2016]. <http://www.razonpublica.com/-index.php/politica-y-gobierno-temas-27/8483-infraestructura-y-transporte-en-el-plan-nacional-de-desarrollo>

La falta de recursos humanos especializados, la escasa integración de políticas sectoriales, la concentración de las áreas de transporte en temas coyunturales (ej. infraestructura), la politización de las actividades técnicas y la falta de visión estratégica son algunos de los motivos por los que el sector empresarial aún no es un claro participante del desarrollo de políticas en el país. Sin embargo, las políticas públicas no pueden ser construidas de forma unilateral (solo por el Gobierno) sino que se requiere el apoyo de todas las partes interesadas (industria, comercio, ciudadanía, entre otros.) por lo que el contar con una herramienta de diagnóstico entregará herramientas tangibles. Se necesita de un interlocutor entre el sector público y las necesidades del sector privado en temas logísticos.

Por cada 100 pesos de ventas que hacen las empresas en Colombia, 15 pesos se invierten en procesos de logística como almacenamiento, transporte y distribución, compras y manejo de proveedores, entre otras tareas. Ese costo, que representa el 14,9% del valor de las ventas de los empresarios, superando el promedio de América Latina que es del 14,7 por ciento⁴⁹.

De ese 14,9% el mayor porcentaje corresponde al transporte (37%), almacenamiento (20%); compras y manejo de proveedores (17%); procesamiento de pedidos de cliente (10%); planeación y reposición de inventarios (9%) y logística de reversa (7%).

Este mismo estudio, identificó que el 32,3% de los empresarios consultados coincide en que la mayor barrera es la falta de zonas para el cargue o descargue de los productos, seguida de la falta de infraestructura y congestión (22%), la falta de talento humano (16,9%) y el alto precio de las bodegas (10,2%).

De acuerdo a la matriz de carga del 2015, en un día hábil ingresan un total de 28.049 vehículos a la ciudad y salen un total de 27.990. Para un día no hábil ingresan un total de 21.198 vehículos y salen 21.605. Los vehículos que entran y salen de la ciudad son mayoritariamente de 2 ejes, sin embargo, se percibe una alta participación de vehículos de 4 ejes o más.

Cerca del 40% de los camiones que circulan por la ciudad viajan vacíos, los camiones de mayores dimensiones registran un porcentaje más significativo de dicha condición. Los viajes con origen y destino interno en la ciudad representan un poco más del 50% para día hábil y para día no hábil.⁵⁰

⁴⁹ PORTAFOLIO. 2015. *15 % de ventas de empresas colombianas se van en logística*. [En línea] Empresas, 26 de agosto de 2015. [Citado el: 06 de marzo de 2016] <http://www.portafolio.co/-negocios/empresas/15-ventas-empresas-colombianas-logistica-29164>

⁵⁰STEER DAVIES GLEAVE. *Actualización y ajuste de la matriz origen destino de transporte de carga en la ciudad de Bogotá DC*. Bogotá : s.n., 2015.

De acuerdo a la matriz de carga 2015 el ingreso y salida de vehículos de carga se produce en tres cordones (Ver Cuadro 3.)

Cuadro 3. Cordones de ingreso y salida de vehículos de carga en Bogotá

Cordón	Caracterización
Externo	En el cordón externo de la ciudad, que comprende los 9 puntos de accesos y salidas de Bogotá, entran 28.049 vehículos y salen 27.990 vehículos para día hábil. Este cordón muestra una composición vehicular similar entrando y saliendo, comprendida principalmente por camiones de 2 ejes con una participación cercana al 68%, seguida de camiones de 4 o más ejes, con una participación cercana al 21% y finalmente con cerca del 10% los camiones de 3 ejes para un día hábil. En el caso del día no hábil, ingresan 21.198 vehículos y salen 21.605 vehículos. La composición vehicular para estos vehículos, es similar para las entradas y salidas, siendo próxima a 70% para camiones de 2 ejes, 10% para camiones de 3 ejes y 20% para camiones de 4 o más ejes.
Intermedio	En el cordón intermedio (delimitado por la Calle 170 desde el oriente de la ciudad, hasta la Avenida Boyacá y La Avenida Boyacá desde la Calle 170 hasta la salida de la ciudad por el sur), ingresan (sentido hacia el centro) un total de 39.314 vehículos por los corredores principales y salen 39.561 vehículos en día hábil. Este cordón muestra una composición vehicular similar entrando y saliendo, comprendida principalmente por camiones de 2 ejes con una participación cercana al 83%, alrededor del 9% para camiones de 3 ejes y finalmente, un 8% para camiones de 4 o más ejes. Para el caso del día no hábil entran 32.492 vehículos y salen 30.374 vehículos. La composición vehicular, para estos vehículos, es de cerca de 83% para camiones de 2 ejes, 8% para camiones de 3 ejes y 9% para camiones de 4 o más ejes, tanto para ingresos como salidas.
Interno	El cordón interno, (delimitado por la Calle 100 desde el oriente de la ciudad hasta la Carrera 30, la Carrera 30 desde la calle 100 hasta la avenida Primera de Mayo y la avenida Primera de Mayo hasta el oriente de la ciudad), ingresan (sentido hacia el centro) un total de 15.400 vehículos por los corredores principales y salen 15.810 vehículos. Su composición vehicular al igual que en los cordones anteriores, registra una compensación de ingreso y salida siendo cercana al 91% para camiones de 2 ejes, alrededor de 7% para camiones de 3 ejes y finalmente, un 2% para camiones de 4 o más ejes. Para el caso del día no hábil entran 12.752 vehículos y salen 13.897 vehículos. La composición vehicular para estos vehículos, es de cerca de 92% para camiones de 2 ejes, 7% para camiones de 3 ejes y 1% para camiones de 4 o más ejes para entradas y salidas.

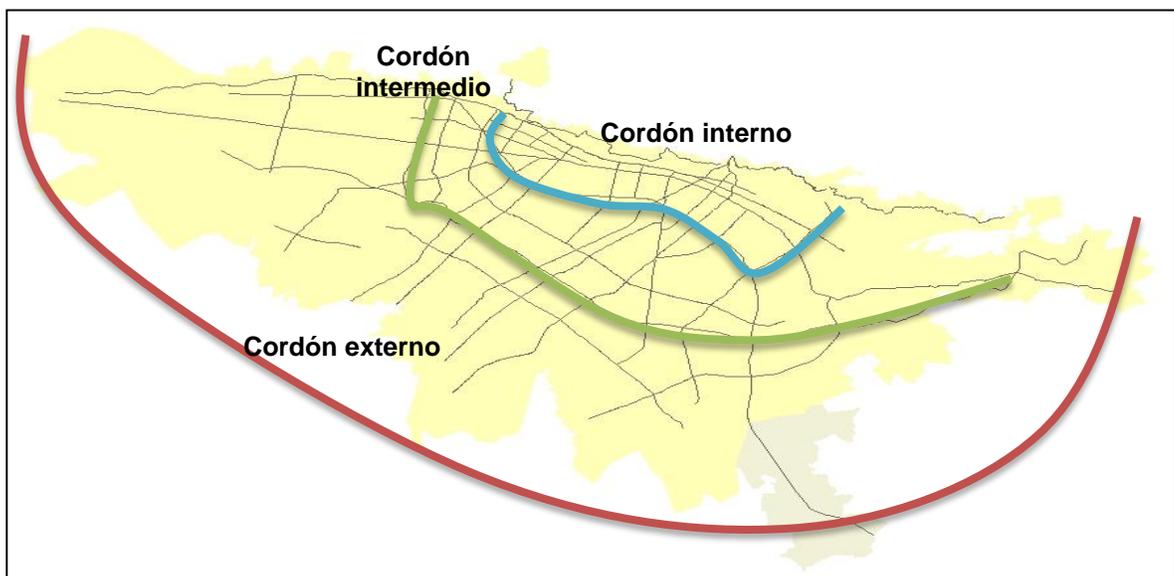
Fuente: STEER DAVIES GLEAVE. *Actualización y ajuste de la matriz origen destino de transporte de carga en la ciudad de Bogotá DC*. Bogotá : s.n., 2015.

Para un día hábil, la hora pico de carga es de 10:45 a.m. a 11:45 a.m. En horas de la tarde se observa otro pico de 2:30 p.m. 3:30 p.m. Durante la hora pico de carga el volumen vehicular que transita por el cordón externo es cercano a los 4.000 camiones. En esta hora el 53% de los vehículos salen de la ciudad mientras que el 47% entran. La composición vehicular es mayoritariamente de 2 ejes (68%) seguida de 4 ejes o más (19%) y finalmente 3 ejes (13%).

En contraste, en un día no hábil la hora pico de carga es de 9:00 a.m. a 10:00 a.m. Después de las 11:00 a.m. el volumen disminuye constantemente. Durante la hora pico de carga el volumen vehicular que transita por el cordón externo es cercano a los 2.800 camiones. En esta hora el 50% de los vehículos salen de la ciudad mientras que el 50% entran. La composición vehicular es mayoritariamente de 2 ejes (70%) seguida de 4 ejes o más (17%) y finalmente 3 ejes (13%).

Los principales productos que circulan por la ciudad son: insumos de construcción (cemento, tierra, ladrillos), productos manufacturados alimenticios, productos agrícolas, productos manufacturados (no alimentos ni electrodomésticos), metales (Acero, aluminio), combustibles, paquetes (correo), papel y cartón, productos cárnicos y líquidos para consumo humano (cervezas, gaseosas, jugos).

Imagen 4. Cordones viales de Bogotá



Fuente: STEER DAVIES GLEAVE. 2009. *Estudio para determinar la matriz OD de carga y desarrollo de acciones para la regulación de la logística de carga interna de la ciudad. Contrato 1797 de 2009.*

Principalmente por los corredores de la Autopista Norte, Calle 80, Calle 13, Av. NQS, Av. Boyacá y la Autopista Sur. Estos corredores son conocidos en la ciudad por ser de difícil tránsito y tomando en cuenta que acertar con las infraestructuras de transporte resulta fundamental. En la Imagen 4., se muestran los cordones viales descritos en el anterior cuadro.

Estos datos resaltan la creciente y dinámica actividad económica de la ciudad implica más movimiento urbano, mayor número de viajes diarios, más demanda de transporte y un mayor número de carros en las calles. Prueba de esto es que en esta década la flota vehicular en Bogotá se duplicó, mientras que la malla vial se

mantiene estancada en alrededor de 15.500 kilómetros-carril⁵¹, de los cuales el 44% (6.640 kilómetros) se encuentra en mal estado, el 19% en estado regular y el 37% en buen estado según cifras del IDU⁵².

Mientras que el 58% de las “calles de barrio” tienen una condición precaria, dando un registro de 220.000 huecos por toda la ciudad y un costo de reparación superior al presupuesto disponible.

En otros aspectos como la semaforización y la gestión inteligente del tráfico la ciudad necesita avanzar. Más que la cantidad de infraestructura (kilómetros construidos) el foco se traslada a la calidad de la misma (el número de intersecciones o conectividad). Por ejemplo, evitar que los puentes, diseñados para agilizar el tráfico, desemboquen a los pocos metros en un semáforo.

En una ciudad densa como Bogotá las inversiones en movilidad marcan la diferencia en materia de infraestructura urbana, ya que permiten que los más de 14 millones de viajes diarios sean más eficientes.

1.4 DIAGNÓSTICO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS LOGÍSTICAS QUE AFECTAN O INTERVIENEN CON LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN URBANA

La logística es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, productos en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente⁵³. Es además un elemento clave para el desarrollo y la competitividad de una región; engloba dos componentes fundamentales para la comercialización de bienes⁵⁴:

- “Blandos” como procedimientos administrativos y aduaneros, facilitación en la prestación de servicios de seguimiento y localización satelital, entre otros.
- “Duros” como la infraestructura de transporte, telecomunicaciones y de almacenamiento que facilita la conectividad a lo largo de la cadena de suministro.

⁵¹ SEMANA. 2014. *Bogotá ¿Cuál es la infraestructura urbana pendiente?* [En línea] Redacción Nación, 25 de enero 2014. [Citado el: 6 de marzo de 2015.] <http://www.semana.com/nacion/articulo/-infraestructura-urbana-pendiente-en-la-capital/371918-3>

⁵² BOGOTÁ COMO VAMOS. 2015. *Infraestructura vial, una deuda pendiente.* [En línea] Bogotá cómo vamos, 23 de junio 2015. [Citado el: 6 de marzo de 2015.] <http://www.bogotacomovamos.org/blog/-/infraestructura-vial-una-deuda-pendiente/>

⁵³ THE COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. RLEC. Reverse Logistics Executives' Council. p.8

⁵⁴ ZANINOVICH, Dimitri. 2014. *Implementando la política nacional de logística.* Departamento Nacional de Planeación. Santiago de Cali. Septiembre 19 de 2014.

En orden de completar estos componentes se desarrollan diferentes políticas públicas, estas son un conjunto de acciones y decisiones encaminadas a solucionar problemas propios de las comunidades.

La importancia de la política pública en la logística parte de reconocer que el gobierno es un actor clave de la cadena de suministro, ya que este ente impacta en la gestión de la misma al proveer la infraestructura de transporte, controlar el uso del suelo, ofrecer incentivos directos e indirectos para promover la inversión en activos por parte de las empresas en una localización, proveer bienes públicos intangibles o servicios como la educación, controla la regulación comercial, las tasas de impuestos, reglas de inmigración y las políticas ambientales del país⁵⁵

Si la velocidad de la cadena de suministro está dada por la velocidad del eslabón más lento, en este caso el Estado, la creación y la adecuada ejecución de políticas públicas logísticas es un elemento vital para la competitividad de las cadenas de suministro en Colombia y en el mundo.

Estas políticas se enfocan principalmente al reducir el impacto de estas operaciones sobre el tránsito en la ciudad, el Cuadro 4., resume los principales tipos de políticas públicas creadas en el mundo.

Cuadro 4. Tipos de políticas públicas logísticas

Tipo de política pública	Definición
Medidas para regular el tráfico, el estacionamiento y los accesos de los vehículos	Constituyen el tipo de medidas menos costosas para las administraciones locales y, aunque son bastante simples, pueden tener impactos importantes en las ciudades.
Consolidación de esquemas y medidas dirigidas a mejorar las cadenas de suministro en ámbito urbano.	La instalación de centros de consolidación urbanos y de espacios logísticos urbanos pueden ser adecuados, pero únicamente si se satisfacen unas determinadas condiciones
Regulación del acceso de los vehículos de reparto.	Se trata de una de las políticas más utilizadas en todo el mundo, limitándose el acceso de los vehículos de reparto en función de varios criterios: ventanas temporales, peso, tamaño, factor de carga, tipo de mercancías.
Zonas de bajas emisiones.	Cuando se combinan dos de las tendencias más recientes en cuanto a la restricción de los accesos, los estándares medioambientales y el peaje por utilización de las calles, se crean las zonas de bajas emisiones, en las que únicamente se permite el acceso a camiones nuevos (no se permite la entrada a camiones anteriores al estándar Euro III o Euro IV, según ciudades) o totalmente cargados.
Reparto nocturno y otras iniciativas de tiempo compartido.	Con el fin de evitar los repartos en la hora punta, se han comenzado a promocionar los repartos nocturnos (o a primera hora de la mañana o a última de la tarde).

⁵⁵ LOGYCA. 2015. *Política Pública Logística*. [En línea] 22 de diciembre de 2015. [Citado el: 6 de marzo de 2015] <http://investigacion.logyca.org/home/prueba/politica-publica-logistica>

Cuadro 4. (Continuación)

Tipo de política pública	Definición
Áreas eficientes de carga y descarga.	Las mercancías requieren disponer de un espacio adecuado para poder ser entregadas y/o recogidas, este tipo de políticas generan diversas soluciones para lograr un diseño eficiente de las zonas de carga y descarga (número mínimo de plazas cada cierta distancia, eliminar posibles obstáculos que dificulten las operaciones, ventanas temporales, vías multiuso, zonas reservadas en aparcamientos, prevenir aparcamiento ilegal o de larga duración, entre otros).

En Colombia el Estado realiza actividades enmarcadas en políticas públicas de diseño, provisión, facilitación y regulación de la actividad productiva con las que busca generar un esquema de promoción y gestión de zonas de desarrollo industrial y social en el territorio colombiano, las cuales cumplen las siguientes características:

- **Modelo integrador.** Infraestructura especializada que logra aglomerar los servicios logísticos y actividades industriales para alcanzar mayor productividad.
- **Institucionalidad fuerte.** Planeada, administrada y promovida por una empresa mixta (sector privado, Alcaldía y Nación) construye y ofrece las condiciones óptimas que demanda el sector productivo.
- **Facilitador de APP.** Genera las condiciones para que el sector privado sea el jalonador de las inversiones y el desarrollo.
- **Transformación estructural.** Resuelve la separación entre actividad industrial y ciudad, generando fuentes de empleo e ingreso legales, sostenibles y de calidad.

Las políticas públicas logísticas que afectan o intervienen con los procesos de distribución urbana y que son aplicadas en Bogotá por lo cual pueden ser tenidas en cuenta en el desarrollo del modelo son las siguientes:

- **Ley 336 de 1996.** Estatuto Nacional del Transporte, señala como prioridad esencial del Estado, la protección de los usuarios, al tiempo que le ordena exigir y verificar las condiciones de seguridad, comodidad y accesibilidad, dándole prioridad a la utilización de medios de transporte masivo.
- **Ley 769 de 2002.** Código Nacional de Tránsito Terrestre ha otorgado a los alcaldes municipales y distritales la calidad de autoridad de tránsito, la cual les faculta para intervenir dentro de la movilidad de personas y cosas dentro de su jurisdicción.

- **Decreto Distrital 190 de 2004.** Determina la estructura del Sistema de Movilidad, conformado por los Subsistemas Vial (motorizado), Vial Peatonal (no motorizado, incluye bicicletas), de Transporte y de Regulación y Control del Tráfico. Tiene como fin atender los requerimientos de movilidad de pasajeros y de carga en la zona urbana y de expansión, en el área rural del Distrito Capital y conectar la ciudad con la red de ciudades de la región, con el resto del país y el exterior.
- **Decreto 319 de 2006.** Plan maestro de movilidad que formuló el plan de ordenamiento logístico de Bogotá. Propone por una mejor organización del transporte de carga con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, equipos e infraestructura que permita reducir los costos de distribución y transporte y elevar la competitividad a nivel urbano, regional, nacional e internacional. El Cuadro 5., describe las estrategias desarrolladas para la implementación del plan.

Cuadro 5. Estrategias de implementación Plan Maestro de Movilidad

Estrategias de implementación
<ul style="list-style-type: none"> • Racionalización del tráfico de camiones con origen y destino en la ciudad mediante la implementación de corredores logísticos internos. • Implementar los proyectos viales y especializar los ejes de acceso regional hacia los centros logísticos internos. • Racionalizar el tráfico de camiones de paso por la ciudad que van hacia otras ciudades, especialmente los que transportan cargas peligrosas. • Organizar la zona industrial interna en Centros de actividad logística internos, con vialidad de acceso especializada y conectada con la región a través de Centros de actividad logística externos, situados en Municipios colindantes seleccionados. • Diseñar e implementar un Sistema de Gestión Integral para el transporte de materias peligrosas para el medio ambiente y la salud de las personas. • Reducir la ocupación del espacio público por el estacionamiento y cargue y descargue de camiones, y regular los horarios de operación. • Coadyuvar al mejor funcionamiento de las macrorrutas del transporte de recolección de residuos sólidos en el contexto de los objetivos del plan de ordenamiento logístico de la ciudad. • Organizar la supervisión Distrital sobre la logística urbana.

- **Conpes 3547 de 2008.** Primer plan de desarrollo logístico de Colombia, enfocado principalmente al desarrollo de infraestructura para facilitar la movilidad de carga por carretera. Tiene como objetivo estructurar ciudades competitivas, eficientes y equitativas, que permitan a los ciudadanos tener oportunidades seguras de movilidad bajo

principios de economía, y teniendo en cuenta que en cumplimiento de las leyes 388 de 1997 y 1083 de 2006.

Las entidades municipales y distritales deben adoptar mediante decreto los Planes de Movilidad Sostenible en concordancia con los Planes de Ordenamiento Territorial, el Gobierno Nacional en coordinación con los entes territoriales, adelanta acciones en la planificación del transporte urbano de pasajeros, desarrollando estrategias en ciudades principales e intermedias, en cuanto al desarrollo de Sistemas Integrados de Transporte Masivo.

- **Resolución 236 de 2009.** Por la cual se creó el Observatorio de Transporte de Carga, que tiene como función hacer el monitoreo y seguimiento a las medidas adoptadas para el transporte de carga. El Cuadro 6., describe las actividades desarrolladas por el observatorio

Cuadro 6. Actividades desarrolladas por el observatorio de transporte de carga

Observatorio logístico de carga
<ul style="list-style-type: none">• Actualizar, analizar y publicar los resultados de los indicadores de movilidad.• Evaluar los aspectos que permitan mejoras en las condiciones de productividad, competitividad y seguridad, y formular políticas públicas al respecto.• Analizar diferentes medidas tendientes al mejor ordenamiento del transporte de carga.• Evaluar la información obtenida en el registro a que se refiere el artículo 3° del Decreto 034 de 2009.• Reportar, de acuerdo con la periodicidad establecida para cada uno de los indicadores, los resultados y conclusiones que éstos arrojen.• Promover, suscribir y hacer seguimiento a diferentes acuerdos de corresponsabilidad de los gremios del sector.

- **Decreto 520 de 2013.** Por medio de los cuales se establecen restricciones y condiciones para el tránsito de los vehículos de transporte de carga en el área urbana del Distrito Capital. El Cuadro 7., detalla las restricciones y condiciones de tránsito para cada zona de la ciudad.

Cuadro 7. Restricciones y condiciones de tránsito por zona

Zona	Descripción	Área comprendida
Zona 1	Se permite la libre circulación de vehículos de transporte de carga durante las 24 horas, de conformidad con las disposiciones del Código Nacional de Tránsito Terrestre y la señalización que la autoridad de tránsito establezca; la cual está conformada por las siguientes áreas:	Zona Franca, Granjas de Techo, Fontibón San Pablo, Capellanía y Aeropuerto El Dorado. Montevideo, Puente Aranda, Zona Industrial y Cundinamarca: Avenida Boyacá por 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 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 Troncal NQS.
Zona 2	Se restringe la circulación de vehículos de transporte de carga con capacidad de carga superior a siete (7) toneladas, de lunes a viernes entre las 6:00 y las 8:30 horas y entre las 17:00 y las 19:30 horas.	Por el Norte: Avenida Calle 170, por el Occidente: Avenida Boyacá o, Carrera 72, por el Sur: Avenida Primero de Mayo o, Calle 22 Sur, por el Oriente: Limite Oriental de la ciudad.

Además, el POT define restricciones para determinadas secciones viales de la ciudad, el Cuadro 8., describe cada una de estas secciones.

Cuadro 8. Secciones viales según POT

Tipo de malla vial	Vía	Longitud (metros)
Malla arterial principal y malla arterial complementaria	Vía V-0	100
	Vía V-1	60
	Vía V-2	40
	Vía V-3	28 (en sectores desarrollados) 30 (en sectores sin desarrollar)
	Vía V-3E	25
Malla vial intermedia	Vía V-4	22
	Vía V-4R	22 (en zonas rurales)
	Vía V-5	18
	Vía V-6	16
Malla vial local	Vía V-7	13
	Vía V-8	10
	Vía V-9	8

En malla vial arterial con sección vial V-0, V-1, V-2, V-3 y en malla vial intermedia con sección vial V4, V4R V5 y V6 se permite la circulación de vehículos de transporte de carga de todas las designaciones. En malla vial local con sección vial V-7, se permite la circulación de vehículos de transporte de carga hasta designación 2 (dos ejes), con un máximo peso bruto vehicular de 17,425 toneladas.

No podrán efectuarse maniobras de cargue o descargue sobre vías arterias o sobre los accesos, salidas y/o conectantes a éstas, en ninguna zona del Distrito Capital. Cuando el vehículo tenga como punto de destino un predio situado sobre malla vial arterial, deberá ingresar al mismo, o efectuar el cargue o descargue desde un estacionamiento fuera de vía, o desde la vía intermedia o local más cercana, siempre que los vehículos de transporte de carga no excedan los dos ejes, y atendiendo en todo caso las previsiones del Código Nacional de Tránsito Terrestre sobre estacionamiento.

Decreto 690 de 2013. Por medio del cual se modifica el Decreto 520 de 2013, que establece restricciones y condiciones para el tránsito de los vehículos de transporte de carga en el área urbana del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones que se describen en el Cuadro 9.

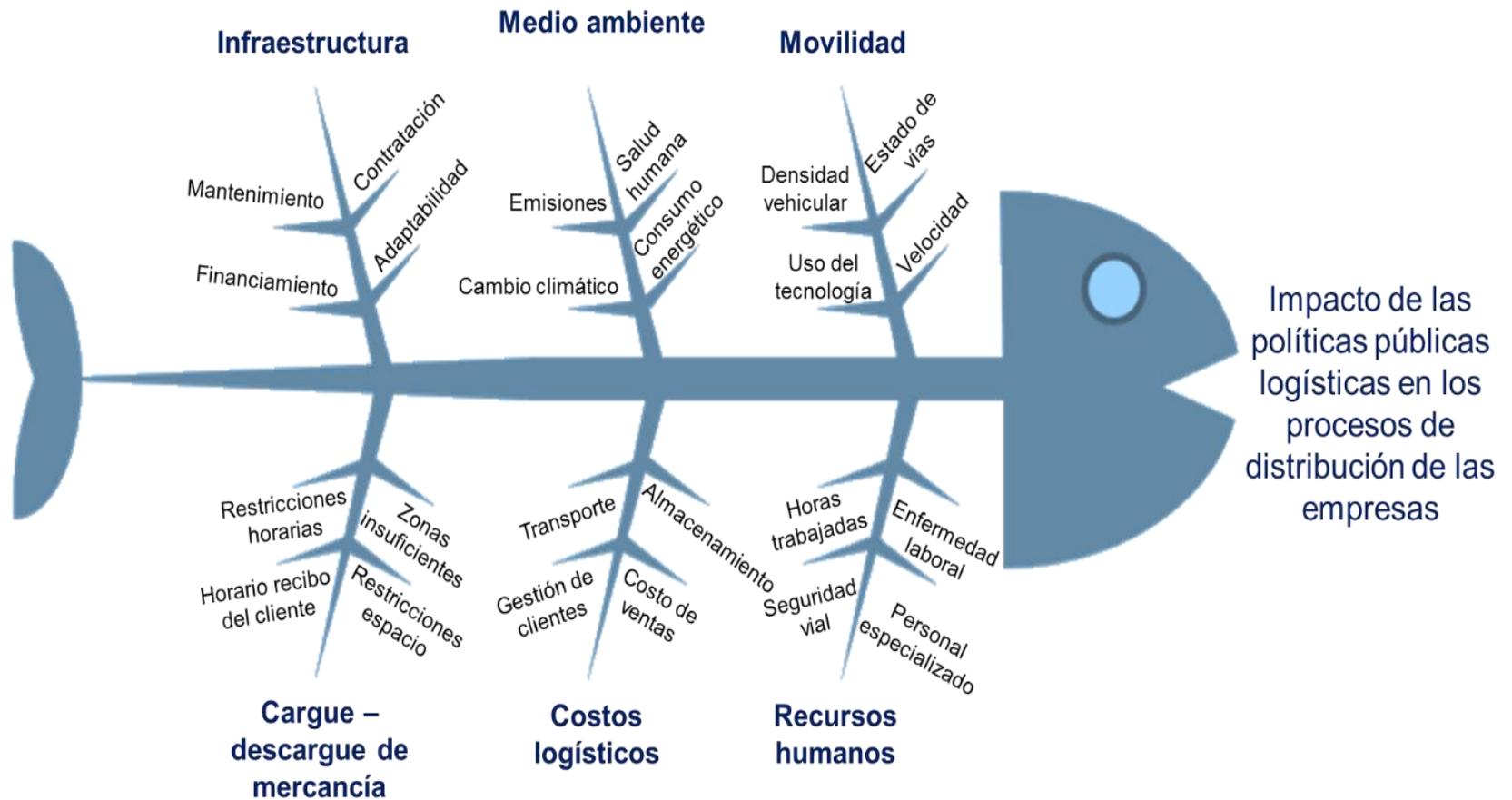
Cuadro 9. Disposiciones y restricciones Decreto 690 de 2013

Decreto 690 de 2013
<p>En la Zona 2, se restringe la circulación de vehículos de transporte de carga con capacidad de carga superior a siete (7) toneladas, de lunes a viernes entre las 6:30 y las 8:30 horas y entre las 17:00 y las 19:30 horas, al interior del siguiente perímetro:</p> <p>Por el Norte: Avenida Calle 170, por el Occidente: Avenida Boyacá o, Carrera 72, por el Sur: Avenida Primero de Mayo o, Calle 22 Sur, por el Oriente: Limite Oriental de la ciudad.</p> <p>La Zona 2, no incluye las vías que la delimitan, ya que por estas vías podrán circular los vehículos de transporte de carga hasta designación 2 (dos ejes), con un máximo peso bruto vehicular de 17,425 toneladas. Estarán exceptuados de la restricción establecida en la Zona 2, los siguientes vehículos de transporte de carga:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los de emergencia. • Los de valores, los de alimentos perecederos, animales vivos, flores y gases medicinales. • Los operativos de las empresas de servicios públicos domiciliarios en servicio. • Los de transporte de materiales y maquinaria para obras públicas.

1.5 PERCEPCIÓN DEL IMPACTO DE LAS POLÍTICAS PÚBLICAS EN LOS PROCESOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS

De acuerdo a lo visto en las secciones anteriores, las políticas públicas logísticas actuales han estado destinadas a facilitar la movilidad de pasajeros y han dejado la carga de lado lo cual ha generado efectos en costos, eficiencia y calidad de servicio para las empresas. El Diagrama 2., describe los principales efectos de las actuales políticas públicas logísticas sobre los procesos de distribución urbana de acuerdo al diagnóstico realizado en las dos secciones anteriores.

Diagrama 2. Diagrama Ishikawa impacto de las políticas públicas logísticas sobre los procesos de distribución urbana.



Los causales de cada uno de estos efectos se describen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Causas de los impactos de las PPL en los procesos de distribución urbana.

Variable	Causas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento. El 43% de las vías están en mal estado • Financiamiento. El gobierno no tiene presupuesto para construir la infraestructura necesaria. • Contratación. Las APP son una opción para el pago de obras, pero su contratación es muy demorada • Adaptabilidad. Las vías colombianas no están diseñadas para ser resilientes
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones. El sector transporte es prioritario para alcanzar las metas propuestas en el COP 21 • Cambio climático. 0,8% del PIB perdido por daños en infraestructura generados por el fenómeno del niño • Salud Humana. Las emisiones generadas por los vehículos son los principales causantes de enfermedades respiratorias • Consumo energético. Impactos generados por el uso de recursos no renovables como los combustibles fósiles
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad vehicular. Elevados niveles de ocupación de las vías por diferentes tipos de vehículo • Uso de tecnologías. La implementación de estas en los procesos de transporte aún no se ha masificado – GPS más usado -. • Estado de vías. El mal estado de vías reduce los accesos a ciertas zonas • Velocidad. Las bajas velocidades promedio aumentan los tiempos de entrega, costos y disminuye niveles de servicio
Cargue – descargue de mercancías	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones horarias – horarios de recibo del cliente. Los horarios de entrega permitidos no coinciden con los horarios de recibo de los clientes • Zonas aptas insuficientes. Escasez de zonas aptas para proceso de cargue y descargue • Restricciones de espacio. Los pocos espacios habilitados no necesariamente están ubicados en las zonas de entrega
Costos logísticos	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de ventas, transporte y almacenamiento. El 15% de los ingresos obtenidos por ventas se deben destinar al pago del costo logístico, transporte y almacenamiento los más representativos. • Gestión de clientes. Las restricciones generan retos para atender al cliente de forma adecuada
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Horas trabajadas. Aumentan debido a los elevados niveles de tráfico y demoras en entregas • Seguridad vial, enfermedades profesionales. El aumento en horas trabajadas eleva a su vez el riesgo de accidental o de adquirir enfermedades laborales por las condiciones de trabajo • Personal especializado. Carencia de personal especializado en desarrollo de políticas públicas que soporten la competitividad de las compañías y mantienen el bienestar ciudadano

1.6 ANÁLISIS DOFA

De acuerdo a los factores detallados en el anterior diagnóstico se desarrolló un análisis de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas para valorar las variables que se verán involucradas en el modelo.

Cuadro 11. Matriz DOFA

Debilidad	Oportunidad	Fortaleza	Amenaza
Priorización de iniciativas para facilitar el movimiento de pasajeros sobre el movimiento de carga en las ciudades	La distribución urbana es un proceso crucial para satisfacer las necesidades de los consumidores que habitan las ciudades	Gobierno orientado a la facilitación del comercio e incentivar la inversión externa	Ausencia de planes concretos para mitigar los impactos de la firma del acuerdo de paz
El plan maestro de transporte intermodal actual crea un marco de trabajo para el desarrollo del país, pero no de las ciudades.	Sector transporte priorizado para trabajos en temas de empleo, ambiente, comercio, inversión y otros.	Se prevé la desmovilización de 17.000 personas de los grupos armados de los cuales al menos el 30% ira a vivir a las ciudades	Falta de recursos humanos especializados en el desarrollo de políticas públicas logísticas que integren movilidad de personas y carga
Más del 50% del PIB colombiano es generado por empresas de servicios incluyendo transporte	El 82% de la demanda atendida por Colombia es de consumidores internos	Se prevé que la firma del acuerdo de paz el crecimiento del PIB será de 5 puntos y facilitará que el 70% de la inversión se destine a rubros diferentes a la defensa	Devaluación del peso frente al dólar ha reducido el presupuesto disponible en el país
Elevados costos de carga internos y mala calidad de las vías	El sector transporte posee alta participación dentro del PIB colombiano (7,1%)	Después de la firma del acuerdo de paz se espera que el ingreso per cápita se incrementa en 54%, excluyendo el componente tendencial.	Bogotá es una ciudad con altos niveles de desigualdad, un hogar del estrato 6 obtiene ingresos que suman 14 veces los del estrato 1, lo que influye en sus patrones de consumo
Colombia tiene 26% menos de kilómetros de carretera con respecto a lo que correspondería a un país con sus características socio-económicas	Demanda interna de productos estable a pesar de variaciones de IPC	Bogotá está situada sobre un sofisticado nodo de telecomunicaciones y cuenta con amplios y competitivos espacios tanto para operaciones locales como para offshore.	La estrategia de masificación de internet está orientada a usuarios finales y no compañías

Cuadro 11. (Continuación)

Debilidad	Oportunidad	Fortaleza	Amenaza
Nacimiento de aglomeraciones urbanas (ciudades + municipios con vocación industrial) que exigen nuevas legislaciones para facilitar la distribución de productos	La industria y la infraestructura logística como foco de inversión pública en este gobierno	El 70% de la población se concentra en ciudades del área andina y la costa atlántica incentivadas por el acceso a servicios	Las actividades con mayor concentración de población ocupada no son las mismas que más contribuyen al PIB
Bogotá tiene un rezago de 12 años en infraestructura que facilite la movilidad de carga y pasajeros y no posee suficiente proceso para eliminar esta brecha en un corto plazo.	Actualmente en Bogotá las políticas públicas logísticas pueden reducirse a restricciones de flujos, restricciones de cargue y descargue, limitaciones en los centros históricos, regulaciones y estándares de carga	Más del 70% del transporte de carga se realiza por carretera	Bogotá no forma parte de las ciudades y áreas metropolitanas con menor desempleo
Bogotá posee alta densidad poblacional, compleja dificultad para el transporte y movilidad y por ende en un deterioro de las condiciones en la calidad de vida de sus habitantes	El crecimiento de los consumidores incrementa el flujo de productos que deben circular por estas zonas. Bogotá aglomera el 67% de la producción industrial y el 57% del PIB de Colombia	Las empresas hacen uso de paquetes de software para realizar la planeación, ejecución y control en tiempo real de todas las actividades que realiza la compañía.	No existe filtro en la información entregada por sistemas de posicionamiento global, los radioteléfonos, los celulares o los demás servicios satelitales
Diseño y la implementación de medidas sectoriales de mitigación de efectos del cambio climático que maximicen la carbono-eficiencia de la actividad económica del país y que, a su vez, contribuyan al desarrollo social y económico nacional con foco en el sector transporte	Proceso de paz ha aumentado la confianza de los inversionistas para enviar capitales al país, el sector transporte se perfila como receptor de este dinero.	Necesidad de desarrollar herramientas de planificación urbana que orienten a los entes municipales en la formulación de planes logísticos de manejo de la carga que permitan, el establecimiento de medidas de control de tránsito y tráfico para la optimización del uso de la infraestructura instalada	No se puede determinar la cantidad de personas que acceden a internet desde un Smartphone, debido a que la información se limita a la tenencia de un celular sin discriminarlos por la gama a la que pertenece el celular.

2. PROCESO DE DISTRIBUCIÓN URBANA DE CARGA ACTUAL

Una de las funciones que más ha evolucionado en los últimos años en las organizaciones es la de la distribución. Sin embargo, esta evolución ha derivado inexorablemente en un incremento de la complejidad de las operaciones de transporte y distribución lo que ha situado a la gestión logística como un elemento clave dentro de la estrategia de las empresas.

En este escenario, la capacidad de las empresas para optimizar sus rutas de transporte y distribución aparece como un elemento clave de la gestión logística; sin embargo, no todas las empresas abordan este problema de manera adecuada y sistemática, en muchas ocasiones por condiciones en las que operan (ej., disponibilidad de software, experiencia del personal encargado, conocimiento, entre otros).

A estas condiciones internas se debe agregar las condiciones de la ciudad en la que se transporta la mercancía, donde desde una perspectiva logística, las problemáticas de la movilidad urbana implican una falta de rentabilidad de las flotas debido a un descenso de la velocidad comercial de las ciudades.

Esto dificulta la entrega y recogida en los tiempos pactados e incluso un aumento en la dificultad de atención a clientes quienes se encuentran en zonas de acceso restringido para los vehículos de carga de acuerdo a estrategias de las autoridades locales que buscan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y que obligan a las compañías a idear diversas estrategias de distribución que impidan que todas estas problemáticas acaben impactando indicadores de nivel de servicio, entregas a tiempo, incluso ventas y otros relacionados al desempeño del negocio.

Con el fin de profundizar en las condiciones en las que operan las compañías actualmente realizaremos un breve diagnóstico del entorno en el que se desarrolla la operación y de quienes intervienen en ella.

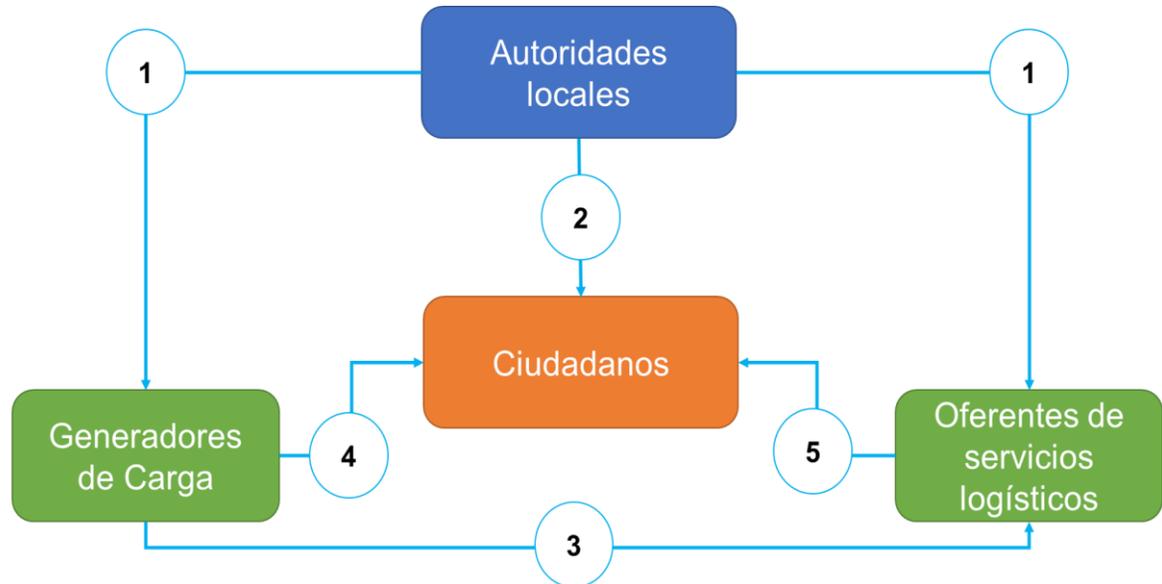
2.1 ACTORES INVOLUCRADOS EN EL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN URBANA⁵⁶

El proceso de distribución urbana es un proceso complejo que involucra prácticamente a todos los actores de una sociedad, esto en cuento vemos que son los ciudadanos quienes demandan el producto que las compañías producen y venden, mientras que las autoridades locales surgen como regente de las

⁵⁶MESA, Diego. *City Logistics*: Un enfoque para la gestión del proceso de distribución urbano de carga. [En línea] 2004. [Citado el: 29 de 3 de 2016.] <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/-wpccontent/Sites/Subportal20del20Ciudadano/PlaneacionMunicipal/Secciones/Publicaciones/Documentos/MemoriasForoAlimentos/CITLOGISTICSMESA.pdf>.

actividades desarrolladas por todos buscando un bienestar común. El Diagrama 3., nos muestra esta relación.

Diagrama 3. Actores involucrados en el proceso de distribución urbana



1. Autoridades locales regulan las actividades de generadores de carga y oferentes de servicios logísticos.
2. Autoridades locales regulan para satisfacer las necesidades y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos
3. Generadores de carga demandan los servicios de los oferentes de servicios logísticos
4. Generadores de carga producen bienes y/o servicios para satisfacer necesidades de los ciudadanos y generar utilidades
5. Oferentes de servicios logísticos transportan bienes y/o servicios requeridos por los ciudadanos

Fuente: Basado en MESA, Diego. *City Logistics: Un enfoque para la gestión del proceso de distribución urbano de carga.* [En línea] 2004. [Citado el: 29 de 3 de 2016.] <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites-/Subportal20del20Ciudadano/PlaneacionMunicipal/Secciones/Publicaciones/Documentos/MemoriasForoAlimentos/CITLOGISTICSMESSA.pdf>.

- **Autoridades locales.** Estos son quienes apuntan al mejoramiento de la calidad de vida en la ciudad, en aspectos como calidad del aire, accesibilidad a productos y servicios, adecuada circulación urbana y la vitalidad económica y social de la ciudad.

La planificación del diseño de las ciudades, su urbanismo, sus conexiones intermodales, y demás agentes implicados, nos condicionan en el uso de las infraestructuras. Las ciudades son cada más amigable. Aparecen los problemas para la distribución de las islas peatonales, así como de los cascos históricos que son rehabilitados. Esto provoca una serie de necesidades muy importantes de suministro a los habitantes y a las tiendas de proximidad, que deben ser cubiertos por las empresas de distribución urbana, y que las autoridades locales, deben tener en cuenta en el diseño y planificación de los espacios públicos.

En Bogotá se pueden encontrar en la Alcaldía de Bogotá con sus diferentes secretarías (movilidad, ambiente, seguridad, entre otros) y otros organismos que ejercen algún tipo de control como la policía, quienes generan diferentes tipos de políticas o normativas que no deben implicar sacrificios en niveles de eficiencia de los sistemas de distribución y que no impacten negativamente la competitividad de las empresas y la actividad económica de los ciudadanos.

- **Generadores de carga.** Son los actores que demanda operaciones logísticas, como las empresas que requieren materia prima para transformar y/o comerciar bienes, que además están sujetos a una tendencia global de reducción de capacidad de almacenamiento de inventarios. En Bogotá se produce más del 20% de los productos del país⁵⁷.

Este tipo de compañías suelen concentrarse en diferentes zonas dentro de la ciudad y a sus alrededores, en la Tabla 7., y la Imagen 5., podemos ver las principales áreas de actividad industrial

Tabla 7. Establecimientos industriales por localidad

Localidad	Participación (%)
Puente Aranda	26,22
Fontibón	13,87
Kennedy	8,97
Los Mártires	8,69
Engativá	8,64
Barrios Unidos	7,16
Usaquén	4,10
Suba	3,66
Teusaquillo	3,62
Antonio Nariño	3,34
Chapinero	3,02
Santa Fe	1,65
Rafael Uribe	1,53
Tunjuelito	1,45
Bosa	1,33
San Cristóbal	1,05
Ciudad Bolívar	1,01
Usme	0,36
Candelaria	0,36
Total	100

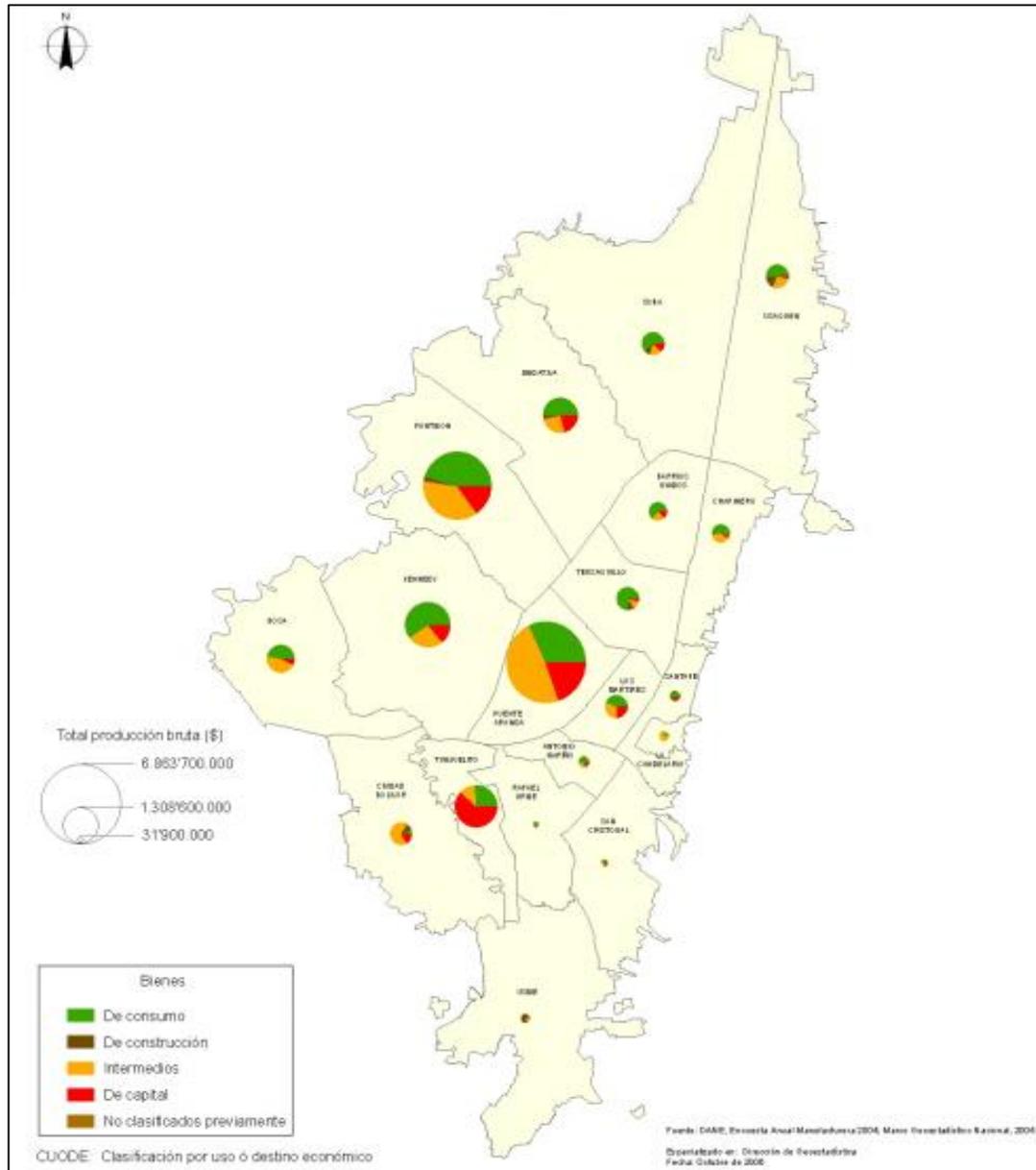
Fuente: DANE. *Encuesta Anual Manufacturera Bogotá*. Bogotá s.n., 2006.

De estas imágenes es importante resaltar la participación de las localidades de Puente Aranda y Fontibón en la producción industrial de Bogotá sin olvidar que muchos de los grandes generadores de carga también producen en municipios

⁵⁷ DANE. *Encuesta Anual Manufacturera Bogotá*. Bogotá s.n., 2006.

aledaños a la ciudad y que transportan la carga dentro de la ciudad en vehículos que generan algún tipo de impacto dentro de la dinámica de la ciudad.

Imagen 5. Producción industrial por localidad



Fuente: DANE. *Encuesta Anual Manufacturera Bogotá*. Bogotá s.n., 2006.

- **Oferentes de servicios logísticos.** Operadores, propietarios de parque automotor, infraestructuras logísticas que buscan ofrecer servicios para obtener rentabilidades sobre sus inversiones. Podemos clasificar estos dos operadores en dos tipos: grandes operadores logísticos y pequeños operadores logísticos.

Los primeros son aquellas compañías que, por encargo de su cliente, diseña los procesos de una o varias etapas de su cadena de suministro como son el aprovisionamiento, transporte, almacenaje y distribución, en Colombia podemos destacar grandes operadores como Suppla, Blu Logistics, Sánchez Polo, Servientrega, DHL, entre otros.

Los segundos surgen de la realidad de Bogotá, Colombia y en general los países emergentes, donde la mayoría de las operaciones de transporte son realizadas por propietarios de pequeñas flotas de vehículos quienes no necesariamente formalizan su actividad o no son proveedores representativos para las compañías pero que son vitales dentro de la cadena de suministro de las compañías, la existencia de este tipo de operadores hace vital el papel del Gobierno como ente encargado de la vigilancia, estandarización y control de estas actividades.

- **Ciudadanos.** Quienes ejecutan dos roles, de consumidores y de residentes. Estos demandan unos niveles adecuados de abastecimiento de los bienes que requieren para subsistir con un adecuado nivel de servicio, sin que tal sistema atente contra su calidad de vida. En Bogotá las autoridades y las compañías deben asegurarse de satisfacer las necesidades de más de 7 millones de ciudadanos (Ver Tabla 8. Y Gráfico 6.) bajo condiciones actuales de la ciudad.

Tabla 8. Número de habitantes por localidad en Bogotá

Localidad	Nombre Localidad	Habitantes por localidad (%)	Número de habitantes
1	Usaquén	6,3	494.066
2	Chapinero	1,7	137.870
3	Santa Fe	1,4	110.053
4	San Cristóbal	5,2	406.025
5	Usme	5,5	432.724
6	Tunjuelito	2,5	200.048
7	Bosa	8,2	646.833
8	Kennedy	13,6	1.069.469
9	Fontibón	4,8	380.453
10	Engativá	11,1	874.755
11	Suba	14,9	1.174.736
12	Barrios Unidos	3,1	240.960
13	Teusaquillo	1,9	151.092

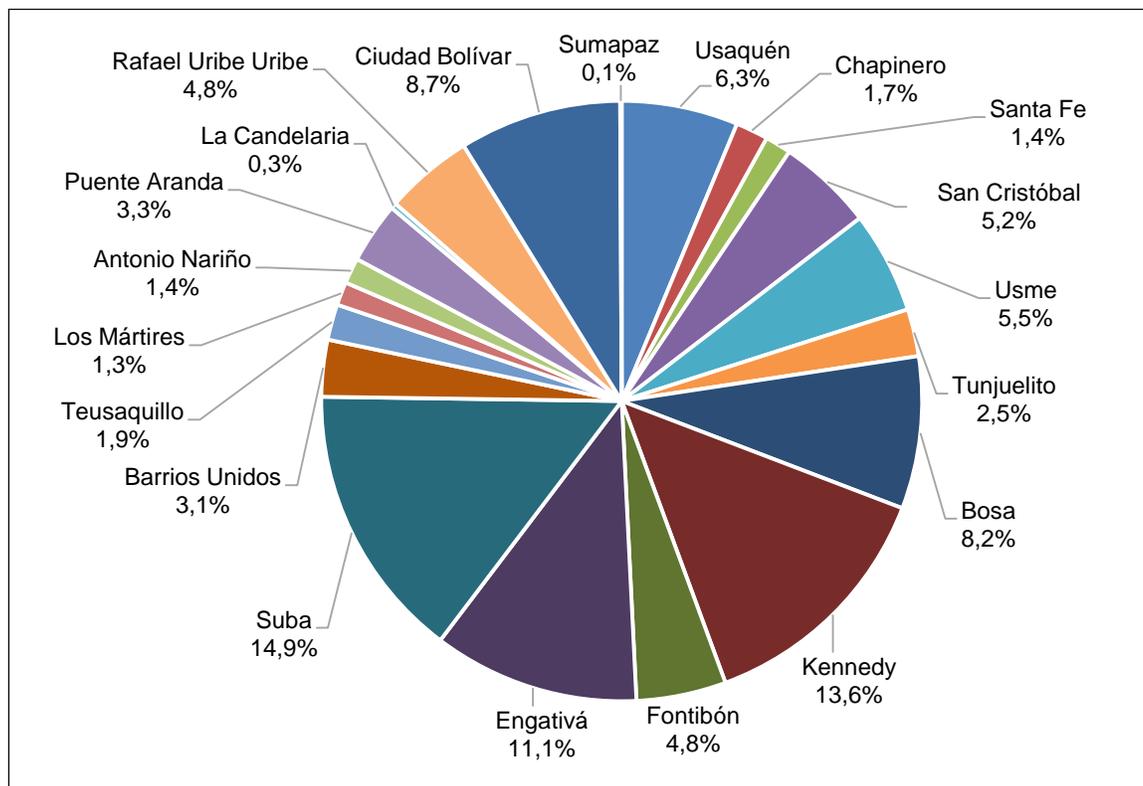
Fuente: SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2016. *Población por localidad.* [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.sdp.gov.co/portal-/page/portal/Portal-SDP/InformacionToma-Decisiones/Estadisticas/Reloj-DePoblacion>

Tabla 8. (Continuación)

Localidad	Nombre Localidad	Habitantes por localidad (%) (%)	Número de habitantes
14	Los Mártires	1,3	98.758
15	Antonio Nariño	1,4	108.941
16	Puente Aranda	3,3	258.414
17	La Candelaria	0,3	24.096
18	Rafael Uribe	4,8	375.107
19	Ciudad Bolívar	8,7	687.923
20	Sumapaz	0,1	6.460
Bogotá		100	7.878.783

Fuente: SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2016. *Población por localidad*. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.sdp.gov.co/portal-/page/portal/Portal-SDP/InformacionToma-Decisiones/Estadisticas/Reloj-DePoblacion>

Gráfico 6. Población de Bogotá por localidad



Fuente: SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2016. *Población por localidad*. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.sdp.gov.co/portal/page-/portal/PortalSDP/InformacionToma-Decisiones/Estadisticas/RelojDePoblacion>

De acuerdo a la anterior información, las localidades de Suba, Bosa y Engativá se convierten en los principales focos de distribución al ser habitados por la mayoría de los consumidores de la ciudad.

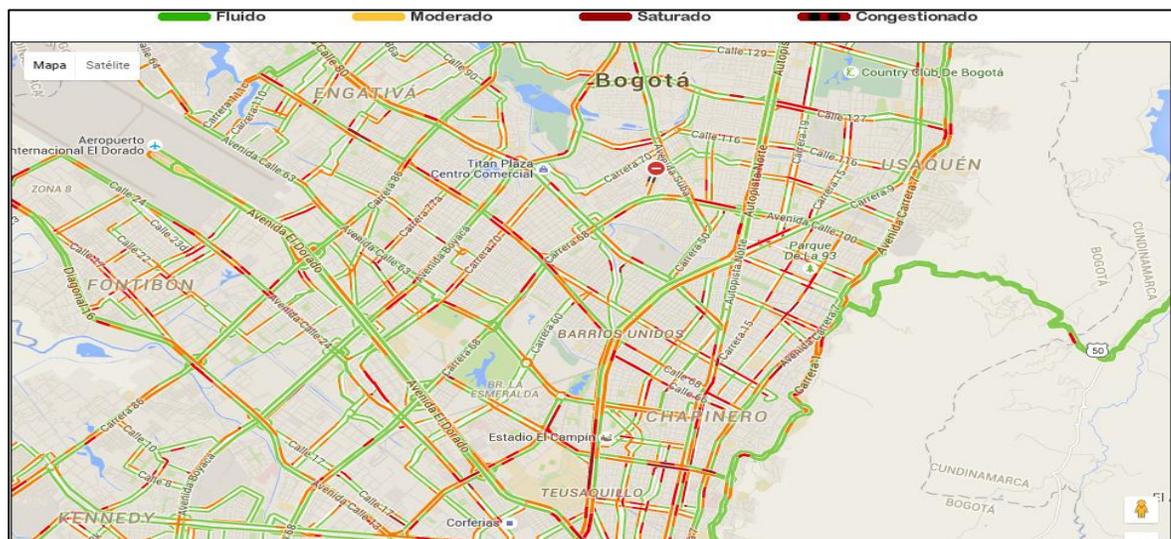
2.2 ESCENARIO FÍSICO

Los tomadores de decisiones en el proceso de transporte de carga requieren un conocimiento del territorio en el cual se mueven los vehículos para alimentar sus estrategias de distribución. En esta sección encontraremos algunos datos básicos del escenario físico que puedan ser relevantes para la distribución.

Bogotá posee una superficie de 1.587 km², una longitud de 33 km de sur a norte, y 16 km de oriente a occidente, una población de 7.878.783 habitantes⁵⁸ y una densidad poblacional aproximada de 4.321 habitantes por kilómetro cuadrado los cuales se reparten en más de 1900 barrios que hay en el casco urbano.

Esta gran densidad se relaciona con la alta complejidad en cuanto a movilidad que posee la ciudad. Por sus calles transitan a diario miles de vehículos tanto particulares como de carga, quienes además deben interactuar todo tipo de transeúntes generando un tráfico caótico en gran parte del día (Ver Imagen 6.), además se suman las condiciones de inseguridad que impiden la implementación de esquemas de reparto nocturno en zonas claves de la ciudad.

Imagen 6. Tráfico en Bogotá – 12:00 m a 4:00 pm



Fuente: BOGOTÁ DIGITAL. 2016. *Tráfico en Bogotá*. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.bogotadigital.net/page/servicios>

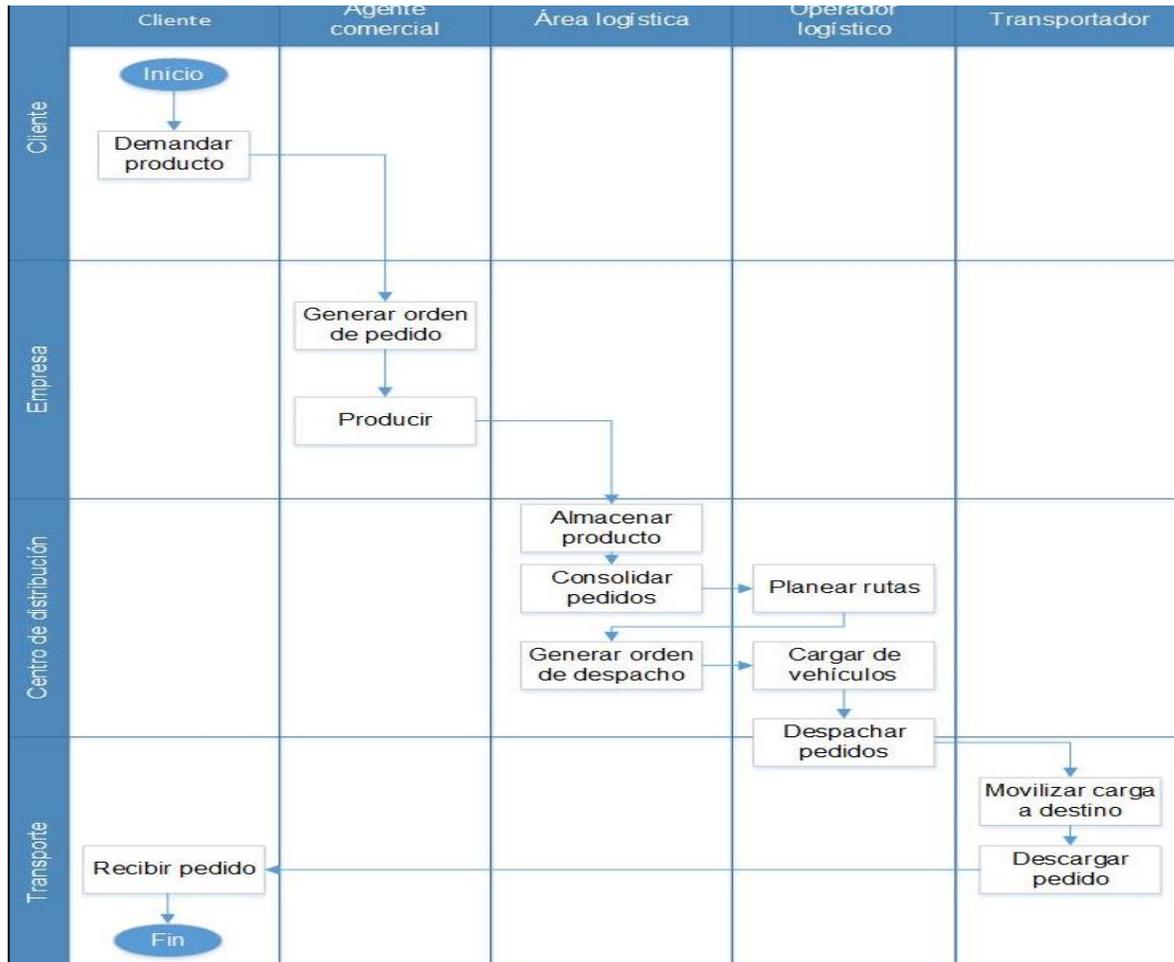
⁵⁸ DNP. Colaboración. *Bogotá, D.C.* [En línea] 2016. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversionesyfinanzaspublicas/Bogota2015.pdf>.

Otro factor relevante es la velocidad, se conoce que la ciudad se mueve a una velocidad promedio de 19,3 km/h⁵⁹ y que las principales vías de la ciudad fluyen con más rapidez en horas de la mañana. Los promedios de mayor velocidad los tienen: la Calle 26 (45.5 km/h), la Avenida Circunvalar (37.3 km/h), la Avenida Boyacá (33.8 km/h) y la Autopista Norte (29.7 km/h). Las vías más lentas, según la Secretaría de Movilidad son: la Carrera Décima (17.8 km/h), la Calle 19 (18 km/h), la Avenida Primero de Mayo (23.3 km/h) y la Avenida Ciudad de Cali (24.5 km/h).

2.3 PROCESO DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Conociendo los aspectos básicos que usan los encargados de la toma de decisión de las compañías, procederemos a describir de forma general como se realiza la distribución urbana actualmente.

Diagrama 4. Proceso de distribución actual



⁵⁹ EL TIEMPO. Bogotá pierde siete millones de horas al año en trancones. 2015. Redacción Bogotá. 3 de febrero de 2015.

El Diagrama 4., describe el proceso básico del recorrido de un producto desde que el cliente demanda un producto hasta que el mismo satisface su necesidad con un bien producido por la compañía, y donde además es importante destacar que el gobierno interactúa con todo este sistema al ser el organismo regulador de todas las instancias tal como se describió al inicio de este capítulo. El Cuadro 12., nos permite profundizar con cada una de las actividades desarrolladas.

Cuadro 12. Actividades del proceso de distribución actual

Actividad	Descripción
Demandar producto	Es la expresión de necesidad de un bien o servicio por parte de un cliente (sea un minorista o cliente final) la cual impulsará la producción de los generadores de carga.
Generar orden de pedido	Una vez el cliente ha expresado su necesidad, los agentes comerciales de las compañías estos transmiten esta misma a través de un pedido el cual alimentará los planes de producción de la compañía.
Producir	Como su nombre lo indica esta actividad involucra la producción del bien o servicio que el cliente demandó en un principio.
Almacenar producto	Una vez el producto está terminado este debe ser depositado en el centro de distribución hasta que se asigne la ruta y el vehículo por la cual el pedido pasará para ser entregado al cliente.
Consolidar pedidos	Un solo pedido no puede llenar la capacidad de los vehículos de la compañía, por lo que en esta fase se agrupan una serie de pedidos ubicados en una misma zona de modo que el costo de transportarlos se reduzca.
Planear rutas	Se genera una orden de entrega de modo que el recorrido realizado optimice los recursos disponibles y haga posible que todos los clientes reciban sus pedidos respetando la normativa vigente, para realizar esta planeación los gerentes usan diferentes software o su propia experiencia
Generar orden de despacho	Una vez definidas las rutas se genera una "orden de despacho" que es el documento que el generador de carga entrega al operador logístico para que proceda con el proceso de entrega del producto y que sirven como guía de ruta de los transportadores.
Cargar vehículos	Es la actividad que comprende el almacenamiento de los pedidos dentro del vehículo para ser transportado, esta actividad puede desarrollarse en los muelles de cargue del generador de carga o del operador logístico.
Despachar pedidos	Actividad relacionada con la salida de los pedidos desde el origen (centro de distribución) rumbo a su destino (cliente).
Movilizar carga	Relaciona el recorrido realizado por el vehículo desde el punto hasta el origen el cual está regulado por las diferentes normativas que buscan reducir el impacto de este proceso en la calidad de vida de los ciudadanos.
Descargar pedido	Selección de pedido destinado al cliente ubicado en determinado destino y como su nombre lo dice descargue del mismo en las instalaciones del cliente, si la normativa permite el acceso del vehículo a esa zona.
Recepción de pedido	Como su nombre lo indica se refiere a la recepción y verificación del pedido por parte del cliente.

El proceso de distribución puede variar de una compañía a otra por lo que se buscó presentar un proceso general el cual no está exento de cambios en el proceso de alguna compañía los cuales se espera no afecten el modelo propuesto en general.

2.4 ENTREVISTAS A EXPERTOS

Con el fin de reforzar el conocimiento acerca de cómo se desarrolla el proceso actual de distribución y que brechas y buenas prácticas encontramos en el sector empresarial colombiano se realizó una corta entrevista a un grupo de cuatro expertos, cuyo perfil se detalla en el Anexo F., el resultado fue:

1. ¿Cuáles cree usted que son los principales retos que enfrenta una compañía al momento de realizar la distribución dentro de la ciudad?

Los resultados de esta pregunta se resumen en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resultados primera pregunta.

Experto	Respuesta
Experto 1	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a zonas restringidas. • No existen espacios dedicados para realizar las operaciones de distribución. • No se cuenta con herramientas que agilicen esta labor. • Al no existir una consolidación en las entregas hay una mayor cantidad de viajes. • Reducir el impacto ambiental por operaciones de última milla. • Tener mayor capacidad de respuesta a los cambios de la demanda. • Generar cambios de comportamiento en los receptores de carga.
Experto 2	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene retos de planeación de la demanda, ya que el canal tradicional, es un canal que vive de la informalidad y su negociación-funcionamiento se basa en la confianza entre los preventistas y el tendero. Mas no en una información sustentada en datos verídicos de total productos vendidos y total productos consumidos. • Tienen retos de planeación de flotas, debido a la falencia de una planeación de demanda con datos reales. Retos de movilidad, debido a la mala definición de flotas para la distribución de mercancía y obviamente el tráfico de las ciudades. • Adicional a esto, tiene inconvenientes en el momento de la entrega de producto a la tienda, esto debido a que los principales empaques están diseñados para trastiendas de grande superficie y al momento de hacer entrega en el canal tradicional, estos empaques no son óptimos para su almacenamiento y proceso de cargue y descargue, consumiendo tiempos de operación innecesarios.
Experto 3	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones zonales para poder llegar a atender al cliente • Coordinación en horarios de entrega empresa - cliente • Zonas de estacionamiento adaptadas para el cargue – descargue • Dimensiones de la flota vehicular actual frente a los requerimientos impuestos por la demanda del cliente y las normativas
Experto 4	<ul style="list-style-type: none"> • Llegar al número de clientes para que se pueda optimizar el costo actual de distribución • Integración de canales alternativos de venta o nuevos clientes en los esquemas de distribución • Uso de vehículos no aptos para atender a determinadas zonas de la ciudad • Impacto ambiental generado por las operaciones de entrega en última milla • Información de lo que quiere el cliente para poder planear de forma correcta las estrategias logísticas desde las empresas y desde las autoridades locales • Falta de coordinación entre las políticas generadas por las autoridades locales y las estrategias logísticas definidas por la compañía

2. ¿Qué buenas prácticas se desarrollan en la actualidad con el fin de mitigar estas problemáticas?

El Cuadro 14., resume los resultados de la segunda pregunta.

Cuadro 14. Resultados segunda pregunta

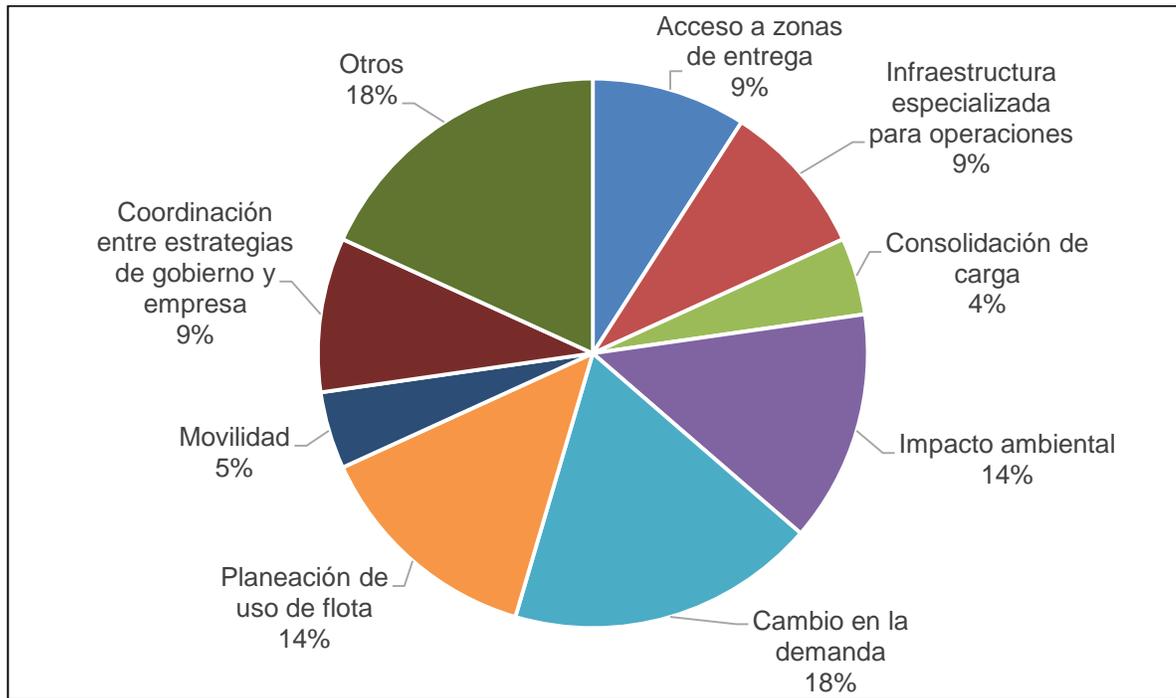
Experto	Respuesta
Experto 1	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidación de entregas. • Uso de herramientas para estas actividades. • Coordinación y reducción de la variabilidad de la llegada al punto receptor. • Uso de centros de consolidación urbana. • Uso de vehículos amigables con el medio ambiente.
Experto 2	<ul style="list-style-type: none"> • Planeación colaborativa de la demanda como mecanismo de negociación “transparente” entre el tendero y el comerciante • Formalización de los tenderos (Legalización, monitoreo y control) para la correcta distribución de mercancía basada en una ruta inteligente • Manejo del dinero de manera digital (Evitar el pago en efectivo de la mercancía y comenzar a utilizar medios digitales de compra) para incrementar el proceso de compra y bajar el volumen de mercancía pedida, pero con mayor frecuencia de modo que se facilite el uso de medios de transporte alternativos y de menor dimensión.
Experto 3	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinación de las áreas de logística, venta y el cliente para facilitar el proceso de entrega en última milla • Seleccionar la flota vehicular a partir de un análisis de las dimensiones aceptadas por las normativas • Planeación que facilite el cumplimiento de horarios y normativas • Creación de zonas intermedias de distribución que permitan cambiar el medio de transporte a uno que pueda acceder a la zona
Experto 4	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la segmentación de productos, clientes, canales de distribución para saber en qué etapa del ciclo de vida están los clientes que faciliten la generación de nuevos esquemas comerciales y de distribución • Mejorar estrategias de distribución de última milla en temas de <i>packing</i> para aumentar la ocupación de los vehículos • Buscar la mejor configuración de <i>staff</i> para atender al cliente (conductor, agente comercial, ayudante del conductor, mercaderista, entre otros) • Estrategias de distribución colaborativa (<i>cooperation</i>) entre diferentes compañías para reducir la complejidad logística de la operación de transporte • Consolidación de cargas para aumentar el nivel de ocupación de los vehículos

A partir de estos aportes se estandarizaron las respuestas y se tabularon los resultados para determinar la representatividad de retos (ver Tabla 9., y Gráfico 7.).

Tabla 9. Principales retos para las empresas en la distribución urbana

Reto	%
Acceso a zonas de entrega	9,1%
Infraestructura especializada para operaciones	9,1%
Consolidación de carga	4,5%
Impacto ambiental	13,6%
Cambio en la demanda	18,2%
Planeación de uso de flota	13,6%
Movilidad	4,5%
Coordinación entre estrategias de gobierno y empresa	9,1%
Otros	18,2%
Total	100,0%

Gráfico 7. Principales retos para las empresas en la distribución urbana.



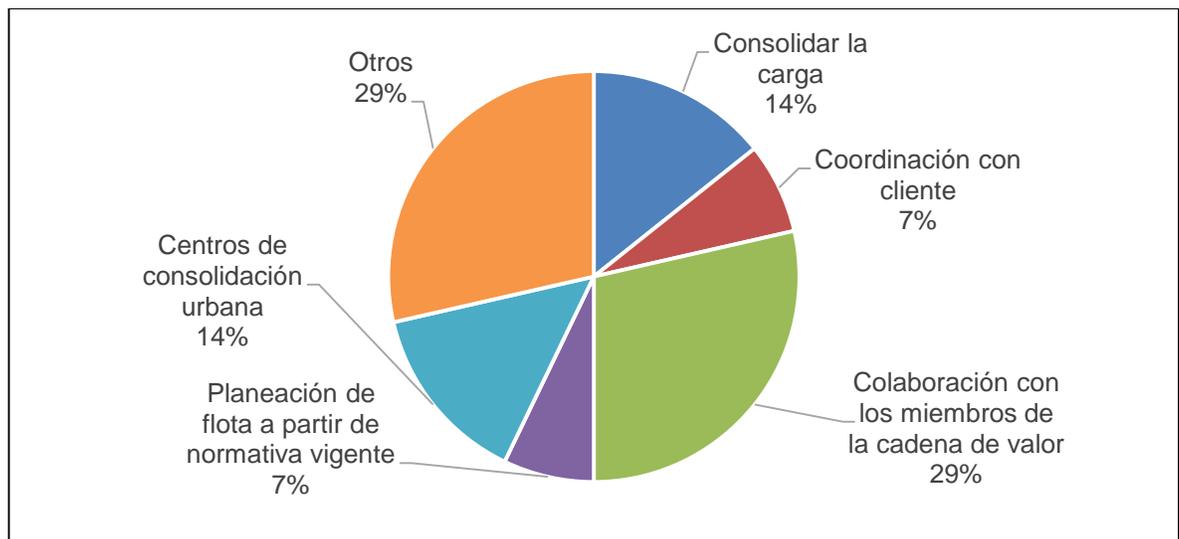
Entre los retos encontrados destacamos la falta de infraestructura que facilite los procesos de distribución urbana tales como zonas de cargue y descargue o de centro de acopio urbanos, y además la falta de coordinación entre las políticas implementadas por el gobierno y el papel que pueden desarrollar las empresas para facilitar la puesta en marcha de las mismas. Finalmente resaltamos la necesidad de metodologías que permitan conocer de mejor forma la demanda y sus cambios de forma oportuna para tratar de reducir el impacto de la misma no solo en las operaciones de la compañía sino en el entorno en que se desarrollan.

Y las buenas prácticas se consolidan en la Tabla 10., y el Gráfico 8., a partir del concepto emitido por los expertos.

Tabla 10. Buenas prácticas en distribución urbana

Buena práctica	Cantidad
Consolidar la carga	14,3%
Coordinación con cliente	7,1%
Colaboración con los miembros de la cadena de valor	28,6%
Planeación de flota a partir de normativa vigente	7,1%
Centros de consolidación urbana	14,3%
Otros	28,6%
Total	100,0%

Gráfico 8. Buenas prácticas en distribución urbana

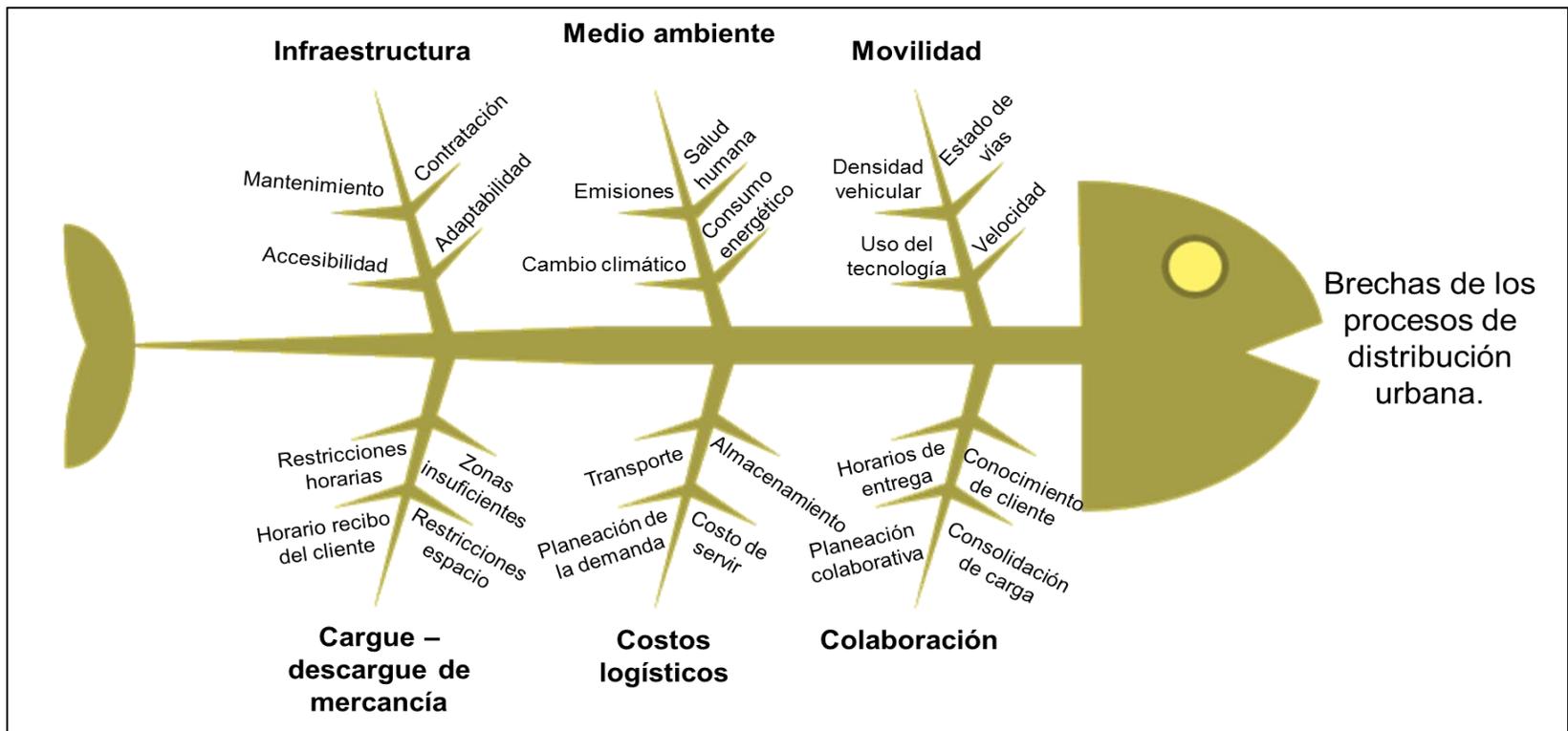


En el caso de las buenas prácticas se encontraron una gran variedad de las mismas pero que no necesariamente están relacionadas una con las otras, por ejemplo los expertos hablan de uso de micro-bodegas intermedias para hacer procesos de consolidación de pedidos y no realizar entregas en camiones sino en bicicletas o vehículos eléctricos en zonas donde la normativa no permite el ingreso de vehículos de carga, además de esto resaltan la importancia del trabajo conjunto del área logística con las áreas de producción, ventas e incluso con otros competidores de modo que sea posible conocer a los clientes y segmentar de mejor forma los productos y canales de distribución e incluso establecer estrategias colaborativas como transporte compartido para reducir el costo de la distribución. El gran reto para esto se resume en la dificultad para obtener suficiente información del cliente y su entorno para moldear mis estrategias a estos cambios.

2.5 BRECHAS EN EL PROCESO ACTUAL

De acuerdo al diagnóstico realizado en el Capítulo 1., de este documento y a las brechas y buenas prácticas detectadas a partir del mapeo del proceso de distribución y las entrevistas con los expertos se usó un diagrama de Ishikawa (Ver Diagrama 5.) que nos permita consolidar esta información e incluirla dentro de la analítica del modelo propuesto.

Diagrama 5. Brechas de los procesos de distribución urbana.



El Cuadro 15., profundiza en cada una de las oportunidades y buenas prácticas encontradas.

Cuadro 15. Brechas y buenas prácticas en el proceso actual

Variable	Causas
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento. Mal estado de la infraestructura vial en general • Accesibilidad. La poca infraestructura disponible no está disponible en los horarios o zonas en las que las compañías distribuyen sus productos • Contratación. Demora en este proceso y burocracia para la creación de APP • Adaptabilidad. La infraestructura actual no facilita los cambios abruptos en las operaciones
Medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones. El transporte de carga constituye un factor crítico de emisiones en los procesos de las compañías • Cambio climático. Los cambios generados por la contaminación producida por las actividades humanas en todos los sectores, también afectan las operaciones de la cadena de suministro • Salud Humana. Los transportadores se ven afectados por altos niveles de contaminantes en el aire y el estrés de desarrollar su labor • Consumo energético. El combustible es uno de los principales gastos en los que incurren las empresas dentro de sus flotas de transporte
Movilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad vehicular. Elevados niveles de ocupación de las vías por diferentes tipos de vehículos • Uso de tecnologías. No se aprovechan al máximo los diferentes sistemas tecnológicos que adquieren las compañías. • Estado de vías. Muchas de las vías a las cuales tienen permitido el acceso los vehículos de carga están en malas condiciones • Velocidad. Las velocidades bajas se traducen en mayor tiempo dedicado al transporte, pero con menos viajes
Cargue – descargue de mercancías	<ul style="list-style-type: none"> • Restricciones horarias. Impuestos por las normativas actuales y que pueden variar en ciertas ocasiones lo que hace necesario modificar de forma rápida los planes de distribución • Zonas aptas insuficientes. Escasez de zonas de estacionamiento para vehículos de carga y que además faciliten el proceso de cargue y descargue • Horario de recibo del cliente. Los horarios de mejor movilidad en la ciudad no coinciden con los horarios de recibo de los clientes • Restricciones de espacio. Muy pocas zonas habilitadas para estacionar, cargar y descargar vehículos de carga que además deben ser compartidas con vehículos particulares
Costos logísticos	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte. Gran parte de las estrategias de optimización están orientadas a la reducción de este costo. • Almacenamiento. Costo representativo que se ve afectado por las falencias en la planeación de la demanda • Planeación de demanda. Dificultad para obtener suficiente información de los clientes en el momento correcto para obtener pronósticos más acertados • Costo de servir. Aumenta con el fin de adaptarse a todas brechas para atender al cliente de forma correcta
Colaboración	<ul style="list-style-type: none"> • Horarios de entrega. Estableces estrategias de colaboración con clientes para poder realizar entregas en horario nocturno. • Conocimiento del cliente. Colaboración entre áreas de las compañías e incluso competidores para obtener más información de los clientes • Planeación colaborativa. Usar la información obtenida de forma conjunta para mejorar los pronósticos • Consolidación de mercancía. Transporte colaborativo (un vehículo entrega mercancía de diferentes generadores de carga) para reducir costos.

El proyecto abarca los flujos de transporte de bienes entre un origen y un destino determinados, por lo que es importante determinar qué tipos de modelos podemos utilizar para determinar el impacto de algunas de las políticas públicas sobre los procesos de distribución.

En el siguiente capítulo conoceremos diferentes metodologías para la modelación de este proceso y el modelo propuesto para el proyecto.

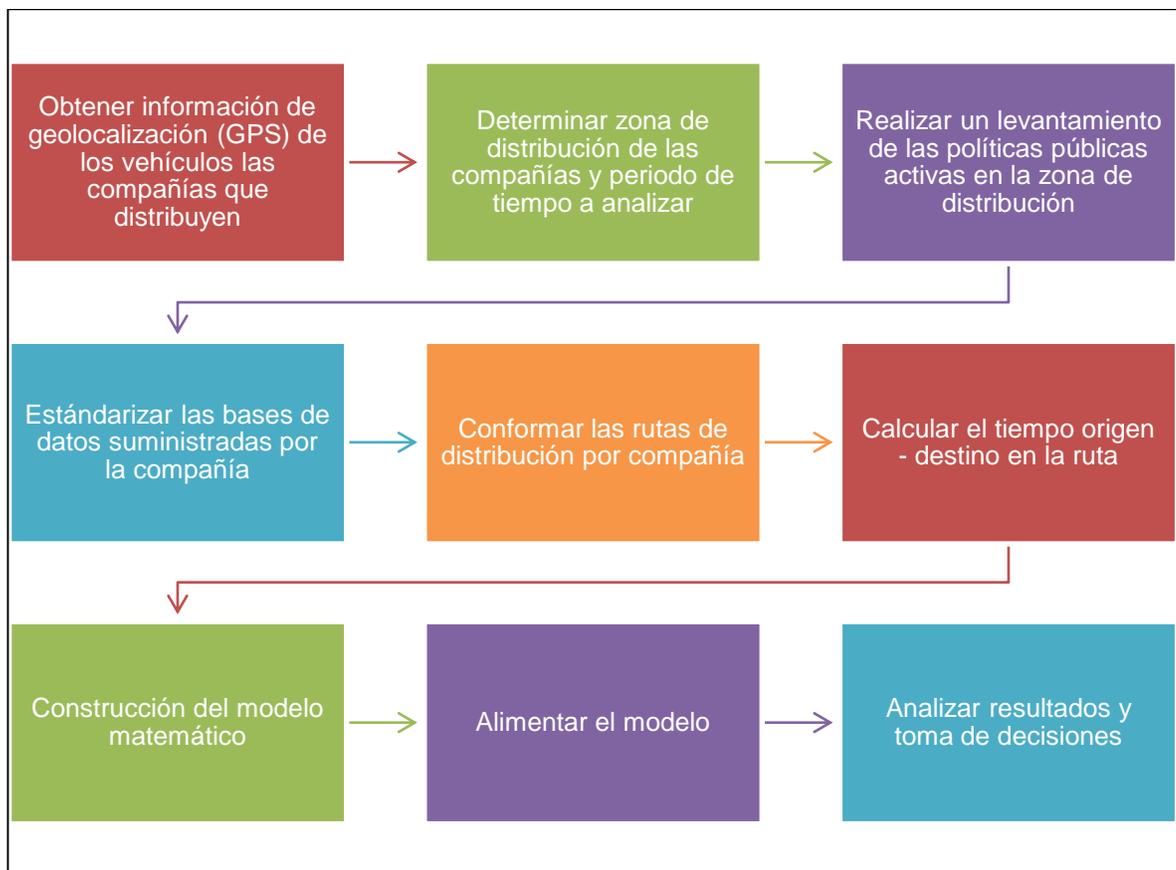
3. MODELO PROPUESTO

Después de caracterizar el proceso de distribución actual y de detectar las buenas prácticas y las brechas por cubrir en este mismo, formulamos un modelo que nos permitió encontrar rutas óptimas a partir de la información suministrada por las compañías y algunas políticas públicas relevantes para el proceso de distribución.

3.1 METODOLOGÍA

Con la finalidad de generar una herramienta que facilitara el diagnóstico del impacto de las actuales políticas públicas que intervienen los procesos de distribución urbana de las empresas, se desarrolló una metodología que permitiera construir un modelo matemático que permitiera generar una analítica, visualización de información y toma de decisiones más acertada; esta metodología se describe en el Diagrama 6.

Diagrama 6. Metodología de diseño de la herramienta



El paso a paso de esta metodología será explicado a continuación.

3.1.1 Obtención de información de las compañías. Los datos facilitados por las compañías son datos GPS que permiten conocer la ubicación de los vehículos en determinado periodo de tiempo:

Los datos entregados por el GPS son:

- **ID_Veh.** Corresponde a la identificación (placa) del vehículo.
- **Longitud.** Coordenada geográfica norte – sur
- **Latitud.** Coordenada geográfica oriente – occidente
- **Fecha y hora.** En la cual se registró el movimiento del vehículo.

Estos datos fueron recolectados a partir de las bases de datos suministradas por las compañías generadoras de carga, quienes a su vez lo obtienen como un informe por parte de los proveedores del servicio GPS. Los datos recolectados corresponden a un periodo de tiempo de un mes para reducir el riesgo de aparición de datos anómalos o de no coincidencia entre los periodos de distribución de una compañía y otra.

3.1.2 Determinar zona de distribución de las compañías y periodo de tiempo a analizar. Teniendo en cuenta que el registro de GPS difiere según el proveedor de la tecnología que la empresa use, se decidió utilizar el software CartoDB para mapear los datos de geolocalización de los vehículos y así determinar en qué zonas se estaba distribuyendo mercancía, además con el fin de realizar esta visualización en un periodo de tiempo común se definió una semana específica en la que los vehículos parte de la muestra realizaron movimientos de carga.

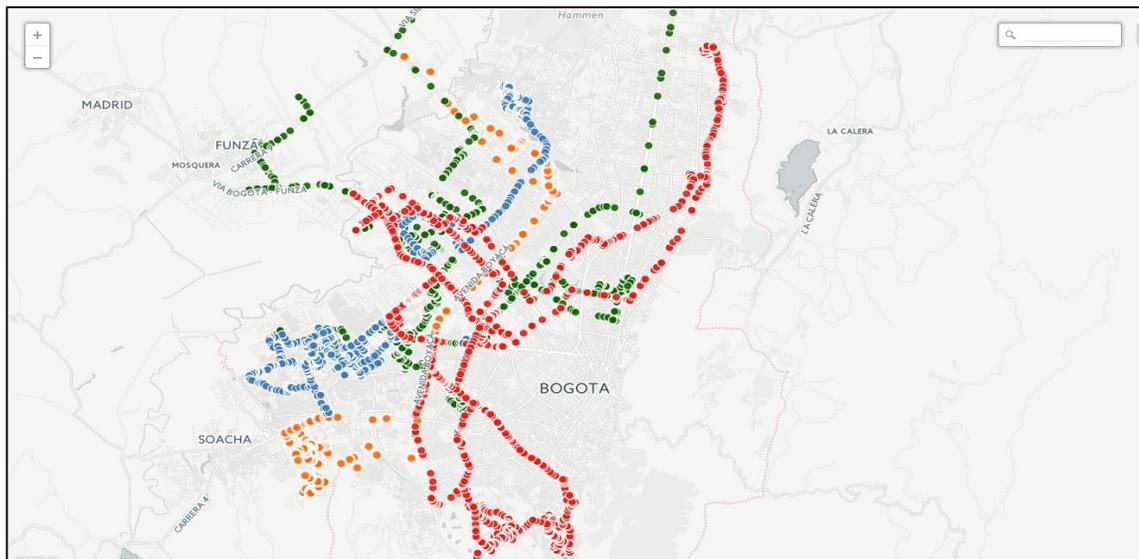
CartoDB es un software de visualización de datos que permite sincronizar bases de datos que contengan información de geolocalización de forma sencilla. Para realizar el mapeo de esta información se siguieron tan solo 4 pasos:

- Ingresar a <http://cartodb.com> e ingresar a la cuenta de usuario para tener acceso a la herramienta.
- Una vez se haya ingresado a la plataforma dar clic en el botón “*Create new map*”, después de esto nos guiará a la página donde nos solicitará agregar la información.
- Tomando en cuenta que la información disponible está en un archivo Excel, daremos clic en el botón “*Connect dataset*”, luego en “*browse*”, una vez realizado este paso la página abrirá una ventana emergente en la cual podremos buscar la localización de la base de datos suministrada por la compañía dentro de nuestro

equipo, una vez realizado esto damos clic en “Aceptar” y la plataforma iniciará el proceso de cargue de información.

- Finalmente, cuando el software ubique la información de geolocalización nos mostrará un mapa con cada una de las ubicaciones del vehículo, es decir la visualización de la información, que además nos será útil para el análisis cualitativo del proceso de distribución. El resultado de esta visualización se puede ver en la Imagen 7 y en el enlace https://danielaflorez190693.cartodb.com/viz/eaf6a31e-1915-11e6-bf2e-0ef7f98ade21/embed_map.

Imagen 7. Distribución de mercancía en una semana



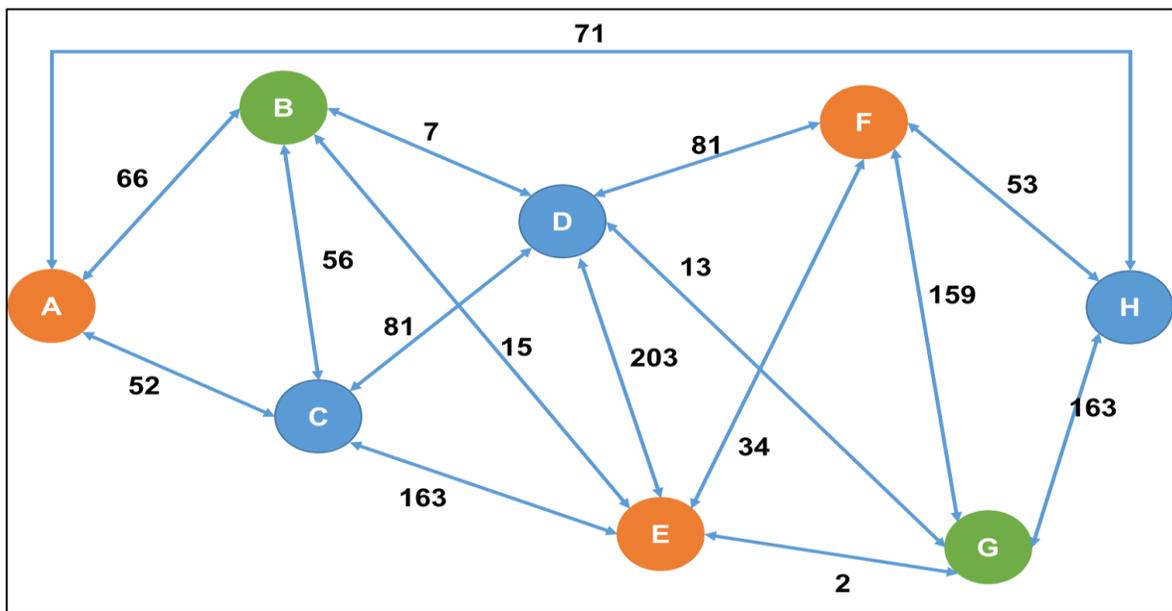
Una vez obtenida la visualización de la distribución se procedió a realizar la identificación de las zonas de distribución involucradas en el estudio, ubicadas principalmente al occidente y sur de la ciudad, coincidiendo con las zonas de distribución identificadas en el diagnóstico del proceso de distribución actual.

3.1.3 Selección de políticas públicas. De acuerdo al mapeo e identificación de zonas de distribución del paso anterior se seleccionaron las políticas públicas identificadas en el diagnóstico del Capítulo 1., que regían en estas ubicaciones. Las políticas seleccionadas son:

- **Decreto 690 de 2013.** Restricción horaria para carga y descarga de producto.
- **Decreto 520 de 2013.** Restricción de tránsito de los vehículos por la ciudad.
- **Ley 769 de 2002.** Código Nacional de Tránsito.

3.1.4 Conformación de rutas y cálculo de tiempo origen destino. Con las bases de datos estandarizadas y las zonas de distribución identificadas se procedió a clusterizar la ciudad en zonas de distribución, de acuerdo a la sugerencia de las metodologías de ruteo de vehículos (Ver Diagrama 7.), para luego calcular los tiempos que tomaban los vehículos para dirigirse de un punto a otro en su recorrido, como parte de esto se obtuvieron 32 posibles recorridos diarios por vehículo.

Diagrama 7. Ejemplo conformación de rutas de distribución



Estos recorridos fueron clasificados en tres, recorridos en horario normal, es decir aquellos que no se ven afectados por alguna normativa y los recorridos en horario con restricciones diurnas y nocturnas, es decir aquellos que se realizan en las franjas horarias donde la normativa actualmente no lo permite, estos tiempos se relacionan en la Tabla 11.

Tabla 11. Tiempo de ruta para el vehículo A

Nodos	Normal	Rest. Diurna	Rest. Nocturna
AB	66	89	70
AC	52	75	56
AH	71	94	75
BC	56	79	60
BD	7	30	11
BE	15	38	19
CD	81	104	85

Tabla 11. (Continuación)

Nodos	Normal	Rest. Diurna	Rest. Nocturna
CE	16	39	20
DE	203	226	207
DF	42	65	46
DG	13	36	17
EF	34	57	38
EG	2	25	6
FG	159	182	163
FH	53	76	57
GH	163	186	167
BA	66	89	70
CA	52	75	56
HA	71	94	75
CB	56	79	60
DB	7	30	11
EB	15	38	19
DC	81	104	85
EC	16	39	20
ED	203	226	207
FD	42	65	46
GD	13	36	17
FE	34	57	38
GE	2	25	6
GF	159	182	163
HF	53	76	57
HG	163	186	167

Para determinar los tiempos entre origen y destino fue necesario estandarizar la hora entregada por el GPS al formato de minutos y así poder determinar los tiempos usando la Ecuación 1.

Ecuación 1. Tiempo de recorrido entre un origen y un destino

$$\boxed{\text{Tiempo de recorrido} = \text{Hora cliente}_n - \text{Hora cliente}_{n-1}}$$

Una vez obtenidas las diferencias de tiempo se procedieron a clusterizar las zonas cercanas (con tiempos inferiores a 9 minutos entre origen y destino). En el Anexo A., se describe el proceso completo de la construcción de las tablas de tiempo de ruta.

3.1.5 Construcción del modelo matemático. El modelo propuesto se basa en la metodología de ruteo. El problema de enrutamiento de vehículos (VRP, por sus siglas en inglés) es un problema de optimización combinatoria y de programación de entero que pregunta "¿Cuál es el conjunto óptimo de rutas para una flota de vehículos que debe satisfacer las demandas de un conjunto dado de clientes? Esta metodología tiene diferentes variantes las cuales son explicadas en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Metodologías para solucionar el problema de transporte

Metodología	Descripción
TSP <i>Travelling salesman problem</i>	Para este caso se usa una restricción que es visitar todos los clientes una única vez teniendo en cuenta que solo se tiene un vehículo y se debe suplir la demanda total, los datos de entrada son la ubicación de los clientes o la distancia entre los mismos.
CVRP <i>Capacitated vehicle routing problem</i>	En este caso se contemplan las restricciones del TSP y también se cuenta con n vehículos sin sobrepasar la capacidad, deben partir y regresar a un depósito en cada serie de visitas de clientes. Los datos de entrada son las distancias entre los clientes o ubicación de los mismos, las demandas de cada cliente y la capacidad de los vehículos.
TCVR <i>Time constrained vehicle routing problem</i>	Además de contemplar las restricciones de los casos anteriores, no se debe exceder el tiempo disponible por vehículo, los datos de entrada son las distancias entre los clientes o ubicación de los mismos, las demandas de cada cliente y la capacidad de los vehículos y el tiempo de atención de los vehículos.
CVRPTW <i>Capacitate vehicle routing problem with time windows</i>	El método del costo mínimo o de los mínimos costos es un algoritmo desarrollado con el objetivo de resolver problemas de transporte o distribución, arrojando mejores resultados que métodos como el de la esquina noroeste, dado que se enfoca en las rutas que presentan menores costos.
PVRP <i>Periodic vehicle routing problem</i>	Un cliente debe ser visitado al menos un día durante un periodo de días, los vehículos tienen capacidad específica los clientes una demanda que debe ser satisfecha y posiblemente unas ventanas de tiempo que deban ser cumplidas.
Heurística de Barrido o <i>Sweep</i>	En la heurística de barrido, los clústeres se forman girando una semirrecta con origen en el depósito e incorporando los clientes "barridos" por dicha semirrecta hasta que se viole la restricción de capacidad. Cada clúster es luego ruteado resolviendo un TSP de forma exacta o aproximada.
Ruta más corta	Busca determinar la mejor manera de cruzar una red para encontrar una forma económica para dirigirse desde un origen a un destino dado. Suponga que en una red existen m nodos y n arcos (bordes) y un costo C_{ij} asociado con cada arco (i a j) en la red. El problema del camino más corto es encontrar la vía más cercana (menor costo o tiempo) desde el nodo de comienzo 1 hasta el nodo final m . El costo del camino es la suma de los costos de cada arco recorrido.

Tomando en cuenta la información disponible, los objetivos del proyecto y la facilidad de adaptación de las metodologías, se definieron diferentes modelos usando las metodologías TSP y Ruta más corta, las cuales fueron modificadas para alimentarla con el tiempo de recorrido entre un cliente y otro para reemplazar la distancia y costo para así poder obtener una ruta óptima en tiempo.

3.1.5.1 Supuestos. Los procesos logísticos que abarcan la cadena de suministro son incontables, por lo cual el principal supuesto es que el incluir los tres procesos básicos de la distribución nos permitirá medir el impacto de las políticas públicas sobre los mismos, estos procesos son:

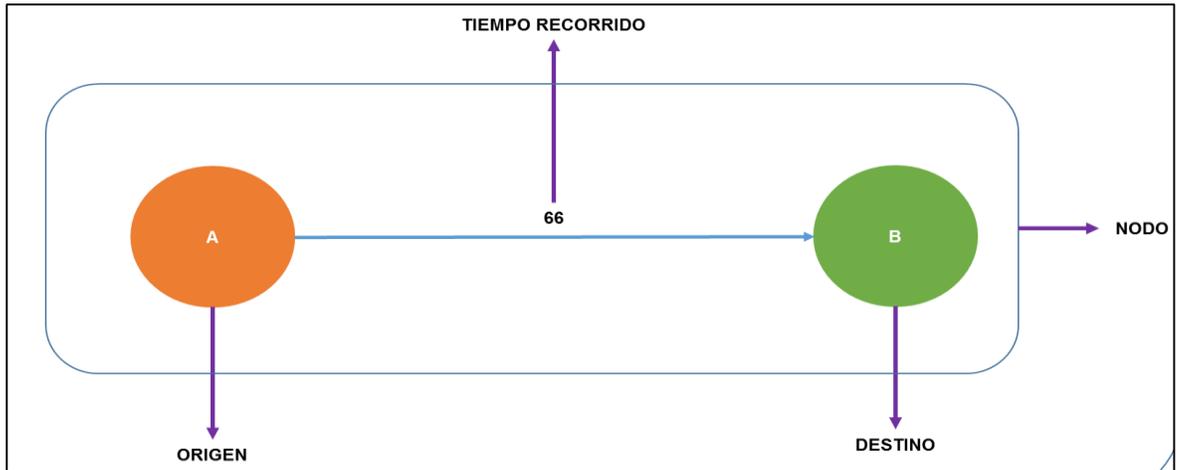
- **Cargue.** Esta fase del proceso involucra la recolección del producto en el centro de distribución del industrial para ser entregado al cliente final.
- **Tránsito.** Consiste en el movimiento realizado desde el origen (centro de distribución) al destino (cliente) por parte del vehículo.
- **Descargue.** Tiempo dedicado a la entrega del producto al cliente, en este espacio de tiempo el vehículo está estacionado e incluye el tiempo dedicado a la recolección de devoluciones, ya sea de producto obsoleto o de pedidos incorrectos.

Además de eso se está suponiendo que los tiempos entre origen y destino siempre van a ser constantes, es decir no se incluyen dentro de estos tiempos asignados a cambios por externalidades que aumente o reduzcan el tiempo de ruta tales como: accidentes, flujo de tráfico, medidas tomadas por autoridades para agilizar el tráfico, entre otras.

3.1.5.2 Variables. El modelo que se planteó para este proyecto consta de las siguientes variables (Ver Diagrama 8.)

- **Origen.** Nodo de inicio de un recorrido, el primer origen (señalado en el modelo con la letra A) corresponde al centro de distribución de donde sale la mercancía.
- **Destino.** Nodo final de un recorrido, en la mayoría de los casos se refiere a las zonas de distribución de mercancía, pero cuando "A" es destino se marca el final de toda la ruta.
- **Nodos.** Constituyen las agrupaciones de un origen y un destino, es decir los diferentes puntos que deberá visitar el transportador.
- **Tiempos de ruta.** Tiempo dedicado al tránsito de un origen a un destino.
- **Franjas horarias de restricción.** Franjas en las que se divide el día para asignar un tiempo nulo en los casos en los que los vehículos no puedan ingresar a alguna de las zonas de distribución.

Diagrama 8. Variables del modelo



3.1.5.3 Alternativas. Para el caso de la herramienta y teniendo en cuenta la metodología seleccionada el modelo se definió una única función objetivo y la cual se explica en la Ecuación 2.

Ecuación 2. Función objetivo

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} T_{ij} \quad i \neq j$$

Donde:

- N_{ij} es igual a 1, siempre y cuando exista un camino para ir de la zona i a la zona j . Esto quiere decir que se asigna un valor numérico a cada recorrido (ej., $AB = 1$).
- T_{ij} es igual al tiempo de recorrido desde el origen o zona i hacia el destino o zona j . Es decir, el tiempo que se toma el vehículo en transitar de una zona a otra.
- De igual forma se establece que el origen i debe ser diferente del destino j para evitar que el modelo haga que un origen sea un destino a la vez, por ejemplo, que se cree el nodo AA.

Además, tenemos la restricción de la no negatividad de los tiempos asignados a cada trayecto.

Ecuación 3. No negatividad

$$T_{ij} \geq 0$$

Finalmente se plantearon diversos tipos de restricciones con la finalidad de encontrar un modelo que se adaptara mejor a los requerimientos del proyecto, esta serie de restricciones dieron origen a tres alternativas de modelo las cuales se explican a continuación.

- **Alternativa 1.** Esta alternativa consiste en un modelo TSP común, compuesto por siete ecuaciones las cuales se listan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Ecuaciones de la alternativa 1

Ecuación	Descripción
Ecuación 4. Conjunto de nodos definido para el problema $G = (V, A)$	Donde V es el conjunto de clientes y A es el conjunto de nodos. A cada nodo (i, j) que pertenece a "A" se le asocia el Tiempo de recorrido T _{ij} .
Ecuación 5. Condiciones de asignación binaria $X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{el nodo pertenece a la solución óptima} \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases}$	Permite que los resultados entregados por el modelo sean binarios siendo 1 los nodos a visitar.
Ecuación 6. Ecuación nodo origen del agente viajero $\sum_{j \in V: (o,j) \in A} X_{oj} = m$	Donde X _{oj} designa el centro de distribución como punto de partida de la ruta.
Ecuación 7. Último destino del agente viajero $\sum_{j \in V: (o,j) \in A} X_{jo} = m$	Donde X _{jo} designa centro de distribución como último destino del vehículo
Ecuación 8. Destinos $\sum_{i \in V: (i,j) \in A} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V$	Donde el conjunto de nodos X _{ij} asegura que no se repitan destinos i en los orígenes j
Ecuación 9. Orígenes $\sum_{j \in V: (i,j) \in A} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in V$	Donde el conjunto de nodos X _{ij} garantizan que se realiza un solo recorrido desde cada origen i a cada destino j.
Ecuación 10. Eliminación de subciclos $\sum_{(i,j) \in E: i,j \in S} X_{ij} \leq S - 1 \quad \forall S \subset V: 2 \leq S \leq n - 1$	Ecuación de eliminación de subciclos de Miller-Tucker-Zemlin ⁶⁰ , donde S se forma por todos los subconjuntos de V de cardinalidad mayor o igual que 2 nodos. En general esta restricción asegura que dentro de cada subconjunto de nodos de cardinalidad S existan S – 1 aristas, evitando así la formación de se presenten desabastecimientos.

⁶⁰ MILLER, C.E.; TUCKER, A.W.; ZEMLIN, R.A. "Integer Programming formulation of traveling salesman problems". *Journal of Association for Computing Machinery*. 7.1960. Pág. 326-329.

Además de la formulación matemática se diseñó una herramienta en Excel para poder resolver estas funciones matemáticas. Los pasos para construir este modelo son:

- **Elaboración de la matriz de tiempos.** Este modelo obtiene los datos correspondientes al tiempo desde una tabla diferente a la de “Tiempos de ruta” debidos a su estructura, por lo que en este paso se construirá una matriz donde sus columnas y filas iniciales corresponderán a la letra asignada a cada nodo.

Luego de creadas estas columnas y filas se asignará un número que identificará cada letra (ej. A – 1) para así asignar el tiempo de ruta entre nodos. Para los nodos cuyo origen y destino es el mismo, por ejemplo, A – A el tiempo debe ser 0. Al final se obtendrá una matriz como la que se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Matriz de tiempos para el modelo TSP

IDENTIFICADOR DE NODOS		ORIGEN								
		A	B	C	D	E	F	G	H	
DESTINO	A	1	0	66	52	53	55	58	55	71
	B	2	66	0	56	7	15	19	18	45
	C	3	52	56	0	81	16	14	15	50
	D	4	53	7	81	0	203	42	13	51
	E	5	55	15	16	203	0	34	2	51
	F	6	58	19	14	42	34	0	159	53
	G	7	55	18	15	13	2	159	0	163
	H	8	71	45	50	51	51	53	163	0

Con la matriz creada se procede a crear la zona de respuestas donde encontraremos la ruta óptima y el tiempo total de la misma.

- **Formulación de zona de respuestas.** Primero se debe crear una zona para ubicar las respuestas una fila para la ruta y otra fila para el tiempo y finalmente una casilla donde sea posible ubicar el tiempo total. Para la fila de la ruta se asignarán inicialmente los números correspondientes a cada nodo en su orden.

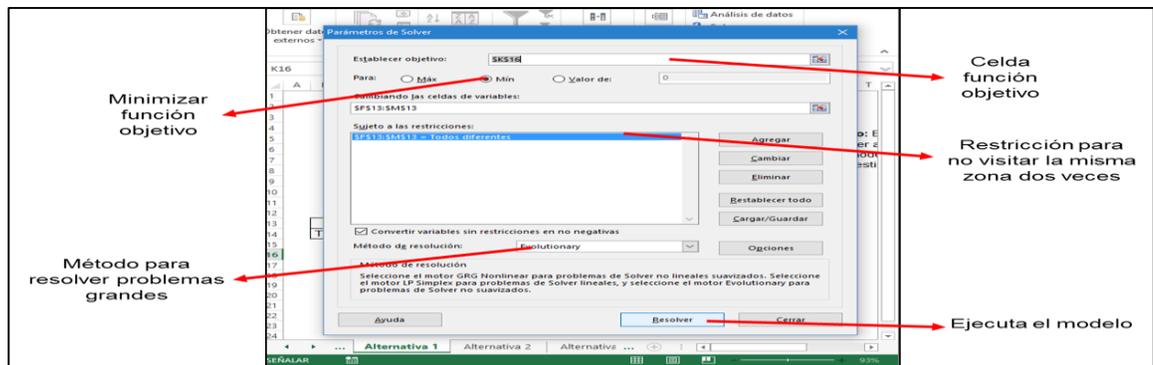
Imagen 8. Zona de respuestas

		RUTA ÓPTIMA Número indicador de nodo							
Ruta		6	3	5	7	4	2	8	1
Tiempo		14	16	2	13	7	45	71	58
Tiempo total (min)		226							

Para determinar el tiempo origen – destino, se debe la formula “Índice” para que se asigne el tiempo correspondiente al nodo desde la matriz de tiempos, la fórmula para la primera casilla es =INDICE (\$F\$4: \$M\$11; F13; G13) donde: \$F\$4: \$M\$11., son las celdas correspondientes a la matriz de tiempos, es importante fijar estas celdas con la tecla F4 o escribiendo el signo “\$” tal como se ve en la fórmula. F13., corresponde a la primera casilla de la fila tiempo y G13 a la segunda, esta parte de la formula asigna la ubicación de los tiempos. Finalmente, para determinar el tiempo total se asigna a la casilla la función “SUMA” señalando todas las celdas de la fila “Tiempo”.

Una vez completado esto, se procede a determinar la ruta con la herramienta Solver teniendo como objetivo minimizar el tiempo total, y teniendo como única restricción que las filas de “Ruta” y “Tiempo” sean todas diferentes (Ver Imagen 9.) usando el método de solución “Evolutionary” para resolver problemas grandes.

Imagen 9. Formulación en Solver de la Alternativa 1.



Finalmente dar clic en “Resolver” para obtener el tiempo mínimo de ruta en el cual se visiten todos los clientes.

- **Alternativa 2.** Esta alternativa está compuesta por un modelo de la ruta más corta, el cual busca el camino más corto entre un origen y un destino. En el Cuadro 18., se encuentra su formulación matemática.

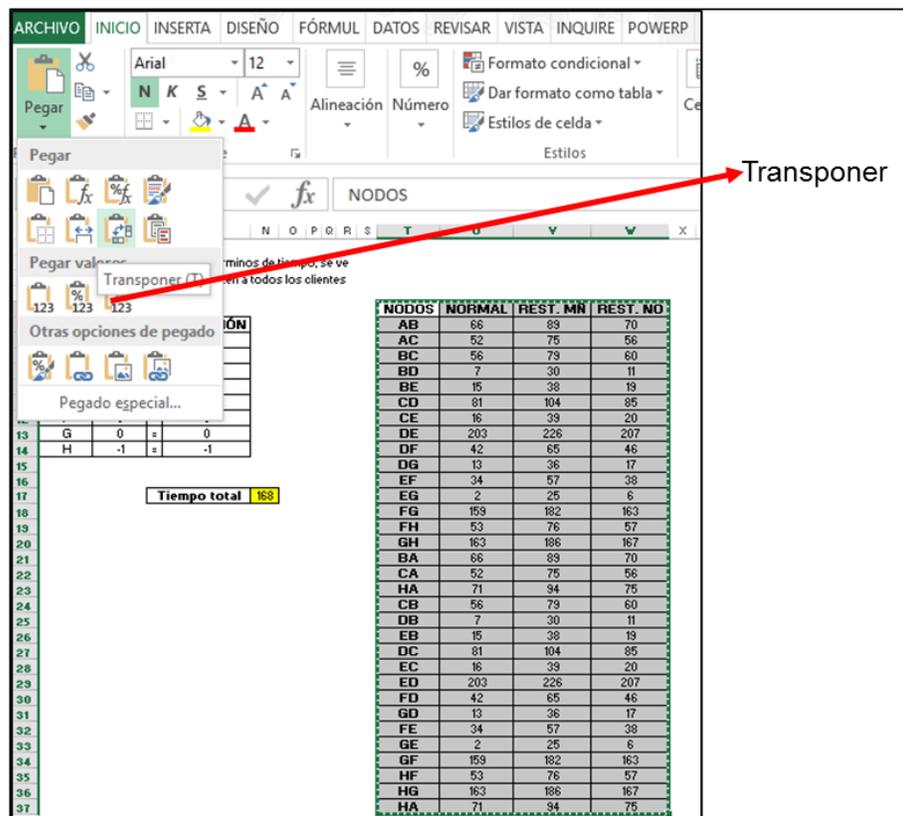
Cuadro 18. Ecuaciones de la alternativa 2.

Ecuación	Descripción
Ecuación 11. Conservación de flujo <i>Flujo total que entra = Flujo total que sale</i>	Esta restricción ayuda a definir las zonas por las cuales se desea pasar y los nodos origen (flujo de entrada) y destino (flujo de salida).
Ecuación 12. Condiciones de asignación binaria $X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si el nodo pertenece a la solución óptima} \\ 0 & \text{no pertenece a la solución óptima} \end{cases}$	Permite que los resultados entregados por el modelo sean binarios siendo 1 los nodos a visitar. Donde X_{ij} corresponde al nodo (i,j) que está siendo evaluado

Esta formulación matemática también fue llevada a Excel para facilitar su solución, los pasos para desarrollar esto fueron:

- **Tabla de tiempos de ruta.** La tabla de tiempos de ruta construida en el Anexo 1., está en sentido horizontal por lo que requerimos transponerla, para esto primero se debe copiar (CTRL+C) la tabla, luego dar clic en “Pegar y finalmente en el ícono “Transponer” que se observa en la Imagen 10.

Imagen 10. Tabla de tiempos de ruta transpuesta



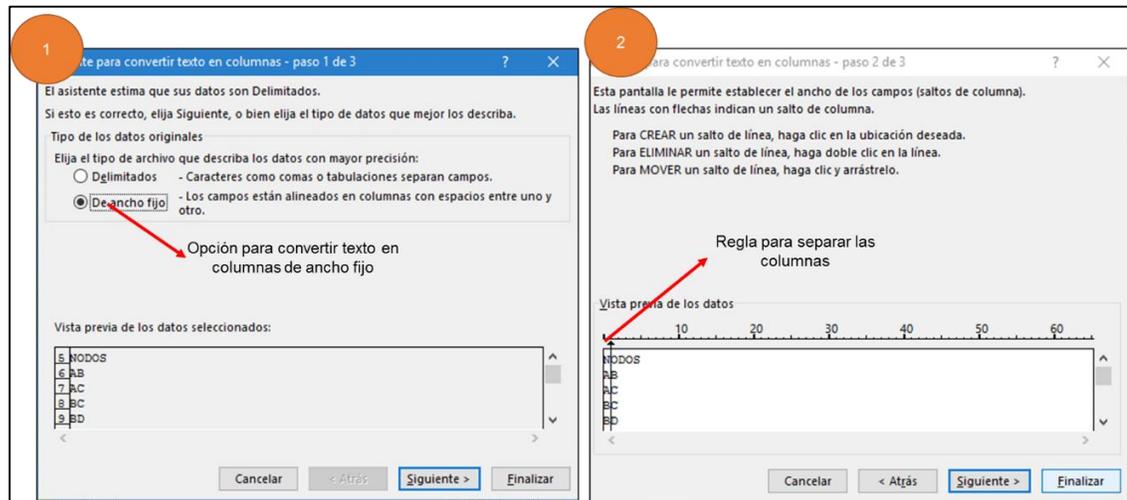
- **Diseño de zona de solución.** En esta zona encontraremos la formulación del modelo, para esto se debe crear cuatro columnas la primera para los orígenes, la segunda para los destinos, la siguiente para la ruta y la última para el tiempo según la franja horaria.

Para crear las dos primeras columnas usar la función “Texto en columnas”, para realizar esto seleccionar de la tabla “Tiempos de ruta” la primera columna donde se encuentran todos los nodos la seleccionarla y la copiarla (CTRL+C) finalmente pegarla en la posición de la primera columna de la zona de solución.

Nuevamente seleccionar la columna que se acaba de pegar y dar clic en la pestaña “Datos”, dar clic en la opción “Texto en columnas” de la sección de

“Herramientas de datos”, una vez realizado esto, se abrirá una ventana emergente en la cual vamos a seleccionar la opción “De ancho fijo” y luego dar clic en “Siguiente” en la siguiente ventana aparecerá una sección llamada “Vista previa de los datos” justo debajo de esta encontraremos una regla con una flecha que separa las columnas, mover esta flecha hasta la mitad de las dos letras y dar clic en finalizar (Ver Imagen 11.)

Imagen 11. Diseño de filas de Origen y Destino



Una vez completado este paso se tendrán los orígenes y destinos completos, la siguiente columna “Ruta” debe ser dejada en blanco ya que allí se asignarán las respuestas de Solver. La última columna corresponde a los datos de tiempo de ruta, para tener acceso a los tiempos en las tres franjas se creará una lista que pueda acceder a estos diferentes tiempos.

Para crear esta lista seleccionar la casilla con el título de la columna, dirigirse a la pestaña datos y en la sección “Herramientas de datos” seleccionar “Validación de datos”, en la ventana emergente asignar en criterio de validación dando clic donde dice “Cualquier valor” y lo cambiar por “Lista” finalmente asignar como origen las casillas del título de las tres columnas donde están los tiempos y dar clic en “Aceptar”.

Para que los tiempos se actualicen cada vez que se cambie la opción de lista usar la función “Buscar” de modo que el software asigne los tiempos definidos en la tabla de tiempos de ruta. La fórmula deberá quedar de la siguiente forma: =BUSCAR(\$F\$5;\$U\$5:\$W\$5;U6:W6), donde las celdas fijas corresponden a la tabla de tiempos de ruta y como intervalo las tres columnas de tiempos. Dar clic en el cuadro verde en la esquina inferior de la celda y extender la fórmula hasta la última casilla de la columna.

- **Formulación de restricciones.** En este paso se formularán las celdas correspondientes a las restricciones del modelo. Para eso se crea una tabla de cuatro columnas como la Tabla 13.

Tabla 13. Restricciones de la alternativa 2

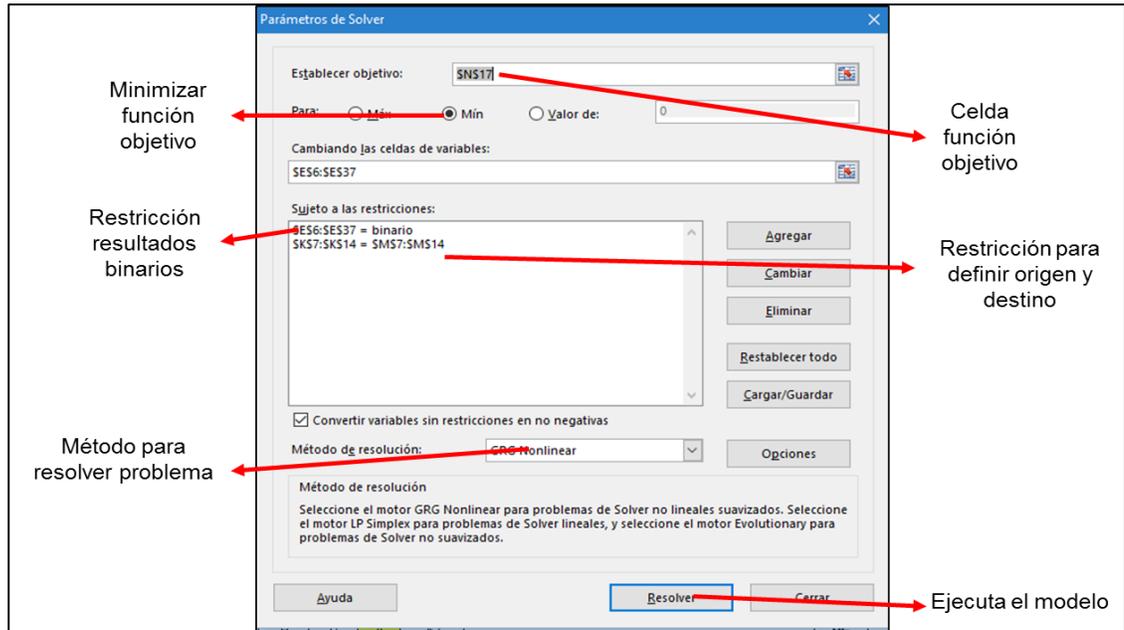
NODO	FLUJO	=	UBICACIÓN
A	1	=	1
B	0	=	0
C	0	=	0
D	0	=	0
E	0	=	0
F	0	=	0
G	0	=	0
H	-1	=	-1

Donde el número 1 señala el nodo origen y el número -1 señala el nodo destino, la columna ubicación son datos numéricos asignados por el usuario que aseguran que la ruta inicie en el centro de distribución y termina en el último cliente de la ruta normal, sin embargo la columna flujo varía de acuerdo a los resultados entregados en la columna Ruta, para automatizar esta variación usar la función "SUMAR.SI", para que se actualice de acuerdo al número binario asignado en la columna ruta de acuerdo a su origen y destino.

Finalmente generar una zona de cálculo del tiempo total usando la función "SUMAPRODUCTO" con las columnas de ruta y tiempo. Una vez formuladas estas celdas proceder a formular el modelo en Solver.

- **Formulación del modelo en Solver.** La celda objetivo será la celda de la zona de cálculo del tiempo total donde se usa la función "SUMAPRODUCTO" anteriormente, como se formuló en el capítulo tres se busca minimizar el tiempo de ruta por lo que se elige la opción "Mín", como celdas variables seleccionar la columna "Ruta" y como restricción asignar que los valores generados en esta columna sean binarios y finalmente que las columnas de la Tabla 26., flujo y ubicación sean iguales (Ver Imagen 12.)

Imagen 12. Formulación de la alternativa 2 en Solver



Finalizar dando clic en “Resolver” para obtener el tiempo de la ruta óptima.

- **Alternativa 3.** Esta alternativa surgió de una combinación de restricciones de los dos modelos anteriores de modo que se puedan obtener los resultados deseados, las ecuaciones utilizadas son señaladas en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Ecuaciones de la alternativa 3

Ecuación	Descripción
<p>Ecuación 8. Destinos</p> $\sum_{i \in V: (i,j) \in A} X_{ij} = 1 \forall i \in V$	Donde el conjunto de nodos X_{ij} asegura que no se repitan destinos i en los orígenes j .
<p>Ecuación 9. Orígenes</p> $\sum_{j \in V: (i,j) \in A} X_{ij} = 1 \forall i \in V$	Donde el conjunto de nodos X_{ij} garantizan que se realiza un solo recorrido desde cada origen i a cada destino j .
<p>Ecuación 11. Conservación de flujo entre zonas</p> <p><i>Flujo total que entra = Flujo total que sale</i></p>	Esta restricción ayuda a definir las zonas por las cuales se desea pasar y los nodos origen (flujo de entrada) y destino (flujo de salida).
<p>Ecuación 12. Condiciones de asignación binaria para la ruta</p> $X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{el nodo pertenece a la solución óptima} \\ 0 & \text{no pertenece a la solución óptima} \end{cases}$	Permite que los resultados entregados por el modelo sean binarios siendo 1 los nodos a visitar. Donde X_{ij} corresponde al nodo (i,j) que está siendo evaluado.

Para modelar estas ecuaciones en la herramienta Solver de Excel se desarrollaron las siguientes fases:

- **Construcción de la zona de resultados.** La zona de resultados está compuesta de una fila con el listado de posibles nodos a recorrer, las variables de tiempo tomadas del tiempo de ruta y la zona de selección de nodos de ruta óptima (Ver Imagen 13.).

Imagen 13. Zona de resultados

Nodos		Franja horaria																				Tiempo de ruta en minutos para cada zona de distribución													
NODOS	REST. NOD	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG		
AC	93	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
CE	98	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
EH	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159
HA	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108

Labels and arrows in the image:
 - Red arrows point to 'Nodos' (top left), 'Franja horaria' (top middle), 'Zonas de distribución' (bottom left), and 'Nodo visitado en la zona' (bottom middle).
 - Yellow boxes highlight 'Tiempo (min)' with value 448 and 'Tiempo (h)' with value 7.47.
 - Red arrows point from these boxes to 'Tiempo de ruta en minutos' and 'Tiempo de ruta en horas' labels.

La primera fila corresponde a los nodos listados en la tabla de “Tiempos de ruta” por lo que puede completarse simplemente copiando y pegando el texto. En el caso de la segunda columna se creará una lista desplegable de modo que los datos se actualicen automáticamente cada vez que se cambie de franja horaria.

Para realizar esto se debe seleccionar la casilla con el título de la columna, dirigirse a la pestaña datos y en la sección “Herramientas de datos” seleccionar “Validación de datos”, en la ventana emergente asignar el criterio de validación dando clic donde dice “Cualquier valor” y cambiarlo por “Lista”, asignar como origen las casillas del título de las tres columnas donde están los tiempos y dar clic en “Aceptar”.

Para que los tiempos se actualicen cada vez que se cambia la opción de lista usar la función “Buscar” de modo que el software asigne los tiempos definidos en la tabla de tiempos de ruta. La fórmula deberá quedar de la siguiente forma: =BUSCAR(\$A\$6;\$A\$24:\$A\$26;B24:B26), donde las celdas fijas corresponden a la tabla de tiempos de ruta y como intervalo las tres columnas de tiempos. Dar clic en el cuadro verde en la esquina inferior de la celda y extender la fórmula hasta la última casilla de la fila.

Resaltar la última zona para facilitar que el usuario detecte que aquí se mostrará la ruta usando la opción de “Formato condicional” de la pestaña “Inicio” y usando la opción “Resaltar regla de celdas” a continuación clic en “Es mayor que” y asignar el número 0 de modo que cada vez que la casilla se llene con el número 1 pueda visualizarse de forma fácil que la ruta pasará por ese nodo. Al final de las cuatro filas que componen esta zona usar la función “SUMAPRODUCTO”

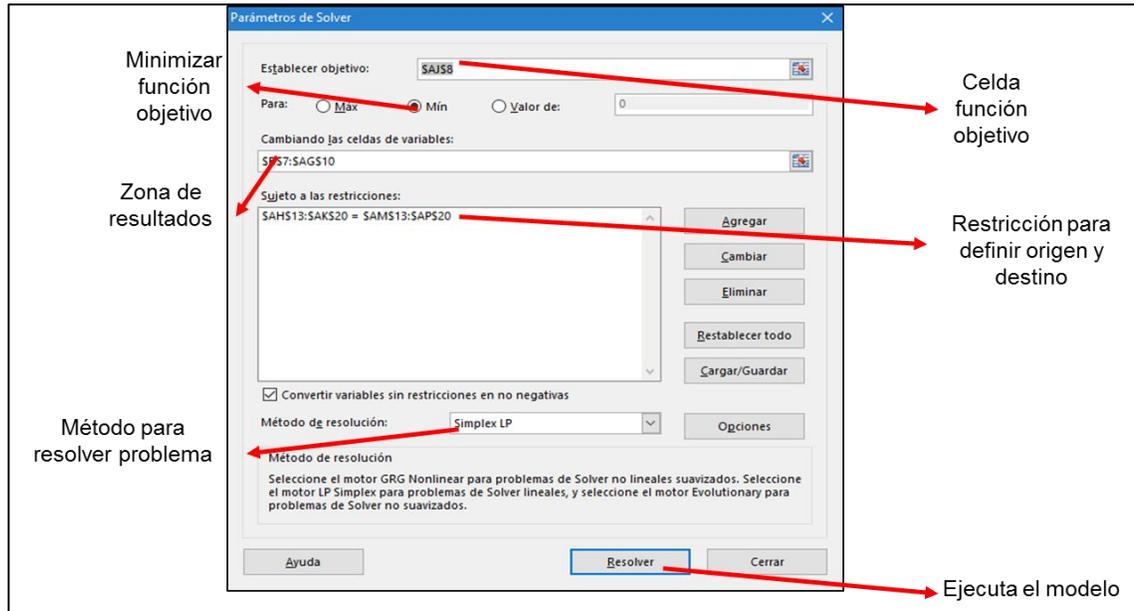
para determinar el tiempo de ruta de cada zona, la formula deberá ser como: =SUMAPRODUCTO(\$B\$6:\$AG\$6;B7:AG7), donde las celdas fijas corresponden a la fila de tiempo de ruta y las otras corresponden a la fila de la zona que se está formulando.

- **Construcción de zona de restricciones.** En la primera columna listar la totalidad de nodos y en las siguientes celdas de la fila asignar 1 a la letra que corresponda al origen y -1 a la letra que corresponda al destino según los nodos listados en la primera fila de la zona de resultados. Al final de esta fila generar 9 columnas más que tengan como titulo la última zona del área de resultados.

La idea de esta zona es establecer una igualdad entre orígenes y destinos de modo que se asegure que el origen inicial sea el centro de distribución y el último nodo sea la zona final de distribución. Para ello asignar el número 1 al origen y el -1 al destino según el título en las últimas cuatro columnas y para asegurar que se mantenga la igualdad usar la ecuación "SUMAPRODUCTO" en las cuatro primeras columnas para que los resultados de la zona de resultados coincidan con esta zona, la formula deberá ser así: =SUMAPRODUCTO(B13:AG13;\$B\$7:\$AG\$7)

- **Celda función objetivo o tiempo total.** Finalmente crear una celda llamada "Tiempo total" y junto a esta otra celda con la formula "SUMA" para el tiempo entregado por el modelo en la zona de resultados. Teniendo en cuenta que el modelo arroja un tiempo en minutos que no puede ser analizado de forma rápida crear una celda junto a estas dos llamadas "Tiempo en horas" y escribir la formula =" Celda tiempo en minutos"/60.
- **Formulación en Solver.** Con todas las zonas construidas se procede a formular el modelo en Solver, para esto seleccionaremos la celda del "Tiempo total" y en la pestaña "Datos" dar clic en la herramienta de análisis "Solver". De esta forma se establece como objetivo minimizar el tiempo de ruta asignando la restricción de igualdad de la zona 2, el método de resolución empleado será Simplex LP (Ver Imagen 14.) y finalizar dando clic en "Resolver".

Imagen 14. Formulación en Solver de la alternativa 3



- **Ventajas y desventajas de las alternativas.** Con el fin de elegir la alternativa para la herramienta final se realizó un pequeño análisis de los beneficios y desventajas de cada modelo.

En el caso de la Alternativa 1., se formuló un TSP clásico el cual busca generar una ruta en la cual se puedan atender a todos los clientes en el menor tiempo, sin embargo, con esta metodología no es posible obtener un resultado óptimo incluyendo las restricciones horarias generadas por la ley y que nos permita atender a todos los clientes.

La Alternativa 2., es un modelo de transporte el cual busca enseñarle el camino a la ruta más corta en términos de tiempo, se ve afectada por las normativas al tener cambios en el valor de tiempo sin embargo no permite que se visiten a todas las zonas.

Y finalmente tenemos la Alternativa 3., que surge como un perfeccionamiento de los dos modelos anteriores en el que se busca atender todas las zonas en el menor tiempo posible y además poder valor el impacto en tiempo de las diferentes franjas horarias generadas por la normativa. Este modelo arroja resultados gráficos de la ruta y permite observar los cambios en la misma en las diferentes franjas horarias.

De acuerdo a este análisis se procedió a construir la herramienta con la Alternativa 3., como modelo final.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA HERRAMIENTA

Una vez se seleccionó la alternativa de modelo a formular se inició la construcción del modelo matemático en Excel, usando la herramienta *Solver*, se decidió usar este software teniendo en cuenta la accesibilidad de las compañías al mismo.

A continuación, se describen cada una de las hojas de Excel que componen la herramienta.

3.2.1 Plantilla de instrucciones. La primera hoja que de la herramienta es una plantilla de instrucciones con la cual el usuario podrá familiarizarse con las entradas de datos y los resultados obtenidos (Ver Imagen 15.)

Imagen 15. Plantilla de instrucciones del modelo

En la siguiente página encontrará la plantilla del modelo de simulación de su ruta, es importante recordar que este modelo le permitirá determinar la ruta a seguir para realizar su proceso de distribución en un tiempo menor

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG		
NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	##	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	##	42	13	34	2	159	53	163		
AD	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73
DG	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
GH	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71

Zona de resultados: En esta parte usted podrá encontrar el orden del recorrido que deberá seguir con el fin de realizar el proceso de distribución en el menor tiempo. Las celdas en rojo señalan el origen y destino factible, mientras que la celda amarilla señala el tiempo total de la ruta. Además podrá detectar el impacto de las restricciones horarias generadas por las normativas sobre su operación

	AD	DG	GH	HA		AD	DG	GH	HA
A	1	0	0	-1	=	1	0	0	-1
B	-1	0	0	0	=	0	0	0	0
C	-1	0	0	0	=	0	0	0	0
D	-1	0	0	0	=	-1	1	0	0
E	0	0	0	0	=	0	0	0	0
F	0	0	0	0	=	0	0	0	0
G	0	-1	1	0	=	0	-1	1	0
H	0	0	-1	1	=	0	0	-1	1

Tiempo (min) 231 **Tiempo (h)** 4,85

Zona de restricciones de políticas públicas: Existen dos franjas horarias cada una de 3 horas en las cuales los vehículos no pueden circular por las vías, este tiempo se agrega al tiempo total de ruta tomando para poder medir su impacto.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	##	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	##	42	13	34	2	159	53	163
REST. M1	89	75	94	78	30	38	104	39	##	65	36	57	25	182	76	186	89	75	94	78	30	38	104	39	##	65	36	57	25	182	76	186
REST. NO	70	56	75	60	11	19	85	20	##	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	##	46	17	38	6	163	57	167

Esta página se divide en tres zonas: la zona de resultados, la zona de restricciones de origen – destino y la zona de restricciones de políticas públicas. A continuación, se describe cada zona.

- **Zona de resultados.** En esta parte podrá encontrar el orden del recorrido que deberá seguir con el fin de realizar el proceso de distribución en el menor tiempo. Las celdas en rojo señalan el origen y destino factible, mientras que la celda amarilla señala el tiempo total de la ruta. Además, podrá detectar el impacto de las restricciones horarias generadas por las normativas sobre su operación.
- **Zona de restricciones de origen – destino.** En esta zona se encuentran las restricciones que señalan cuales son los nodos de origen y destino que se desean recorrer, el número 1 corresponde a un nodo origen y el número -1 corresponde a un nodo de destino. Es importante tener el tiempo de recorrido de cada nodo para alimentar con datos exactos el modelo

- **Zona de restricciones de políticas públicas.** Existen dos franjas horarias cada una de 3 horas en las cuales los vehículos no pueden circular por las vías y una en la que la circulación es normal, esta zona le dará visibilidad sobre los tiempos asignados a cada recorrido en las diferentes franjas.

3.2.2 Tiempo de ruta. En esta página se deberá alimentar la información necesaria para utilizar el modelo, en las casillas de horario normal se debe ingresar el tiempo que le toma a los vehículos movilizar la mercancía desde un punto a otro y automáticamente la herramienta asignará un tiempo estándar al recorrido en las franjas de restricción, si desea puede aumentar el número de vehículos para facilitar la simulación de diferentes recorridos.

Imagen 16. Plantilla para asignación de tiempos de ruta

		TIEMPO DE RUTA																															
		En esta página se deberá alimentar la información necesaria para utilizar el modelo, en las casillas de horario normal se debe ingresar el tiempo que le toma a los vehículos movilizar la mercancía desde un punto a otro normalmente y automáticamente la herramienta asignará un tiempo estándar al recorrido en las franjas con restricción, si desea puede aumentar el número de vehículos para facilitar la simulación de diferentes recorridos.																															
VEH. A	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163
	REST. MN	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186
	REST. NO	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167
VEH. B	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71
	REST. MN	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20
	REST. NO	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50
VEH. C	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94
	REST. MN	53	91	101	155	85	186	139	43	53	91	101	155	85	186	139	43	53	91	101	155	85	186	139	43	53	91	101	155	85	186	139	43
	REST. NO	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73

3.2.3 Alternativa 1. En esta hoja muestra la formulación de la primera alternativa de modelo el TSP común. Esta formulación es funcional por lo que si lo único que se desea es conocer la mejor ruta para atender a todos sus clientes en el menor tiempo se puede utilizar este modelo.

Imagen 17. Plantilla Alternativa 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
	1	2	3	4	5	6	7	8	
A	1	0	66	52	53	55	58	55	71
B	2	66	0	56	7	15	19	18	45
C	3	52	56	0	81	16	14	15	50
D	4	53	7	81	0	203	42	13	51
E	5	55	15	16	203	0	34	2	51
F	6	58	19	14	42	34	0	159	53
G	7	55	18	15	13	2	159	0	163
H	8	71	45	50	51	51	53	163	0
Ruta		6	3	5	7	4	2	8	1
Tiempo		14	16	2	13	7	45	71	58
Tiempo total		226							

Alternativa TSP clásico: Esta alternativa busca generar una ruta en la cual se puedan atender a todos los clientes en el menor tiempo, la desventaja de este modelo es que toma el nodo origen (centro de distribución) como un destino más y no inicia el recorrido en este lugar siempre.

3.2.4 Alternativa 2. En esta hoja contiene la alternativa que usa la metodología de la ruta más corta, si el usuario desea encontrar una programación de rutas donde desee reducir el tiempo de movimiento de sus vehículos sin importar que no atienda todos los clientes en un mismo día puede usar este modelo. Además, podrá ver el impacto en tiempo de realizar este recorrido durante las franjas en las que la normativa actúa.

Imagen 18. Plantilla Alternativa 2.

Alternativa Ruta más corta: Esta alternativa busca enseñarle el camino a la ruta más corta en terminos de tiempo, se ve afectada por las normativas al tener cambios en el valor de tiempo sin embargo no permite que se visiten a todos los clientes

DESDE	HACIA	RUTA	NORMAL
A	B	1	66
A	C	0	52
B	C	0	56
B	D	1	7
B	E	0	15
C	D	0	81
C	E	0	16
D	E	0	203
D	F	1	42
D	G	0	13
E	F	0	34
E	G	0	2
F	G	0	159
F	H	1	53
G	H	0	163
B	A	0	66
C	A	0	52
H	A	0	71
C	B	0	56
D	B	0	7
E	B	0	15
D	C	0	81
E	C	0	16
E	D	0	203
F	D	0	42
G	D	0	13
F	E	0	34
G	E	0	2
G	F	0	159
H	F	0	53
H	G	0	163
H	A	0	71

NODO	FLUJO	=	UBICACIÓN
A	1	=	1
B	0	=	0
C	0	=	0
D	0	=	0
E	0	=	0
F	0	=	0
G	0	=	0
H	-1	=	-1

Tiempo total 168

3.2.5 Alternativa 3. Esta hoja contiene el modelo final resultado de las dos anteriores alternativas, con este modelo es posible realizar la evaluación del impacto de las políticas públicas sobre el proceso de distribución y a su vez encontrar una ruta que se adapte a las condiciones.

Imagen 19. Plantilla modelo final

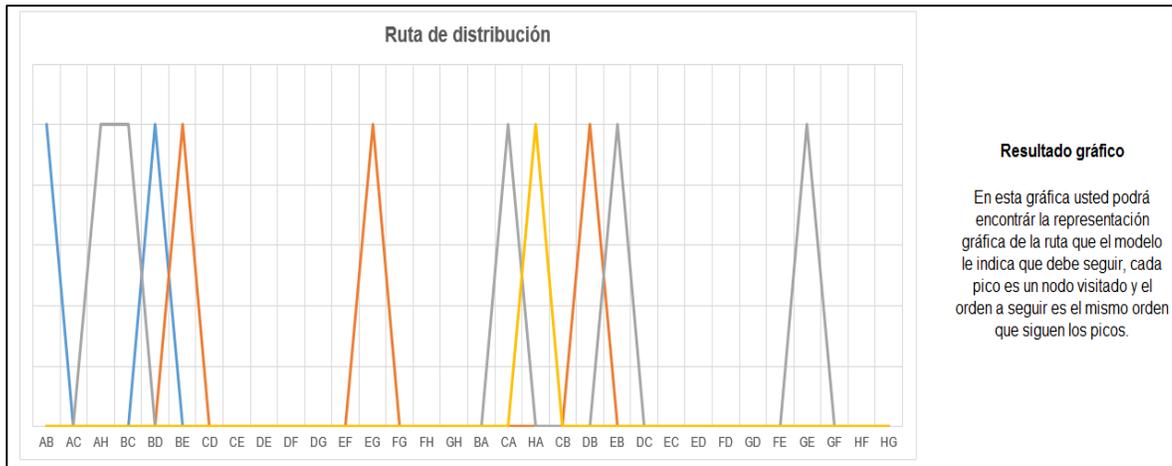
MODELO FINAL																																
NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
REST. NOC	-)	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167
NORMAL		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REST. DIU		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REST. NOC		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GH		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A	1	1	1																																
B	-1			1	1	1																													
C		-1		-1			1	1																											
D					-1			-1		1	1	1																							
E						-1		-1		-1		1	1																						
F											-1		1	1																					
G												-1		-1		1																			
H				-1													-1																		

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163
REST. DIU	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186
REST. NOC	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167

3.2.6 Resultado gráfico. En esta hoja podrá encontrar la representación gráfica de la ruta que el modelo de la alternativa 3 le indica que debe seguir, cada pico es un nodo visitado y el orden a seguir es el mismo orden que siguen los picos.

Imagen 20. Representación gráfica de la ruta



3.2.7 Escenarios. Las siguientes hojas de Excel contienen el resultado de cada uno de los escenarios planteados para mantener un registro de los datos que serán analizados en profundidad en el siguiente capítulo y de otros modelos que el usuario desee usar.

Se plantearon escenarios basados primero en franjas horarias relacionadas a los tiempos de restricción creadas por las normativas y segundo escenarios relacionados con las rutas seguidas por tres vehículos seleccionados.

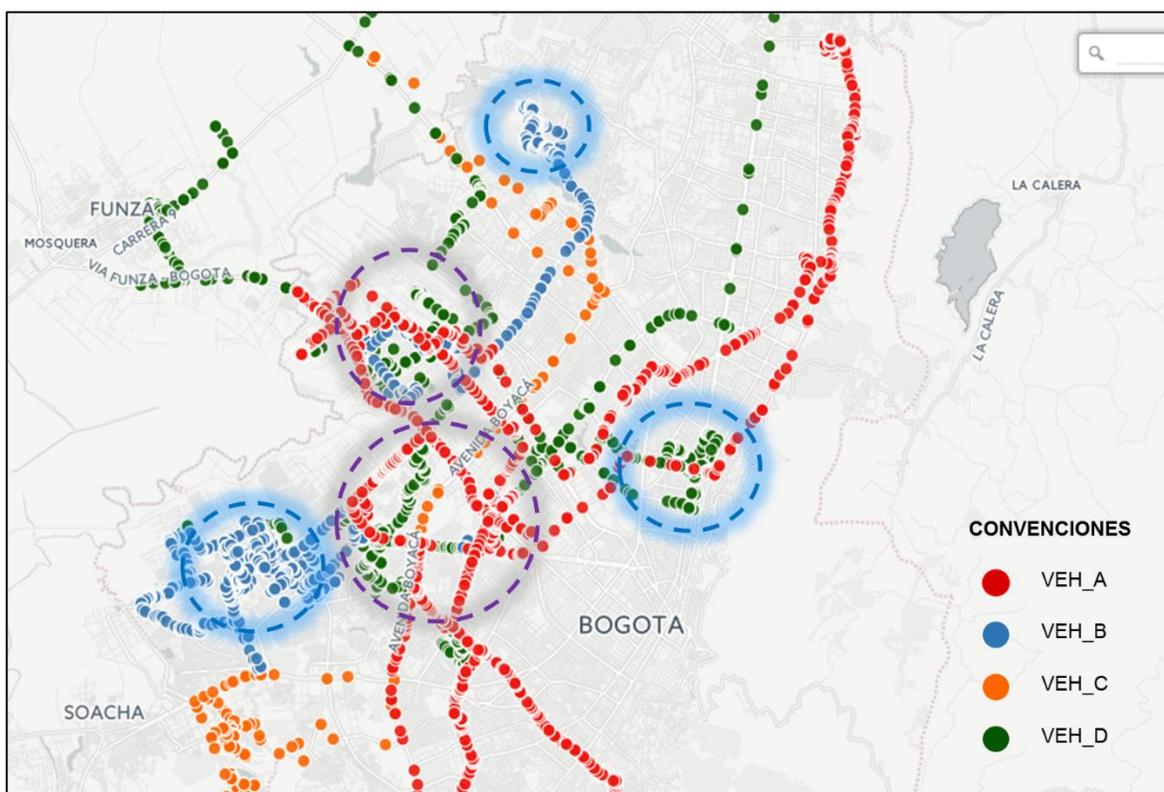
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los datos alimentados en la plataforma de visualización y las alternativas construidas en Excel se procedieron a analizar los resultados de forma cualitativa y cuantitativa.

4.1 ANÁLISIS CUALITATIVO

Para obtener un entendimiento más profundo del proceso actual y de su relacionamiento con las políticas públicas actuales se usó la visualización de datos descrita en el Capítulo 3., sobre la cual se detectaron algunas brechas o puntos clave los cuales se resaltan en la Imagen 21.

Imagen 21. Visualización del proceso de distribución



En la Imagen 21., se observan las rutas seguidas por cuatro vehículos a lo largo de una semana, primero es posible observar la gran concentración de trayectos en las localidades de Bosa (A), Kennedy (B), Engativá (C) y Usaquén (D) identificadas en el Capítulo 2., como zonas de alta importancia para la distribución ya que agrupan gran cantidad de consumidores y las cuales se convertirán en zonas de distribución involucradas en el modelo, acompañadas por las localidades de Puente Aranda (E), Antonio Nariño (F), Chapinero (G) y Fontibón (H).

De forma adicional se detectaron ineficiencias en la ruta seguida por los conductores para los cuatro vehículos analizados, ya que su recorrido no necesariamente este guiado por la cercanía entre una zona y otra, concretamente se observaron casos en los procesos de distribución de las dos compañías donde un transportador tomaba la decisión de ir a una zona más lejana antes que visitar otra más cercano.

Estas ineficiencias pueden tener diversos orígenes, desde una falta de herramientas adecuadas para el diseño de rutas hasta la toma de decisiones de los conductores en cuanto a las rutas que se deben seguir al enfrentarse a imprevistos durante sus recorridos, por lo que tomar algún tipo de decisión para eliminarlas puede ser anticipado, se sugiere realizar un diagnóstico detallado de este proceso con el fin de detectar los puntos críticos de ineficiencias, sus responsables o causantes y las posibles estrategias de distribución.

Como segundo factor a resaltar se tienen las horas de entrega, de acuerdo a lo observado en las bases de datos y la visualización el proceso de distribución urbana se desarrolla entre las 6:00 am y 6:00 pm, de acuerdo a los expertos, esto resulta ser así debido a que las compañías tienen que adaptar sus procesos a los horarios de recibo de sus clientes. El tener que distribuir la mercancía en este horario tiene afectaciones no solo para la compañía sino para el entorno en el que se desarrolla aún más si resaltamos factores como movilidad, ocupación del espacio público, contaminación y otros, como se puede observar en la Imagen 22.

Imagen 22. Movilidad en Bogotá



Fuente: PUBLIMETRO. 2016. *Bogotá amanece llena de trancones*. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] http://www.publimetro.co/_internal/gxml!0/Colp_HF218642.jpeg

Es de resaltar además que la mayoría de los procesos de distribución se estén desarrollando en el día implica que las zonas de estacionamiento habilitadas son mínimas por lo que los conductores están incurriendo en faltas al código de tránsito para poder atender a los clientes afectando no solo la calidad de vida de los ciudadanos sino las finanzas de la compañía por los comparendos que puedan surgir por estas faltas.

De acuerdo a los factores descritos anteriormente se definieron zonas concretas para establecer estrategias que permitan mitigar el impacto tanto de las políticas públicas sobre los procesos logísticos, como de estas operaciones sobre la calidad de vida de los ciudadanos, las cuales son señaladas en la Imagen 21. Las primeras son aquellas donde se detectan oportunidades para el desarrollo de procesos colaborativos entre las compañías (señaladas con morado) y aquellas donde se ven oportunidades en prácticas de consolidación (señaladas en azul). En el Cuadro 20., se resumen algunas estrategias de implementación para estas prácticas, seleccionadas a partir del diagnóstico del Capítulo 1., y de las entrevistas con expertos del Capítulo 2.

Cuadro 20. Estrategias para mejorar el proceso de distribución urbana

Tipo de estrategia	Estrategia	Posibles impactos
Optimización de rutas	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico del proceso de diseño de rutas de distribución • Diseño de una herramienta de ruteo que use los datos de GPS, técnicas de analítica y visualización 	<ul style="list-style-type: none"> • Detectar puntos críticos a intervenir • Mayor exactitud en los recorridos y facilidad para la toma de decisiones
Centros de consolidación urbana	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidación de pedidos por zonas o clientes • Uso de vehículos alternativos para entrega de pedidos desde centros de consolidación a clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor exactitud en entregas • Reducción de emisiones • Mejora en la movilidad
Colaboración	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución colaborativa • Planeación de la demanda colaborativa • Acuerdos con clientes para entregas nocturnas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en costos logísticos • Exactitud en pronósticos • Reducción en tiempos de entrega

Además de las estrategias y brechas detectadas con este análisis cualitativo complementaremos el análisis a través de un análisis cuantitativo.

4.2 ANÁLISIS CUANTITATIVO

El análisis cuantitativo fue desarrollado con los resultados obtenidos a partir del modelo final de simulación; como primer resultado obtuvimos 9 posibles escenarios para los vehículos involucrados en el estudio. Estos escenarios son:

- Impacto en la distribución en horario normal para los tres vehículos.
- Impacto en la distribución en horario de restricción diurna para los tres vehículos.
- Impacto en la distribución en horario de restricción nocturna para los tres vehículos. A continuación, analizaremos los resultados de cada escenario por vehículo.

4.2.1 Escenario 1. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo A entre las 8:30 am y las 5:30 pm por el vehículo A. La ruta óptima para este caso se presenta en la Tabla 14.

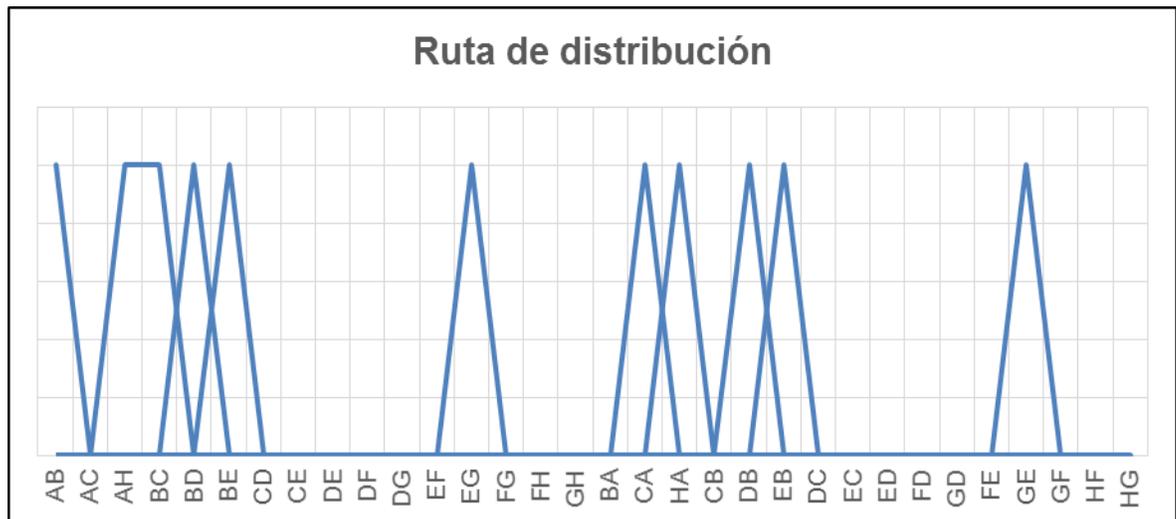
Tabla 14. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 1.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG	
NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163	
AD	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DG	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GH	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tiempo (min) Tiempo (h)
364 6,1

La misma ruta puede ser observada en el Gráfico 9.

Gráfico 9. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 1.



El resultado inicial es un tiempo total de ruta de 364 minutos como mínimo, es decir 6,1 horas para atender a todos los clientes a través de los nodos AB, AH, BC, BD, BE, EG, CA, HA, DB, EB Y GE, teniendo como punto crítico o cuello de botella la atención de los nodos AH, BC, CA, EB y GE.

4.2.2 Escenario 2. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo A asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 6:30 am a 8:30 am. La Tabla 15., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

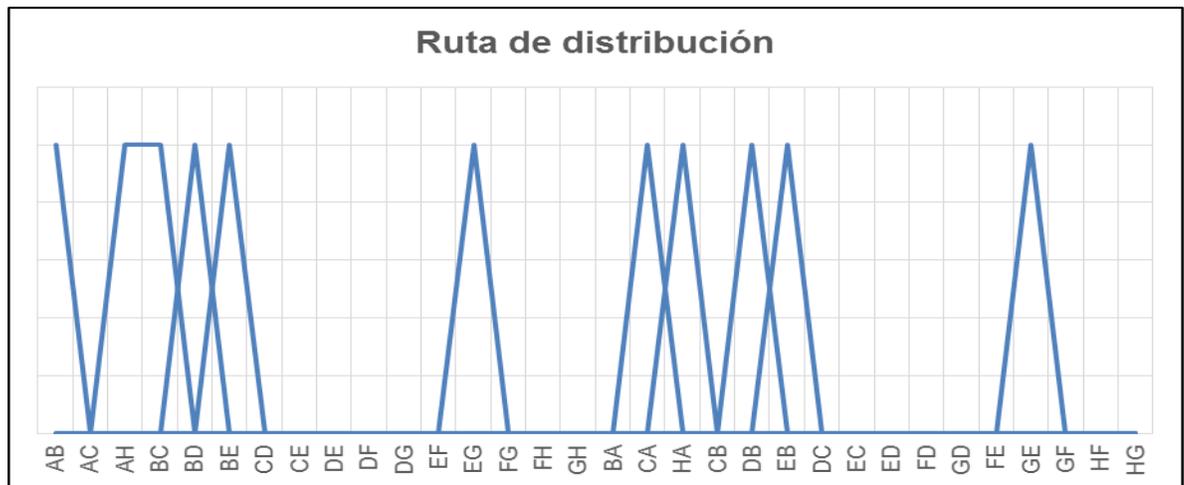
Tabla 15. Ruta de distribución para vehículo A en el escenario 2.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
REST. DIU	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186
AD	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DG	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GH	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tiempo (min) Tiempo (h)
617 10,3

La ruta sugerida por el modelo es igualmente señalada por el Gráfico 10.

Gráfico 10. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 2.



En este escenario podemos ver que al igual que en el escenario 1, la ruta óptima comprende los nodos AB, AH, BC, BD, BE, EG, CA, HA, DB, EB Y GE, pero se ve afectada en el tiempo de distribución aumentando en cuatro horas el tiempo óptimo de recorrido. De acuerdo a los factores analizados en los capítulos anteriores se atribuyen a factores como movilidad, tráfico y velocidad media que a su vez pueden acarrear mayores impactos no solo en la operación logística como

tal sino en el recurso humano quien se ve altamente afectado por las condiciones en las que desarrolla su operación.

4.2.3 Escenario 3. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo A asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 5:00 pm a 7:30 pm. La Tabla 16., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

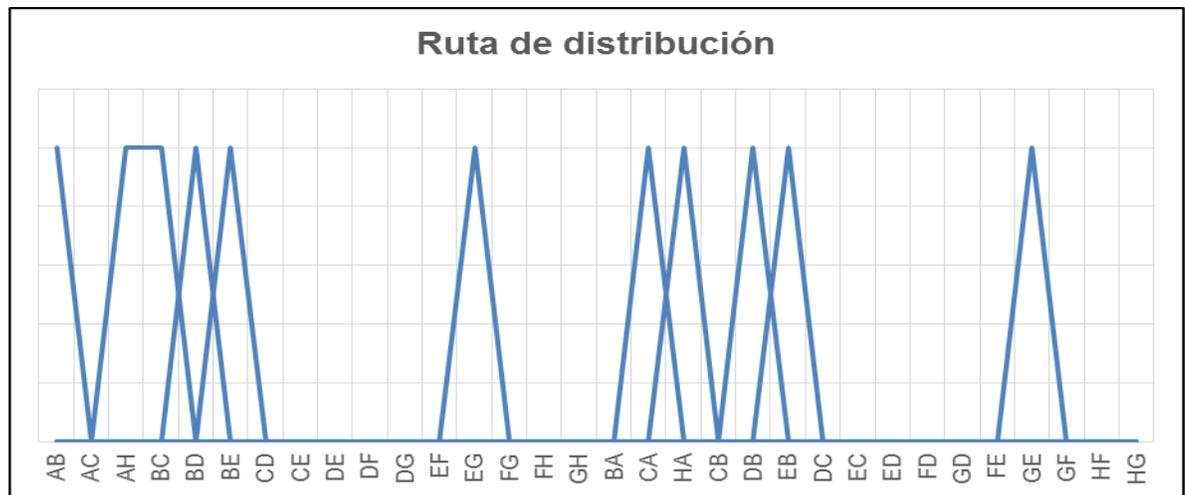
Tabla 16. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 3

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG	
REST.NOC	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	
AD	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DG	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GH	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tiempo (min) Tiempo (h)
617 10,3

Además, esta ruta puede ser visualizada en el Gráfico 11.

Gráfico 11. Ruta de distribución para el vehículo A en el escenario 3.



El resultado inicial es un tiempo total de ruta de 364 minutos como mínimo, es decir 6,1 horas para atender a todos los clientes a través de los nodos AB, AH, BC, BD, BE, EG, CA, HA, DB, EB Y GE, teniendo como punto crítico o cuello de botella la atención de los nodos AH, BC, CA, EB y GE. Sin embargo, este esquema puede verse afectado por los horarios de recibo por parte de los clientes, factores relacionados a la seguridad y otros.

4.2.4 Escenario 4. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo B entre las 8:30 am y las 5:30 pm por el vehículo. La ruta óptima para este caso se presenta en la Tabla 17.

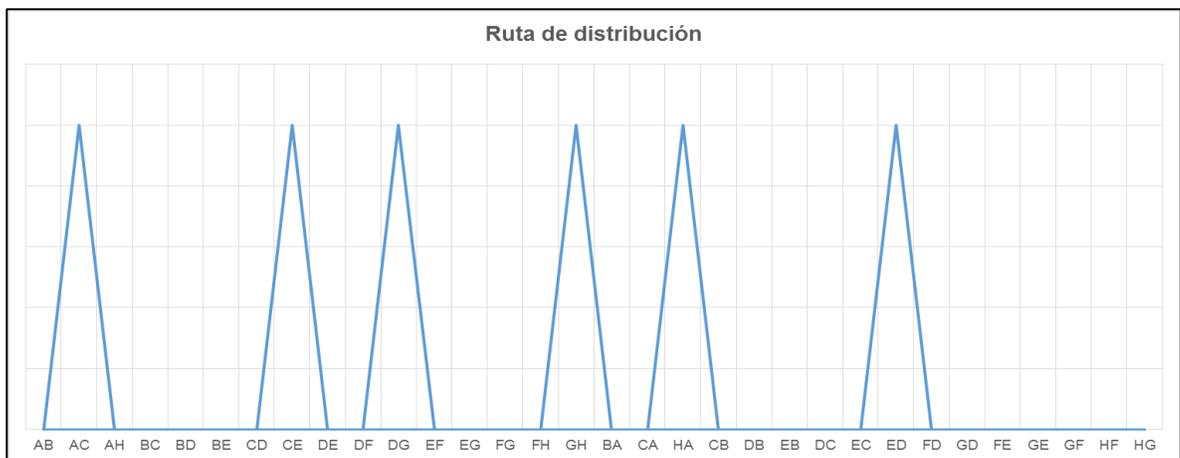
Tabla 17. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 4.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG				
NORMAL	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71				
AE	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127			
ED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	66			
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152			
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81			
																	Tiempo (min)										Tiempo (h)									
																	426										7,1									

En el caso de este escenario la configuración de nodos fue cambiada para obtener una ruta factible, si observamos la Tabla 17., los nodos utilizados en los escenarios que involucran al vehículo A son AD, DG, GH y HA, sin embargo, para obtener una solución factible para el vehículo B esta configuración cambio a AE, ED, DH y HA. A pesar del cambio en la configuración de zonas el resultado no se verá afectado ya que en los dos casos se atienden todas las zonas.

De acuerdo a este cambio de zonas obtuvimos un orden de ruta diferente donde el vehículo recorre las zonas AC, CE, DG, GH, HA y ED con el fin de atender a todos los clientes de las zonas en el tiempo más corto. Para realizar este proceso tardo 7,1 horas teniendo como cuello de botella el recorrido de la zona D a la zona H.

Gráfico 12. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 4.

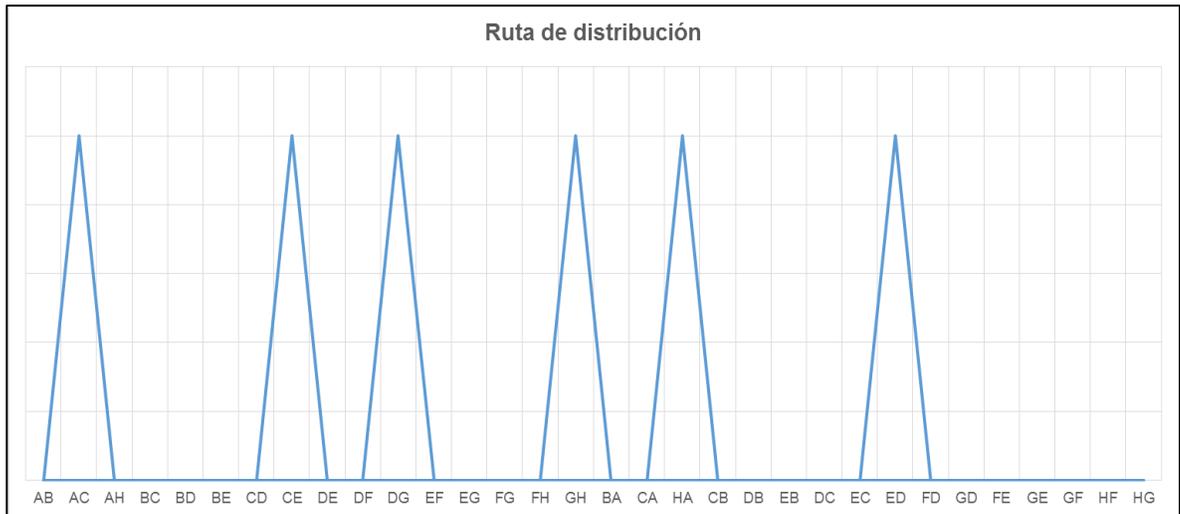


4.2.5 Escenario 5. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo B asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 6:30 am a 8:30 am. La Tabla 18., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

Tabla 18. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 5.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
REST. DIU	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94
AE	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tiempo (min)																Tiempo (h)															
	564																9,4															

Gráfico 13. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 5.



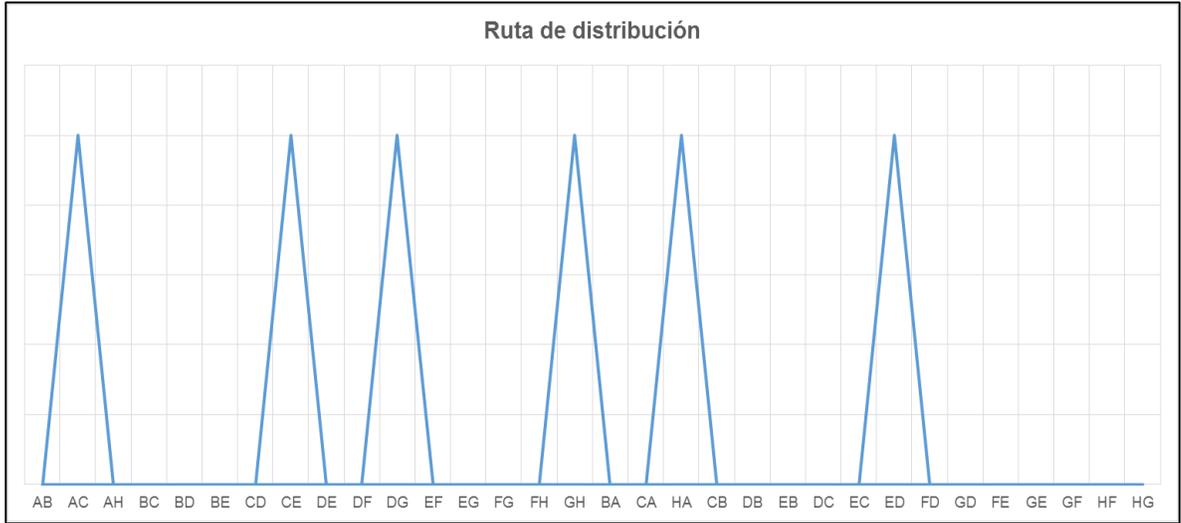
De igual forma que en el caso del vehículo A, para el vehículo B la ruta óptima no cambia, pero si aumenta su tiempo considerablemente (de 7,1 horas a 9,4 horas), esto nuevamente atribuido al tiempo de penalización que se asigna para compensar las tres horas en la mañana en las cuales los vehículos no pueden circular.

4.2.6 Escenario 6. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo B asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 5:00 pm a 7:30 pm. La Tabla 19., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

Tabla 19. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 6.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
REST. NOC	70	60	85	207	38	163	167	75	70	60	85	207	38	163	167	75	70	60	85	207	38	163	167	75	70	60	85	207	38	163	167	75
AE	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
DH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tiempo (min)																Tiempo (h)															
	450																7,5															

Gráfico 14. Ruta de distribución para el vehículo B en el escenario 6.



En el caso de este escenario existe una penalización horaria por la franja horaria en la cual el vehículo no puede circular, sin embargo, es mucho menor que el tiempo asignado al vehículo A en un escenario similar.

Finalmente, analizando los resultados de este escenario contra los otros podemos concluir que a pesar de las penalizaciones generadas para medir el impacto de las políticas públicas esto no influirá directamente en el orden en que se realiza la ruta, pero si en el tiempo necesario para atender a los clientes.

4.2.7 Escenario 7. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo C entre las 8:30 am y las 5:30 pm por el vehículo. La ruta óptima para este caso se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 7.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG		
NORMAL	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94		
AC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79
CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
EH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104

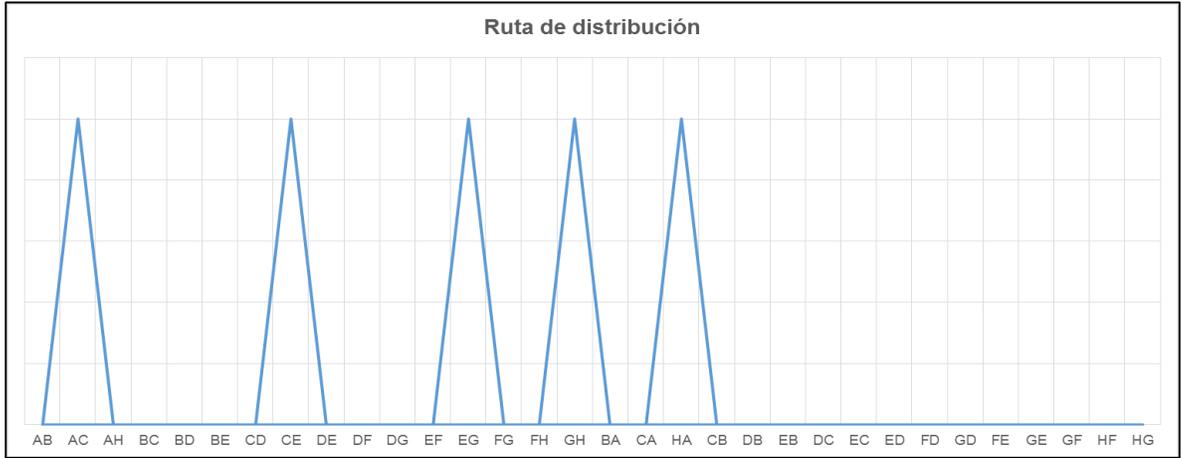
Tiempo (min)

428

Tiempo (h)

7,1

Gráfico 15. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 7.



Al igual que en el caso del vehículo B, fue necesario cambiar el orden de zonas para obtener un modelo factible, en este caso el conjunto de zonas apto para atender a todos los clientes es AC, CE, EH y HA; cabe resaltar que en ningún caso este cambio de zonas ha cambiado una de las restricciones iniciales donde tenemos como nodo inicial A y cliente final H.

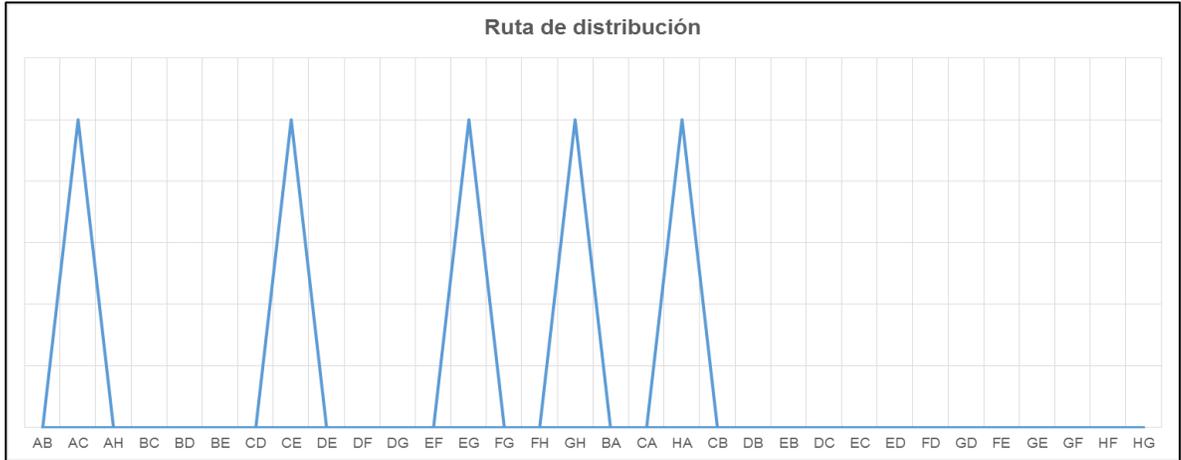
De acuerdo a esto obtuvimos un tiempo de ruta de 7,1 horas, tiempo similar para el mismo escenario en el vehículo B, pero con menos nodos y tiempos en cada zona más largos.

4.2.8 Escenario 8. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo C asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 6:30 am a 8:30 am. La Tabla 21., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

Tabla 21. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 8.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG			
REST. DIU	112	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117			
AC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102		
CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	
EH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127
	Tiempo (min)																Tiempo (h)																		
	543																9,1																		

Gráfico 16. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 8.



Validando la hipótesis propuesta en el Escenario 6., la incidencia de las políticas públicas sobre los procesos de transporte no está dada por el orden de que seguirá la ruta sino por el tiempo que tomará atender a todos los clientes.

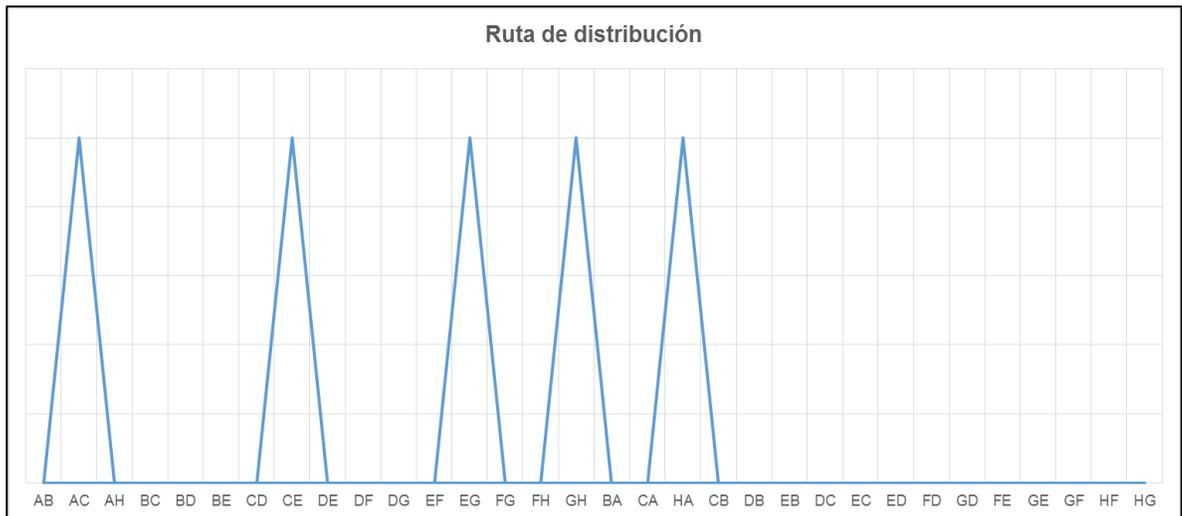
De acuerdo a esto, tenemos un incremento de dos horas en el caso de este escenario frente al escenario en horario normal, este incremento se traduce en más horas de trabajo por parte del transportador y su ayudante, más tiempo para completar la orden del cliente, mayor tiempo del vehículo en la vía y mayores emisiones generadas por esta actividad.

4.2.9 Escenario 9. Este escenario muestra el impacto de las políticas públicas en el proceso de distribución realizado por el vehículo C asumiendo la carga horaria generada por la restricción de movilidad de vehículos de carga entre 5:00 pm a 7:30 pm. La Tabla 22., resume los resultados arrojados por el modelo bajo estas condiciones.

Tabla 22. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 9.

NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG								
REST. NOC	93	83	108	230	61	186	190	98	93	83	108	230	61	186	190	98	93	83	108	230	61	186	190	98	93	83	108	230	61	186	190	98								
AC	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83							
CE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98						
EH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159						
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108						
																	Tiempo (min)												Tiempo (h)											
																	448												7,5											

Gráfico 17. Ruta de distribución para el vehículo C en el escenario 9.



En este escenario podemos ver cuán representativo es el cambio de zonas a atender para la reducción del tiempo, ya que en este caso el aumento generado por el tiempo agregado para simular el impacto de las políticas públicas sobre el proceso de distribución fue de solo 0,3 horas el menor impacto de todos escenarios.

Esto nos lleva a concluir que una menor cantidad de zonas a visitar y pasando más tiempo atendiendo a los clientes de cada una nos puede ayudar a mejorar nuestro proceso.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en los anteriores nueve escenarios se realizó un análisis general para determinar impactos de las políticas públicas sobre los procesos de distribución de forma general.

4.3 ANÁLISIS GENERAL

Además de los resultados encontrados en cada escenario es importante resaltar que la normativa vigente, a pesar de permitir la circulación en determinados horarios, no permite efectuar maniobras de cargue o descargue sobre vías arterias o sobre los accesos, salidas y/o conectantes a éstas, para vehículos de más de dos ejes. Además, en el caso de los vehículos de dos ejes o solo se permite desarrollar estas actividades entre las 8:30 horas a las 05:00 horas y entre las 07:30 horas y las 06:00 horas, atendiendo simplemente las previsiones sobre estacionamiento en vía.

De modo tal que es posible definir 3 áreas de impacto de las políticas públicas actuales sobre el proceso de distribución: recurso humano, desempeño de la

compañía y ciudadanía. El Cuadro 21., describe los impactos detectados en cada área.

Cuadro 21. Áreas de impacto de las políticas públicas en la distribución urbana

Área de impacto	Impactos detectados
Empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de enfermedad laboral por tener que movilizar los pedidos desde las zonas permitidas para estacionar hasta cada uno de los clientes. • Mayor tiempo de conducción aumenta los riesgos de accidentalidad por fatiga o distracción. • Incremento del nivel de estrés para organizar y llevar a cabo las actividades de reparto de mercancías. • Las rutas más largas implican que no necesariamente se puedan atender a todos los clientes en un solo día. • Los vehículos actualmente están cometiendo infracciones de tránsito para atender a los clientes lo que puede generar que la empresa tenga que asumir costos adicionales en caso de que se realicen comparendos. • Ubicación de gran cantidad de vehículos con bajos niveles de ocupación para atender una misma zona. • Incremento de la distancia recorrida, combustible y tiempo destinado por los vehículos para realizar la misma cantidad de tareas lo cual aumenta los costos de distribución. • Pérdida de ventas del cliente a los consumidores finales. • Aumento del personal necesario para hacer la distribución de mercancías.
Ciudadanía	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación generada por el movimiento de los vehículos de carga en la ciudad. • No satisfacción de sus necesidades en el momento exacto por producto agotado. • Reducción del espacio destinado para uso público por ocupación de vehículos de carga. • Reducción en la calidad de vida en la ciudad.

5. ANÁLISIS AMBIENTAL

Como toda actividad empresarial, el transporte de carga tiene repercusiones medioambientales como la contaminación, intrusión visual y ruido, entre otras molestias. Por ello, reconciliar la opinión pública con el transporte pesado constituye uno de los grandes retos del sector.

Es preciso que el sector tome conciencia de la situación y promueva una mayor aportación y participación activa en relación con el respeto hacia el medio ambiente y la reducción de los impactos negativos más evidentes de la actividad.

Con este contexto en mente se optó por elaborar una matriz de impacto ambiental alineada con el modelo de simulación y que funcione como apoyo para los tomadores de decisiones que buscan reducir el impacto ambiental de sus rutas de distribución. Esta matriz se resume en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Matriz de impacto ambiental

	 Aire	 Agua	 Energía	 Tierra	 Ruido	 Residuos	 Social
Normal	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio
Restricción diurna	Alto	Bajo	Medio	Medio	Medio	Bajo	Alto
Restricción Nocturna	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Medio

■ Alto
 ■ Medio
 ■ Bajo

Los impactos fueron clasificados en alto, medio y bajo para siete pilares o áreas de afectación sobre las cuales se analizaron los siguientes factores:

- **Aire.** Relaciona los impactos directos e indirectos asociados a la generación de emisiones de CO₂ y generación de material particulado a la atmósfera. Este es uno de los pilares que más se ve afectado por las operaciones de transporte por el uso de combustibles fósiles y la edad de los vehículos, por esto se asignó una

puntuación de afectación alta en las tres franjas del día a pesar de que un menor tiempo en ruta pueda ayudar a disminuir las emisiones.

- **Agua.** Relaciona los impactos directos e indirectos que generen alguna afectación en el recurso hídrico. Se otorgó un nivel bajo ya que no existe un impacto directo sino los impactos generados por las operaciones de transformación de combustibles o de los mismos vehículos.
- **Energía.** Como su nombre lo indica, relaciona los impactos directos e indirectos relacionados al consumo energético generado en la operación. En esta ocasión el nivel de impacto se asignó bajo el supuesto de que el tiempo de conducción es proporcional al consumo energético de los vehículos.
- **Tierra.** Este pilar relaciona los impactos en el uso de tierra generados por la operación. Al igual que en el pilar de agua, los impactos para el uso de tierra son indirectos y generados en gran parte por las infraestructuras generadas para facilitar el funcionamiento de los procesos de distribución.
- **Ruido.** Relaciona los efectos sonoros que pueden llegar a ser molestos para el ser humano, este factor se les asignó impactos medio y alto variando por la franja horaria en la que se produce frente a las actividades desarrolladas por la ciudadanía en esas mismas franjas para asignar de forma cualitativa un grado de molestia frente al ruido generado por la movilización de los vehículos y las actividades de carga y descarga.
- **Residuos.** Pilar que relaciona los impactos por la generación de residuos. Se asignó un nivel bajo para las tres franjas tomando en cuenta que los residuos no son directamente derivados de la operación.
- **Social.** Pilar asociado a los impactos sobre la ciudadanía y el personal que desarrolla las actividades de distribución urbana, se asignó el mayor impacto a la franja del día debido al impacto de las operaciones en flujo de tráfico, densidad vehicular, afectación a la salud por contaminación o estrés laboral y otros. Para las demás franjas horarias el impacto se bajó a medio considerando factores como seguridad o niveles de estrés por realizar las operaciones en ese horario.

Se espera que con las estrategias formuladas en el Capítulo 18., se reduzcan varios de los impactos generados por estas operaciones. El Cuadro 23., formula algunas estrategias para mitigar estos impactos, sin embargo, la cuantificación de esta mejora requiere de un análisis profundo para cada estrategia.

Cuadro 23. Estrategias de mitigación del impacto ambiental

	 Aire	 Agua	 Energía	 Tierra	 Ruido	 Residuos	 Social
Normal	<ul style="list-style-type: none"> Medición de huella de carbono Uso de vehículos alternativos Formación a conductores en eficiencia energética Mantenimiento preventivo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de combustibles alternativos Lavar flota de vehículos con agua reciclada 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir uso de aires acondicionados Reducir el uso de dispositivos electrónicos dentro del vehículo Evitar el funcionamiento en ralenti del vehículo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de centros de consolidación o distribución compartidos Transporte colaborativo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular Formación a conductores en técnicas de conducción 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de operaciones logísticas Transporte colaborativo Uso de vehículos alternativos para el reparto
Restricción diurna	<ul style="list-style-type: none"> Medición de huella de carbono Uso de vehículos alternativos Formación a conductores en eficiencia energética Mantenimiento preventivo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de combustibles alternativos Lavar flota de vehículos con agua reciclada 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir uso de aires acondicionados Reducir el uso de dispositivos electrónicos dentro del vehículo Evitar el funcionamiento en ralenti del vehículo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de centros de consolidación o distribución compartidos Transporte colaborativo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular Formación a conductores en técnicas de conducción 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de operaciones logísticas Transporte colaborativo Uso de vehículos alternativos para el reparto
Restricción Nocturna	<ul style="list-style-type: none"> Medición de huella de carbono Uso de vehículos alternativos Formación a conductores en eficiencia energética Mantenimiento preventivo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de combustibles alternativos Lavar flota de vehículos con agua reciclada 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir uso de aires acondicionados Reducir el uso de dispositivos electrónicos dentro del vehículo Evitar el funcionamiento en ralenti del vehículo 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de centros de consolidación o distribución compartidos Transporte colaborativo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular Formación a conductores en técnicas de conducción Uso de transporte alternativo 	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento vehicular 	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de operaciones logísticas Transporte colaborativo Uso de vehículos alternativos para el reparto Mantenimiento del vehículo

Es importante resaltar que el impacto de estas estrategias puede variar en cada flota vehicular por lo que se recomienda realizar un análisis de las mismas para determinar la estrategia que más se adapte a la operación de la compañía y cuáles pueden ser desarrollados con apoyo de los entes gubernamentales.

6. COSTOS FINANCIEROS DEL PROYECTO

El objetivo general de este proyecto plantea el diseño de un modelo para la medición del impacto de las políticas públicas logísticas sobre las operaciones de distribución urbana de las compañías sin embargo no existe un indicador financiero como la TIR o el VPN que nos permita hacer una evaluación puntual en el alcance proyectado para el proyecto. Por esta razón se optó por resaltar los rubros correspondientes a la inversión necesaria para el desarrollo de este proyecto y que se pueden observar en la Tabla 23.

Tabla 23. Inversión para el proyecto

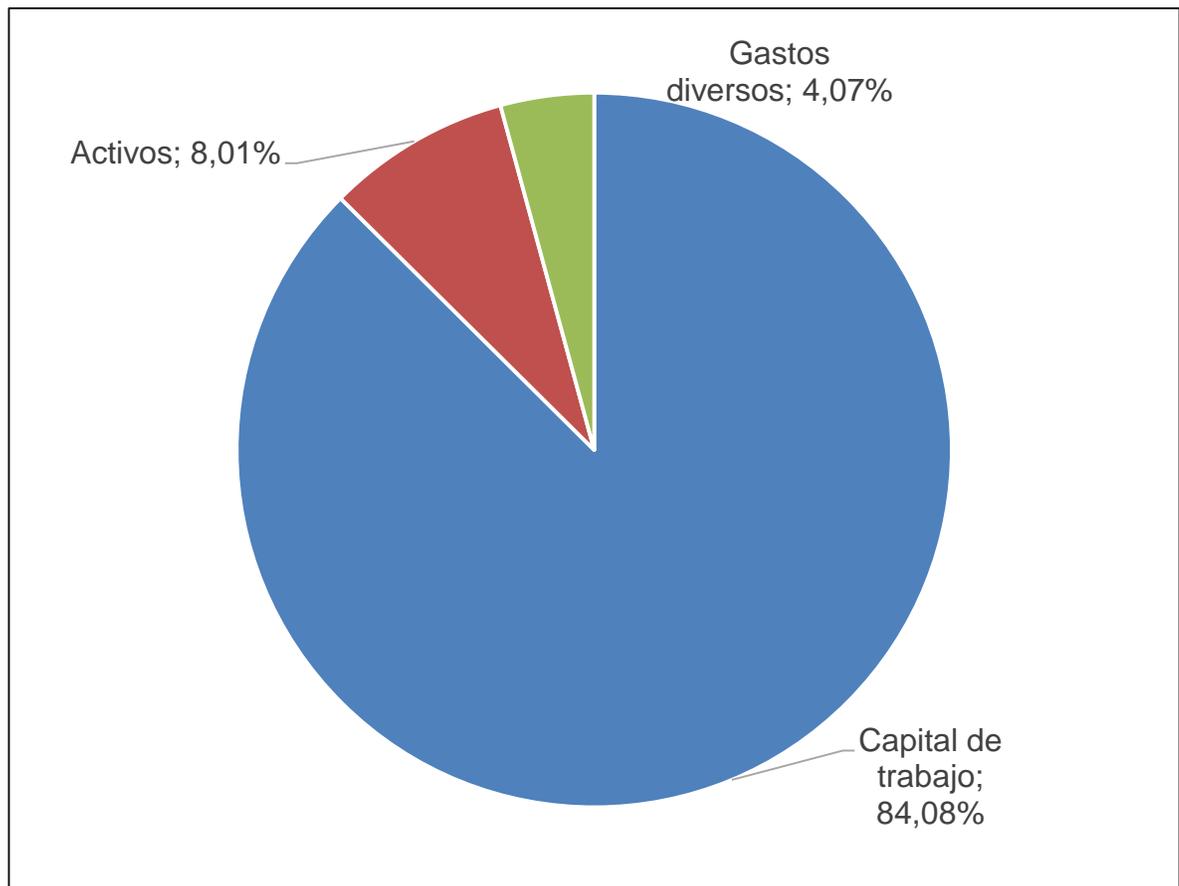
Ítems	Und.	\$/unidad	Q	Total	Fuente financiadora
Activos					
Software	Und.	\$230.000	1	\$230.000	Proponente
Computadora	Und.	\$1.100.000	1	\$1.100.000	Proponente
Total Activos					\$1.330.000
Capital de trabajo					
Investigador (Proponente)	HH	\$12.000	750	\$9.000.000	Proponente
Director	HH	\$40.000	100	\$4.000.000	Empresa
Orientador	HH	\$20.000	48	\$960.000	FUA
Total Capital de trabajo					\$13.960.000
Gastos diversos					
Misceláneos	Resma	\$73.000	2	\$146.000	Proponente
Gastos de transporte	Mes	\$75.000	9	\$675.000	Empresa
Total Otros Gastos					\$675.000
TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS					\$15.965.000
Imprevistos 4%					\$638.600
INVERSIÓN TOTAL					\$16.603.600

La Tabla 23., está compuesta por tres grandes grupos:

- **Activos.** Este grupo relaciona los rubros de activos del proyecto en los que se incluye el software de Office Profesional que nos da acceso a Excel y Solver y además encontramos el rubro del equipo de cómputo utilizado para diseñar el modelo.
- **Capital de Trabajo.** Relaciona los rubros del personal involucrado en el desarrollo del proyecto, el investigador (proyectista), el director y el orientador.
- **Gastos diversos.** Agrupa los rubros de gastos necesarios para el desarrollo del proyecto como impresiones, papel, gastos de transporte y otros.

La distribución de las inversiones se ve reflejada en el Gráfico 18., teniendo mayor participación el rubro de capital de trabajo que supera el 80% de la inversión total, esto dado principalmente por la dedicación horaria del personal, sin embargo se espera que este valor se reduzca en una futura implementación del proyecto.

Gráfico 18. Distribución porcentual de la inversión



Se resalta como ventaja del proyecto el hecho de los pocos gastos y activos necesarios para su desarrollo e implementación.

Es importante destacar la necesidad de la implementación del proyecto dentro de una operación real para evaluar costos asociados a los procesos de distribución e indicadores financieros.

A partir de esta implementación se pronostican variaciones dentro de los costos logísticos de las compañías al implementar la herramienta y algunas de las estrategias planteadas para la mejora de la distribución urbana, el Cuadro 24., resume de forma cualitativa las expectativas de cambio en el costo logístico.

Cuadro 24. Expectativas de cambio en el costo logístico

Componente del costo logístico	Cambio	Posibles factores de cambio
Transporte		Reducción de tiempos de distribución Costo de transporte compartido con otras compañías Optimización del uso de vehículos
Almacenamiento		Se mantiene hasta que se realice una intervención directa en el proceso
Compras y manejo de proveedores		Se mantiene hasta que se realice una intervención directa en el proceso
Procesamiento de pedidos al cliente		Costos generados por la implementación de infraestructuras logísticas especializadas o tecnologías para facilitar la operación, que permitan tomar decisiones más acertadas o reducir tiempos de proceso para aumentar niveles de servicio
Gestión de inventarios		Se mantiene hasta que se realice una intervención directa en el proceso
Logística reversa		Reduce los costos de transporte relacionados a la gestión de las devoluciones

Esta valoración cualitativa está sujeta a una validación por medio de la implementación de la herramienta en una compañía y el desarrollo de las estrategias propuestas a lo largo del documento.

7. CONCLUSIONES

- La vocación industrial de la ciudad y los flujos que circulan a través de ella son elementos clave para facilitar la inclusión de la ciudad dentro de la cadena de abastecimiento.
- Los impactos principales de las políticas públicas sobre los procesos de distribución se ven reflejados en el tiempo dedicado a realizar la distribución urbana y las consecuencias que genera para la empresa en costos y nivel de servicio.
- Las políticas públicas actuales, en vez de mitigar el impacto generado por los procesos de distribución de mercancía, están generando impactos en el uso del espacio público al no acompañar estas normativas de la creación de zonas especializadas para el cargue y descargue, suficientes para toda la flota vehicular.
- Las iniciativas públicas que buscan sacar los vehículos de carga de circulación también están incentivando la adquisición de más vehículos, ya que las compañías optan por comprar o contratar más vehículos que viajarán con menor ocupación pero que podrán atender a los clientes en el momento requerido.
- Se comprobó que los impactos de las políticas públicas sobre los procesos de distribución pueden ser medidos a través de un modelo de simulación de ruta, el cual permitirá además realizar un mejor proceso de toma de decisiones referentes al diseño de rutas y horarios de entrega.
- El modelo, además de ser una herramienta para la facilitación de la creación de rutas, permite conocer diferentes estrategias de reducción del impacto ambiental a través de la matriz de impacto ambiental.
- La inversión en capital de trabajo para este tipo de proyectos es elevada impulsado por el tiempo dedicado por cada uno a las actividades necesarias para la construcción del modelo.

8. RECOMENDACIONES

- Es necesario realizar la implementación del modelo en los procesos de distribución de una compañía para poder usar indicadores financieros que permitan medir la factibilidad de la elaboración de una herramienta más sofisticada.
- Es recomendable la implementación de este tipo de modelos en zonas de distribución más pequeñas como un barrio de modo que pueda aumentar la precisión en el tiempo de distribución en y se puedan tener en cuenta otro tipo de restricciones que están habilitadas para una sola zona.
- Se recomienda explorar las estrategias de transporte colaborativo, uso de centros de consolidación urbana y uso de medios de transporte alternativos para mitigar los impactos de las políticas públicas actuales sobre los procesos de distribución, el medio ambiente y la calidad de vida de los ciudadanos.
- Para el sector público, se recomienda elaborar pilotos zonales y a nivel de la ciudad para determinar qué tipo de políticas públicas pueden ser las más aptas para mejorar problemáticas de tráfico, calidad de vida ciudadana, entre otros, en cada punto de la ciudad.
- Se recomienda el desarrollo de un plan de mejoramiento de la infraestructura física actual por parte del gobierno distrital y además la implementación de esquemas de asociaciones público privadas que faciliten la financiación de las obras necesarias.
- Finalmente se recomienda explorar modelos de simulación más robustos que permitan medir el impacto de la totalidad de políticas públicas que pueden influir en los procesos logísticos para poder definir estrategias de mejora más exactas.

BIBLIOGRAFÍA

ALBERICH, Joan. 2010. Módulos Universitarios de Desarrollo Sostenible. El crecimiento de la población mundial los últimos tres siglos. [En línea] Universitat Rovira I Virgili, 2010. [Citado el: 19 de 09 de 2015.] http://www.desenvolupament-sostenible.org/index.php?option=com_content-&id=3&Itemid=22&lang=es

ANTÚN, Juan Pablo. Distribución Urbana de mercancías: Estrategias con centros logísticos. Departamento de Infraestructura y medio ambiente, Banco Interamericano de Desarrollo. 2013. R40, R49

ALBERICH, Joan. 2010. Módulos Universitarios de Desarrollo Sostenible. El crecimiento de la población mundial los últimos tres siglos. [En línea] Universitat Rovira I Virgili, 2010. [Citado el: 19 de 09 de 2015.] http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=-com_content-&id=3&Itemid=22&lang=es

ANDI. Colombia: Balance 2011 y perspectivas 2012.Sector Financiero. Bogotá: s.n., 2012.

ARCHILA, Andres. Logística y Movilidad Urbana - Políticas públicas e innovación... Ibagué: LOGYCA / INVESTIGACIÓN, 2015.

BANCO DE LA REPÚBLICA. Datos Económicos y Financieros de Colombia. [En línea] 08 de 02 de 2016. [Citado el: 09 de 02 de 2016.] <http://www.banrep.gov.co/estad/dsbb/fmicolom.htm>.

BARBERO, Jose. Logística y políticas públicas. Arica, Chile: BID, 2009.

BOGOTÁ COMO VAMOS. 2015. Infraestructura vial, una deuda pendiente. [En línea] Bogotá cómo vamos, 23 de junio 2015. [Citado el: 6 de marzo de 2015.] <http://www.bogotacomovamos.org/blog-/infraestructura-vial-una-deuda-pendiente/>

BOGOTÁ DIGITAL. 2016. Tráfico en Bogotá. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.bogotadigital.net/page/servicios>

BOUTON, SHANNON, Y OTROS. How to make a city great. s.l.: McKinsey & Co., 2013.

CAMACHO, Hernando, GÓMEZ, Karol y MONROY, Camilo. Importancia de la cadena de suministros en las organizaciones. Panamá: Megaprojects: Building Infrastructure by fostering engineering collaboration, efficient and effective integration and innovative planning, 2012.

CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Posicionamiento Competitivo de Bogotá. Bogotá: s.n., 2014

COMENDADOR, Julio; LÓPEZ, María; MONZÓN, Andrés. Madrid The Seventh International Conference on City Logistics: A GPS analysis for urban freight distribution: Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2012, Vol. 39.

CÓRDOBA, Jorge. Revista de logística. Una mirada urbana. [En línea] LEGIS, 18 de 03 de 2010. [Citado el: 09 de 09 de 2015.] <http://www.revistadelogistica.com/una-mirada-urbana.asp>.

DANE, 2012. Densidad poblacional colombiana. [En línea] 2015. Citado el: [27 de 12 de 2015.] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_\(poblaci%C3%B3n_por_departamentos_2012\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_de_Colombia_(poblaci%C3%B3n_por_departamentos_2012).svg)

_____. 2016. Gran encuesta integrada de hogares. [En línea] 29 de enero de 2016 [Citado el 15 de febrero de 2016] <http://www.dane.gov.co/index.php/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>

_____. Encuesta Anual Manufacturera Bogotá. Bogotá s.n., 2006.

_____. GRAN ENCUESTA INTEGRADA DE HOGARES. Boletín técnico. [En línea] 01 de 2016. [Citado el: 15 de 03 de 2016.] http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech-/bol_empleo_ene-_16.pdf.

_____. ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR. IPC BASE 2008. [En línea] Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 03 de 2016. [Citado el: 13 de 03 de 2016.] <http://www.dane.gov.co/index.php/precios-e-inflacion/indice-de-precios-al-consumidor>.

DANE, FMI; 2015. Cuentas nacionales y departamentales.

DINERO. Congestión poblacional en Bogotá. País. [En línea] Publicaciones Semana, 4 de 10 de 2015. [Citado el: 26 de 12 de 2015.] <http://www.dinero.com/pais/articulo/densidad-poblacional-bogota/207534>.

DNP. Colaboración. Bogotá, D.C. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversionesyfinanzaspublicas/Bogota2015.pdf>

_____. Dividendos de la paz. 2015. PPT

EL ESPECTADOR. Tecnología en transporte. [En línea] 2010. [Citado el: 14 de 03 de 2016] <http://www.elespectador.com/vivir/autos/tecnologia-transporte-articulo-209248>

FERNÁNDEZ, Iván. Modelización de la distribución urbana de mercancías. [En línea] 2008. [Citado el: 10 de Mayo de 2016.] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5790/05.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

GARCÍA, M. Cadena de suministros. México: s.n., 2006, II.

GOBIERNO DE COLOMBIA. Plan Maestro de Transporte Intermodal. Bogotá: s.n., 2015.

HIDALGO, Darío. 2015. Infraestructura y transporte en el Plan Nacional de Desarrollo. [En línea] Razón Pública, 25 de mayo de 2015. [Citado el: 06 de marzo de 2016]. <http://www.razonpublica.com/-index.php/politica-y-gobierno-temas-27/8483-infraestructura-y-transporte-en-el-plan-nacional-de-desarrollo>

HIDALGO, David y MEJÍA, Christopher. Logística. Logística en megaciudades. [En línea] LOGYCA, 05 de 2014. [Citado el: 26 de 12 de 2015.] http://www.logyca.com/Boletin_Mayo-_2014/Logistica.aspx.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grados y otros trabajos. Investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: en instituto, 2008 p. 1

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: el instituto, 2008, p. 12.

_____. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: el instituto, 1998, p. 12.

INVEST IN BOGOTÁ. Bogotá Logística. Política Pública Logística Bogotá Región. [En línea] 2015. [Citado el: 23 de 08 de 2015.] <http://es.investinbogota.org/-politica-publica-logistica-bogota-region>.

_____. Bogotá se destaca como centro del desarrollo tecnológico en Colombia 3.0. [En línea] 03 de 09 de 2013. [Citado el: 23 de 12 de 2015.] <http://es.investinbogota.org/bogota-se-destaca-como-centro-del-desarrollo-tecnologico-en-colombia-30>.

JALLER, Miguel. Public and private sector initiatives to improve the freight system in metropolitan areas. Bogotá: I Congreso Internacional de Industria y Organizaciones: Logística para la competitividad, 2014.

LIBREROS, Ulpiano. 2012. La logística social urbana y la movilidad. Implicaciones del transporte y de la distribución urbana de mercancías en la movilidad de las ciudades. [En línea] CODATU XIV [Citado el: 02 de 03 de 2016] <http://www.codatu.org/wp-content/uploads/La-logistica-social-y-comercial-urbana-y-la-movilidad-Ulpiano-Libreros.pdf>

LOGYCA. 2015. Política Pública Logística. [En línea] 22 de diciembre de 2015. [Citado el: 6 de marzo de 2015] <http://investigacion.logyca.org/home/prueba-politica-publica-logistica>

MESA, Diego. City Logistics: Un enfoque para la gestión del proceso de distribución urbano de carga. [En línea] 2004. [Citado el: 29 de 3 de 2016.] <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal20del20Ciudadano/PlaneacionMunicipal/Secciones/Publicaciones/Documentos/MemoriasForoAlimentos/CITLOGISTICSMESSA.pdf>.

MILLER, C.E.; TUCKER, A.W.; ZEMLIN, R.A. "Integer Programming formulation of traveling salesman problems". Journal of Association for Computing Machinery. 7.1960. Pág. 326-329.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=469:plantilla-cambio-climatico-25>.

MINISTERIO DE TRANSPORTE; MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO; DIAN; DNP: DIES. Documento Conpes 3547. Política Nacional Logística. República de Colombia: Departamento Nacional de Planeación, 2008.

MINISTERIO TIC. El Plan Vive Digital. [En línea] 2014. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-6106.html>. OEA. Elecciones Legislativas (14 de marzo) y Presidenciales (30 de mayo) de Colombia. Misiones electorales. [En línea] Departamento de Prensa y Comunicaciones OEA, 14 de 03 de 2010. [Citado el: 29 de 12 de 2015.] <http://www.oas.org/electoralmissions/MisionesElectorales/Colombia2010/FichaTecnica/SistemaPolADtico/tabid/910/language/en-US/Default-.aspx>.

PORTAFOLIO. 2015. 15 % de ventas de empresas colombianas se van en logística. [En línea] Empresas, 26 de agosto de 2015. [Citado el: 06 de marzo de 2016] <http://www.portafolio.co/-negocios/empresas/15-ventas-empresas-colombianas-logistica-29164>

_____. Revolución urbana en Colombia. [En línea] 27 de 02 de 2015. [Citado el: 6 de 1 de 2015.] <http://www.portafolio.co/economia/expansion-ciudades-colombia-2015>.

_____. 2015. Redacción Economía. Plan Maestro de Transporte Intermodal, estrategia a 20 años.

PwC; EUROPEAN BUSINESS SCHOOL; SUPPLY CHAIN MANAGEMENT INSTITUTE. Transporte y logística 2030: Infraestructura de transporte ¿motor o freno de mano para las cadenas de suministro globales? s.l.: PricewaterhouseCoopers S.L, 2011.

SANTAMARÍA, M; ROJAS, N y HERNÁNDEZ. 2013. Crecimiento económico y conflicto armado en Colombia. En Archivos de economía. Documento 400. DNP. Colombia

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. Plan de gestión ambiental del Distrito Capital P.G.A. 2008 - 2038. [En línea] 12 de 2009. [Citado el: 20 de 12 de 2015.] http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document_library/get_file?uuid=1d1c4032-35cd-453f-8316-e24054db7926&groupId=55886.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN DE BOGOTÁ. Portal SDP. ¿Qué es el POT? [En línea] Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014. [Citado el: 09 de 09 de 2015.] http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/POT_2020/Que_Es.

_____. 2013. Reloj de Población. [En línea]. [Citado el: 23 de 12 de 2015.] <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/Reloj-DePoblacion>

_____. 2016. Población por localidad. [En línea]. [Citado el: 10 de 04 de 2016.] <http://www.sdp.gov.co/portal/page/portal/PortalSDP/InformacionTomaDecisiones/Estadisticas/RelojDePoblacion>

SEMANA. 2014. Bogotá ¿Cuál es la infraestructura urbana pendiente? [En línea] Redacción Nación, 25 de enero 2014. [Citado el: 6 de marzo de 2015.] <http://www.semana.com/nacion/articulo/-infraestructura-urbana-pendiente-en-la-capital/371918-3>

STEER DAVIES GLEAVE. 2009. Estudio para determinar la matriz OD de carga y desarrollo de acciones para la regulación de la logística de carga interna de la ciudad. Contrato 1797 de 2009.

_____. 2015. Actualización y ajuste de la matriz origen destino de transporte de carga en la ciudad de Bogotá DC. Bogotá: s.n.

SUBGERENCIA CULTURAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Rama ejecutiva. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/politi-ca/rama_ejecutiva.

_____. Rama judicial. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas-/politica/rama_judicial.

_____. Rama legislativa. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de 12 de 2015.] http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas-/politica/rama_legislativa.

THE COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT. RLEC. Reverse Logistics Executives' Council. p.8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO NEGRO. Evaluación del impacto ambiental. [Lectura]. 2013, 4 p.

VICEPRESIDENCIA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Plan Maestro de Transporte 2015-2035, el horizonte de Colombia: Vargas Lleras. [En línea] 25 de 11 de 2015. [Citado el: 19 de 12 de 2015.] <http://www.vicepresidencia.gov.co/prensa/2015-/Paginas/Plan-Maestro-de-Transporte-2015-2035-el-horizonte-de-Colombia-151125.aspx>.

VILLAR, L y FORERO, D (2014) Escenarios de vulnerabilidad fiscal para la economía colombiana. Colombia: Fedesarrollo

WILLIAMS, Jann, 2001. Biodiversity Theme Report. Australia: CSIRO. 0 643 06749 3.

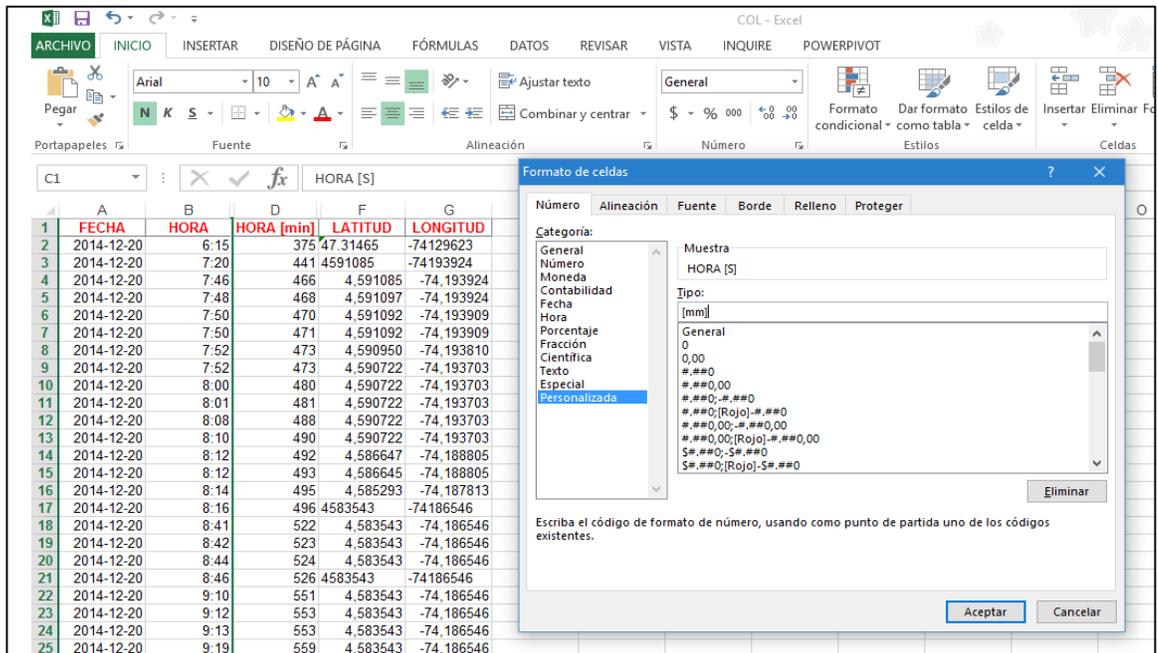
ZANINOVICH, Dimitri. 2014. Implementando la política nacional de logística. Departamento Nacional de Planeación. Santiago de Cali. Septiembre 19 de 2014.

ANEXO A
CONSTRUCCIÓN DE LA TABLA DE TIEMPO EN RUTA

La tabla de tiempo de ruta se construye a partir de la información GPS suministrada por la compañía, los pasos necesarios para construirla se explican a continuación:

- **Estandarice el formato de hh:mm:ss a mm.** Para realizar esto debe seleccionar la columna donde se encuentra la información de hora de registro de GPS, selecciónela todos los registros de la misma. A continuación, en la pestaña inicio diríjase a la sección número y de clic en la lista desplegable y seleccione “Más formatos de pantalla”, de clic en “Personalizado” y en la barra continua a “Tipo” escriba “[mm]” y así obtendrá el formato adecuado para calcular tal como se puede ver en la Imagen 23.

Imagen 23. Cambio de formato de hh:mm:ss a mm



- **Calculo de diferencia entre registros.** A continuación, cree una nueva columna junto a la columna de tiempo estandarizada y nómbrala como “Diferencia”, esta columna contendrá el tiempo entre un registro y otros. Para calcularlo escriba en la primera casilla la formula “=D3-D2” y de doble clic en el pequeño cuadro verde que aparece en la esquina inferior de la celda para copiar la formula a toda la columna (Ver Imagen 24.)

Imagen 24. Calculo de la diferencia de tiempos entre registros

	A	B	D	E
1	FECHA	HORA	HORA [min]	Diferencia
2	2014-12-20	6:15	375	=D3-D2
3	2014-12-20	7:20	441	25
4	2014-12-20	7:46	466	2
5	2014-12-20	7:48	468	2

- **Selección de valores representativos.** Los GPS generan registros de geolocalización cada 5 minutos por lo cual cada registro no ubica a un cliente necesariamente, por lo que de acuerdo al criterio del autor se decidió filtrar los valores superiores a 11 minutos y denominarlos como zonas. Para realizar esto de clic en la pestaña “Datos” y a continuación de clic en “Filtro”, esto creará una lista desplegable en todos los títulos de las columnas. De clic en la lista desplegable de la columna “Duración” y quite la selección a los valores inferiores a 11 minutos, como se ve en la Imagen 25.

Imagen 25. Selección de valores representativos

	A	B	D	E	F	G	H	I	J
1	FECHA	HORA	HORA [mi]	Diferencia	LATITUD	LONGITUD			
2	2014-1	Ordenar de menor a mayor			47.31465	-74.129623			
3	2014-1	Ordenar de mayor a menor			4591085	-74.193924			
4	2014-1	Ordenar por color			4.591085	-74.193924			
5	2014-1	Borrar filtro de "Diferencia"			4.591097	-74.193924			
6	2014-1	Filtrar por color			4.591092	-74.193909			
7	2014-1	Filtros de número			4.591092	-74.193909			
8	2014-1	Buscar			4.590950	-74.193810			
9	2014-1				4.590722	-74.193703			
10	2014-1				4.590722	-74.193703			
11	2014-1				4.590722	-74.193703			
12	2014-1				4.590722	-74.193703			
13	2014-1				4.590722	-74.193703			
14	2014-1				4.586647	-74.188805			
15	2014-1				4.586645	-74.188805			
16	2014-1				4.585293	-74.187813			
17	2014-1				4583543	-74.186546			
18	2014-1				4.583543	-74.186546			
19	2014-1				4.583543	-74.186546			
20	2014-1				4.583543	-74.186546			
21	2014-1				4583543	-74.186546			
22	2014-1				4.583543	-74.186546			
23	2014-1				4.583543	-74.186546			
24	2014-1				4.583543	-74.186546			
25	2014-12-20	9:19	559	2	4.583543	-74.186546			
26	2014-12-20	9:21	561	2	4.584898	-74.186852			

- **Validación de datos.** Algunos eventos durante el día como las paradas realizadas por alimentación pueden generar variaciones anormales en los datos o también se pueden generar registros en periodos de tiempo lejano en las mismas coordenadas, por lo que se debe realizar una verificación de los datos disponibles y eliminar las filas con datos repetidos.
- **Creación de nodos.** Con los datos anormales eliminados podemos asignar un nodo a cada registro (Ver Imagen 26.).

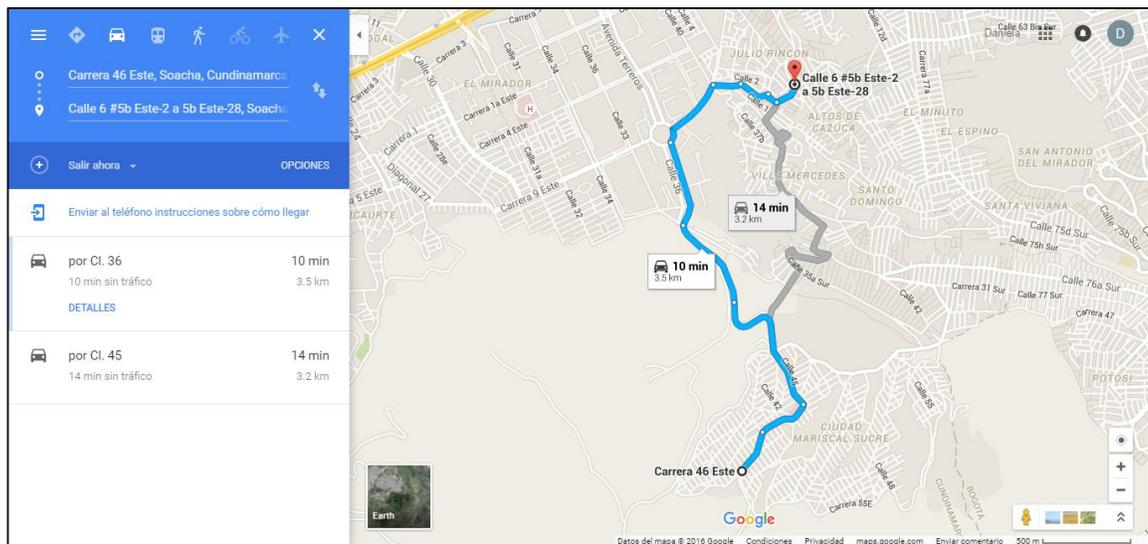
Imagen 26. Nodos de ruta iniciales

HORA	HORA [S]	HORA [min]	Diferencia	LATITUD	LONGITUD	
6:15	22513	375	66	4.731465	-74.129623	A
7:20	26451	441	56	4.591085	-74.193924	B
8:16	29782	496	81	4.583543	-74.186546	C
9:37	34636	577	203	4.581175	-74.187157	D
13:00	46820	780	34	4.567603	-74.186012	E
13:34	48872	815	159	4.563762	-74.189255	F
16:13	58427	974	163	4.568562	-74.184258	G
18:57	68231	1137	71	4.755812	-74.149277	H

Estos registros iniciales nos dan la combinación de ruta seleccionada por el transportador durante ese día por lo que debemos generar un diagrama de ruta como el Diagrama 6., para detectar todas las posibles combinaciones.

- **Calcular tiempos de ruta en nodos restantes.** Como no tenemos registro de todos los nodos posibles debemos usar la herramienta Google Maps para calcular el tiempo de recorrido entre el origen y destino de los nuevos nodos. Para esto usaremos las coordenadas asignadas al origen y al destino en la Imagen 19., y las buscaremos en la herramienta para que pueda calcular la ruta como se ve en la Imagen 27.

Imagen 27. Tiempos de ruta en nodos faltantes



Se recomienda tomar el tiempo más largo para reducir las variaciones por tráfico que se puedan presentar, una vez completado este paso para todas las combinaciones se habrá completado la tabla de Tiempo de ruta para el vehículo.

Como resultado de este ejercicio se obtuvo la Tabla 24., con la información de tiempos de ruta para los vehículos A, B y C.

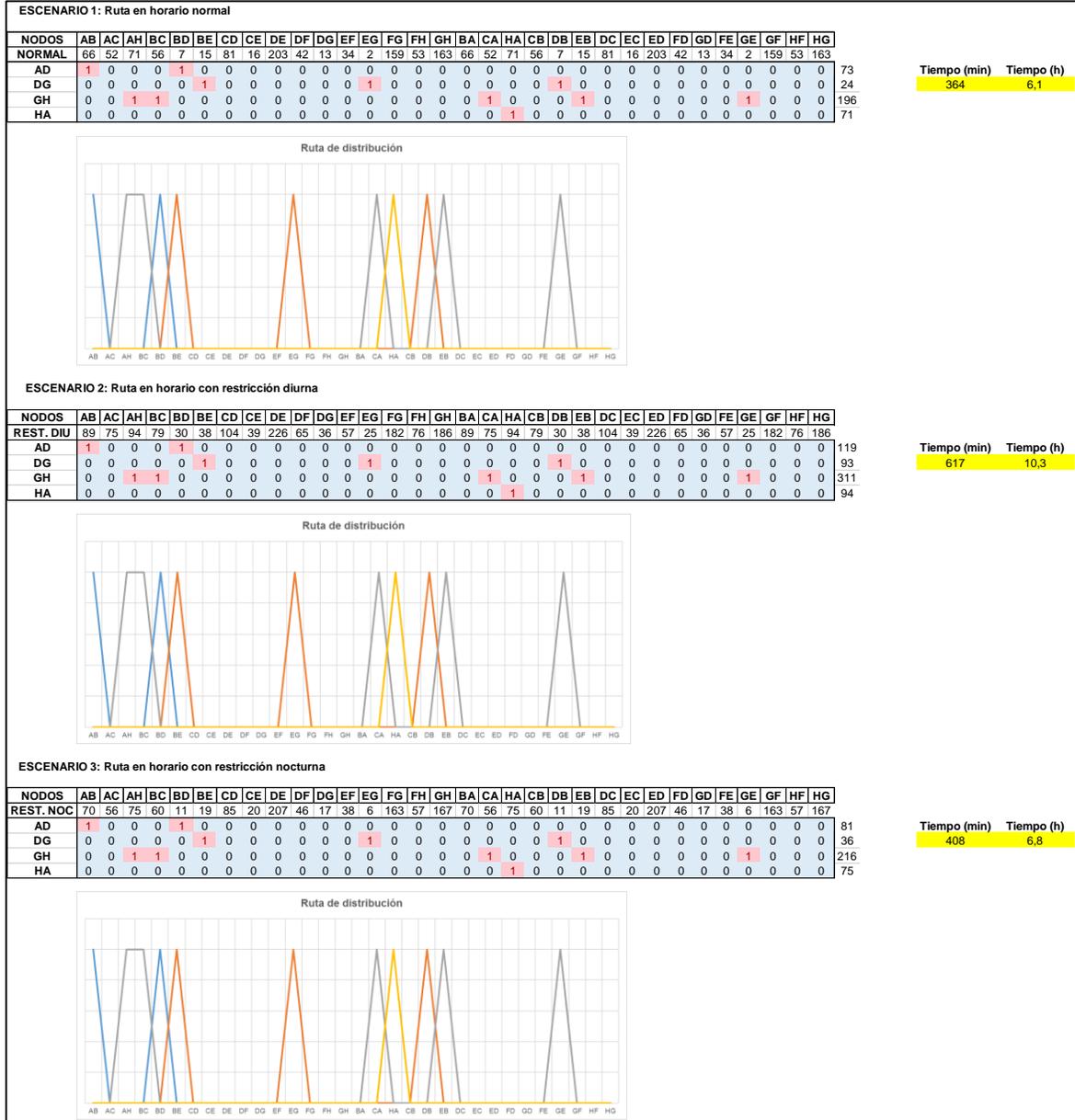
Tabla 24. Tiempos de ruta para vehículos A, B, C

VEH_A	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163	66	52	71	56	7	15	81	16	203	42	13	34	2	159	53	163
	REST. MÑ	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186	89	75	94	79	30	38	104	39	226	65	36	57	25	182	76	186
	REST. NO	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167	70	56	75	60	11	19	85	20	207	46	17	38	6	163	57	167
VEH_B	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71	66	56	81	203	34	159	163	71
	REST. MÑ	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20	30	68	78	132	62	163	116	20
	REST. NO	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50	25	177	66	185	69	103	24	50
VEH_C	NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG
	NORMAL	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	104	226	57	182	186	94	89	79	##	226	57	182	186	94	89	79	##	226	57	182	186	94
	REST. MÑ	53	91	101	155	85	186	139	43	53	91	101	155	85	186	139	43	53	91	##	155	85	186	139	43	53	91	##	155	85	186	139	43
	REST. NO	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73	48	200	89	208	92	126	47	73

ANEXO B
RESULTADOS DEL MODELO PARA EL VEHÍCULO A

En la Imagen 28., se resumen los resultados arrojados por el modelo de simulación para las tres franjas horarias.

Imagen 28. Resultados del modelo para el vehículo A



ANEXO C
RESULTADOS DEL MODELO PARA EL VEHÍCULO B

En la Imagen 29., se resumen los resultados arrojados por el modelo de simulación para el vehículo B en las tres franjas horarias.

Imagen 29. Resultados del modelo para el vehículo B



ANEXO D
RESULTADOS DEL MODELO PARA EL VEHÍCULO C

En la Imagen 30., se resumen los resultados arrojados por el modelo de simulación para el vehículo C en las tres franjas horarias.

Imagen 30. Resultados del modelo para el vehículo C



ANEXO E
MANUAL DE USO DE LA HERRAMIENTA

La presente herramienta es un modelo de centro de masa diseñado para simular rutas de distribución urbana y obtener la ruta óptima en términos de tiempo, adaptadas a las restricciones horarias de movilidad de vehículos de carga y franjas permitidas para el desarrollo de operaciones de cargue y descargue en la ciudad de Bogotá.

Esta herramienta posee cuatro componentes básicos:

- **Plantilla de instrucciones.** Contiene la descripción gráfica básica de la herramienta.
- **Tiempo de ruta.** Contiene los datos de entrada referente a los tiempos de distribución normal entre cada zona.
- **Modelo final.** Contiene el modelo de centro de masa que calcula la ruta óptima en términos de tiempo.
- **Resultado gráfico.** Muestra a través de un diagrama los nodos que se deben visitar dentro de la ruta óptima.

Conociendo cada uno de estos componentes se deben seguir X pasos para obtener la ruta de distribución óptima.

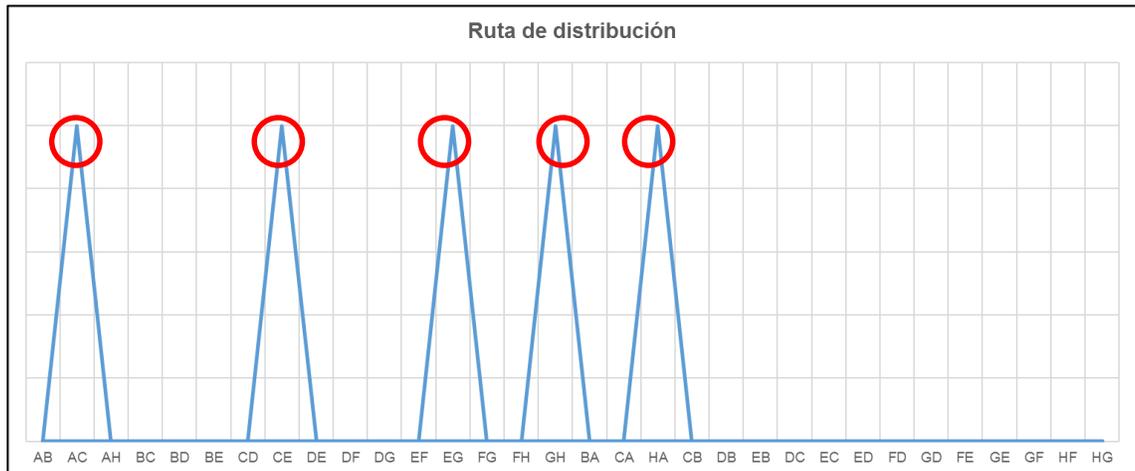
1. Abrir el archivo Excel con el nombre “Modelo logístico VF.xlms”
2. Dar clic en la hoja con el nombre “Instructivo”, esta hoja permite identificar las secciones del modelo final
3. Una vez reconocidos las secciones del modelo de clic en la hoja “Tiempo de ruta”, en esta hoja deberá alimentar los datos de tiempo origen – destino de un nodo a otro en tiempo normal, tal como se explica en el Anexo A., una vez introducidos los valores en tiempo normal la herramienta calculará de forma automática el tiempo de ruta entre nodos con las restricciones diurnas y nocturnas
4. Dar clic en la hoja con el nombre “Modelo final” en la zona de resultados (identificada en el instructivo en el paso 2.)
5. Seleccione la franja en la cual desea conocer la ruta óptima dando clic en la flecha como se ve en la Imagen 28.

Imagen 28. Selección de franja de distribución

MODELO FINAL																																	
NODOS	AB	AC	AH	BC	BD	BE	CD	CE	DE	DF	DG	EF	EG	FG	FH	GH	BA	CA	HA	CB	DB	EB	DC	EC	ED	FD	GD	FE	GE	GF	HF	HG	Tiempo zona
REST. DIU	2	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117	112	102	127	249	80	205	209	117	102
REST. DIU	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117
REST. NODO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	197	
EH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	
HA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	543	

- Después de seleccionar la franja de distribución, la herramienta calculará de forma automática la ruta óptima, identifique esta ruta como la secuencia de nodos bajo los cuales aparece una casilla roja con el número 1.
- Al final de la sección de resultados se encuentra el tiempo de recorrido de una zona a otra (Tiempo zona) y el tiempo total de ruta (Tiempo), estos resultados están dados en minutos.
- Una vez calculada la ruta óptima, dar clic en la hoja "Resultado gráfico" en la cual se encuentra un diagrama de línea donde cada pico señala un nodo a visitar, tal como se ve en la Imagen 29.

Imagen 29. Resultado gráfico



- Repita desde el paso 3 para cada ruta que desee evaluar.

ANEXO F
PÉRFIL DE EXPERTOS

Como complemento al diagnóstico basado en fuentes literarias y estadísticas disponibles, se elaboró una encuesta a cuatro expertos en distribución de mercancía urbana. Los perfiles de estos expertos se describen en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Perfil de expertos en distribución urbana

Experto	Pérfil
Experto 1	Ingeniero aeronáutico con maestría en ingeniería industrial con énfasis en logística de la Pontificia Universidad Javeriana y graduado del programa GCLOG (<i>Graduate Certificate in Logistics and Supply Chain Management</i>) ofrecida por el MIT (<i>Massachusetts Institute of Technology</i>), actualmente se encuentra desarrollando su doctorado en el <i>Zaragoza Logistics Center</i> (ZLC) de España en temas de distribución urbana en mercados emergentes. Posee más de 8 años de experiencia en el desarrollo de proyectos de investigación, consultoría y formación en temas relacionados a la logística, distribución en megaciudades, sostenibilidad en redes de valor a nivel internacional. Reconocido conferencista participante de eventos en países como Colombia, Ecuador, Estados Unidos y Alemania.
Experto 2	Ingeniero de sistemas con maestría en administración de negocios (MBA) con amplia experiencia en Gerencia de Proyectos basados en Sistemas de Información y Consultoría en servicios tecnológicos a nivel de la región de América Latina. Posee diez años de experiencia en administración de proyectos para procesos de formación, consultoría e investigación en gestión logística y cadena de abastecimiento, especialista en proyectos de tecnología para las cadenas de abastecimiento. implementación de plataformas tecnológicas para negocios de alta complejidad en la industria de consumo masivo logrando el desarrollo de soluciones logísticas en los procesos <i>End-to-End</i> de abastecimiento y distribución de producto.
Experto 3	Magíster en ingeniería industrial con énfasis en logística de la Universidad Nacional, donde también adelantó sus estudios de pregrado en ingeniería industrial. Posee cinco años de experiencia ejecutando proyectos para diferentes entidades gubernamentales nacionales y locales enfocados en logística urbana. También cuenta con experiencia en el modelado de sistemas complejos y el desarrollo de aplicaciones de optimización a la medida. Adicionalmente su experiencia académica incluye la certificación GCLOG (<i>Graduate Certificate in Logistics and Supply Chain Management</i>) ofrecida por el MIT (<i>Massachusetts Institute of Technology</i>). Ha sido ponente en diferentes conferencias internacionales, en países como Alemania, Estados Unidos y Colombia.
Experto 4	PhD., en Ingeniería Industrial con énfasis en logística del Instituto Tecnológico de Monterrey, donde también adelantó sus estudios de maestría y pregrado en el mismo campo, actualmente se desempeña como asociado postdoctoral en de la Universidad Técnica de Eindhoven, Holanda; enfocado a temas de distribución de última milla y modelos econométricos aplicados a la planeación de la demanda. Posee más de diez años de experiencia desarrollando proyectos de investigación, consultoría y formación en temas relacionados a la logística y las redes de valor. Ha sido conferencista en diferentes conferencias nacionales e internacionales y además actúa como reconocido revisor académico a nivel internacional.

ANEXO G
MODELO LOGÍSTICO FINAL

Ver archivo adjunto en CD.