

1-1-2016

Modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio next day en dhl supply chain Bogotá

Paula Andrea Duarte Guzmán
Universidad de La Salle, Bogotá

Leidy Marcela Gómez Garzón
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial

Citación recomendada

Duarte Guzmán, P. A., & Gómez Garzón, L. M. (2016). Modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio next day en dhl supply chain Bogotá. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/8

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Industrial by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**MODELO DE CAPACIDAD PARA LA FLOTA DE TRANSPORTE DEL
SERVICIO NEXT DAY EN DHL SUPPLY CHAIN BOGOTÁ**

AUTORAS

**PAULA ANDREA DUARTE GUZMÁN
LEIDY MARCELA GÓMEZ GARZÓN**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA D.C.
2016**

**MODELO DE CAPACIDAD PARA LA FLOTA DE TRANSPORTE DEL
SERVICIO NEXT DAY EN DHL SUPPLY CHAIN BOGOTÁ**

**Proyecto de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad
de La Salle**

AUTORAS

**PAULA ANDREA DUARTE GUZMÁN
LEIDY MARCELA GÓMEZ GARZÓN**

DIRECTOR

M.Sc. Ing. ÓSCAR MAYORGA TORRES

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA D.C.
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

DEDICATORIA

Con la culminación de este proyecto, se cierra una de las etapas más importantes de mi vida, pero a la vez se abren nuevos caminos para complementar todas las enseñanzas que he tenido gracias a mi familia y docentes, por lo que considero necesario dedicar este gran esfuerzo a: A Dios porque me guía y me ha dado la sabiduría para ir por buenos caminos, en los cuales he encontrado buenas personas, quienes me han apoyado a lo largo de mi vida, brindando experiencias muy buenas y felicidad.

A mi familia, en especial a mis padres pues me han dado el apoyo para tener mi carrera profesional como Ingeniera Industrial, tengan por seguro que no los defraudare y siempre estaré con ustedes retribuyéndoles todo lo que me han dado. A mis hermanos por su apoyo incondicional y por alegrar mis días de dificultades. A mi novio, ya que ha sido la persona que me ha impulsado a no desfallecer y a seguir adelante con mi proyecto de vida, siempre buscando cosas mejores.

A mi amiga y compañera de proyecto porque hemos pasado muchos momentos juntas, sean buenos o malos de los cuales hemos aprendido y nos hemos apoyado para seguir adelante superando los obstáculos que se nos han presentado.

Leidy Marcela

DEDICATORIA

Con la culminación de este proyecto termina una gran etapa en mi vida, que ha estado de llena de muchas experiencias nuevas, gratificantes, malas y buenas, pero todas me han enseñado algo y me han formado como persona. Este esfuerzo se lo quiero dedicar:

A Dios por todas las bendiciones que me ha dado, por la vida, por ser mi guía en los momentos de dificultades, y por darme la sabiduría y la fuerza para seguir adelante y superar cualquier inconveniente.

A mis padres por la educación que me han brindado, por el esfuerzo que hacen para darme las mejores oportunidades, por la educación, por su apoyo y por todo, porque por ellos me he formado como soy; son mi ejemplo a seguir, mi motor y mi mayor bendición. Siempre haré hasta lo imposible por retribuirles todo lo que me han dado.

A toda mi familia, mis abuelos, tíos, tías y primos, por siempre estar presentes, por todas las experiencias vividas y porque me han enseñado muchas cosas para la vida. Siempre cuentan conmigo y este esfuerzo también lo dedico a ustedes.

Al mejor amigo que nadie tuvo en el mundo, que desde el cielo sé que está orgulloso de mi y que desde allá me apoya en lo que haga.

A mi compañera de proyecto y amiga, hemos compartido muchas cosas y ha sido un gran apoyo. Espero sean más años de amistad y le deseo lo mejor, gracias por llevar a feliz término este proyecto.

Paula Andrea

AGRADECIMIENTOS

En primera medida queremos agradecer a Dios por la vida y las oportunidades que hemos tenido a lo largo de esta, por todos los aprendizajes y experiencias, porque a pesar de las dificultades que se presentaron siempre tuvimos la fuerza para seguir adelante.

La empresa DHL Supply Chain Bogotá y al Ingeniero Giovanni Alejandro Acevedo Cortes, por brindarnos el apoyo, información, medios y recursos pertinentes para ello, confiando en la necesidad y aporte tanto para el equipo de trabajo de la misma como para el desarrollo formativo en la academia.

Al Ingeniero Oscar Mayorga Torres, director de este proyecto por parte de la Universidad de La Salle, por el apoyo y colaboración durante el desarrollo del proyecto; al Ingeniero Raúl Fabián Roldan Nariño por acompañarnos durante la etapa de validación del modelo propuesto.

A todos los educadores y directivos del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle por su tiempo y dedicación en nuestra formación como profesionales integrales para apoyar la transformación social y productiva del país.

A nuestras familias en especial a nuestros padres, quienes han sido el pilar para el logro de nuestras metas, por el esfuerzo que hacen para brindarnos la mejor calidad de vida y grandes oportunidades, por los valores inculcados y porque son un ejemplo a seguir, también a los amigos por su continuo apoyo y comprensión durante este proceso formativo.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes en el desarrollo de este proyecto.

Las Autoras

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN..... | 13 |
| ABSTRACT | 14 |
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| CAPÍTULO I: GENERALIDADES | 16 |
| 1.2. Descripción del Problema..... | 16 |
| 1.3. Formulación del Problema | 18 |
| 1.4. Justificación del Problema..... | 18 |
| 1.5. Objetivos | 20 |
| 1.5.1. General | 20 |
| 1.5.2. Específicos | 20 |
| 1.6. Delimitación | 20 |
| 1.7. Metodología..... | 22 |
| CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIAS | 24 |
| 2.1. Marco Teórico | 24 |
| 2.2. Marco Conceptual | 25 |
| 2.2.1 Cadena de suministro | 25 |
| 2.2.2 Capacidad de Procesos | 25 |
| 2.2.3 Flota de Transporte | 26 |
| 2.2.4 Logística..... | 26 |
| 2.2.5 Modelo | 27 |
| 2.2.6 Satisfacción del Cliente..... | 27 |
| 2.2.7 Sistema de Gestión de Transporte..... | 27 |
| 2.2.8. VRP (Vehicle Routing Problem) | 28 |
| 2.3. Marco Legal | 28 |
| 2.4. Antecedentes | 29 |
| CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS | 33 |
| 3.1. Diagnóstico del Estado Actual del Servicio Next Day en DHL Supply Chain..... | 33 |
| 3.2. Formulación del Modelo de Capacidad para la Flota de Transporte del Servicio Next Day en DHL Supply Chain | 57 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.1 Características del modelo y supuestos | 57 |
| 3.2.2. Formulación del modelo | 57 |
| 3.2.3. Resultados del modelo | 59 |
| 3.3. Contraste del Modelo de Capacidad..... | 61 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 67 |
| 4.1. Conclusiones | 67 |
| 4.2. Recomendaciones | 70 |
| BIBLIOGRAFÍA | 71 |
| ANEXOS | 74 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1: Servicios de DHL Supply Chain..... | 18 |
| Tabla 2: Clientes de DHL Supply Chain. | 33 |
| Tabla 3: Cantidad de Servicios por Cliente en Next Day. | 35 |
| Tabla 4: Totalidad de Servicios con Nueva Categoría..... | 35 |
| Tabla 5: Clasificación de las zonas..... | 47 |
| Tabla 6. Resultado del modelo del 25 de abril de 2016..... | 60 |
| Tabla 7. Resultado del modelo del 26 de abril de 2016..... | 60 |
| Tabla 8. Resultado del modelo del 27 de abril de 2016..... | 60 |
| Tabla 9. Resultado del modelo del 28 de abril del 2016..... | 61 |
| Tabla 10. Resultado del modelo del 29 de abril de 2016..... | 61 |
| Tabla 11: Comportamiento del 25 de abril de 2016..... | 62 |
| Tabla 12: Comportamiento del 26 de abril de 2016..... | 63 |
| Tabla 13: Comportamiento del 27 de abril del 2016..... | 63 |
| Tabla 14: Comportamiento del 28 de abril del 2016..... | 64 |
| Tabla 15: Comportamiento del 29 de abril de 2016..... | 65 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estadística Entregas Tardías del Servicio Next Day. DHL Supply Chain. | 17 |
| Figura 2. Estadística Tipo de Transporte del Servicio Next Day. DHL Supply Chain | 17 |
| Figura 3. Estadística Modalidades del Servicio Next Day. DHL Supply Chain | 19 |
| Figura 4. Ubicación de DHL Supply Chain..... | 21 |
| Figura 5. Zonificación de Bogotá D.C., para DHL Supply Chain..... | 22 |
| Figura 6. Metodología de Trabajo..... | 23 |
| Figura 7. Porcentaje de Participación de los Clientes de DHL Supply Chain..... | 34 |
| Figura 8. Destinos del Servicio Next Day | 34 |
| Figura 9. Participación por Cliente en Next Day | 35 |
| Figura 10. Participación de Clientes con Nueva Categoría | 36 |
| Figura 11. Porcentaje del Nivel de Cumplimiento del Servicio Next Day | 36 |
| Figura 12. Porcentaje de Servicios entregados fuera del ETA | 37 |
| Figura 13. Porcentaje de Servicios entregados a tiempo | 37 |
| Figura 14. Porcentajes por Tipo de Causal para los Servicios entregados fuera del ETA . | 38 |
| Figura 15. Pareto de las causales fuera del ETA..... | 38 |
| Figura 16. Porcentajes por Tipo de Causal para los Servicios entregados a tiempo..... | 39 |
| Figura 17. Pareto Causales para los Servicios entregados a tiempo | 40 |
| Figura 18. Ishikawa para el servicio Next Day en DHL Supply Chain..... | 40 |
| Figura 19. Comportamiento de IBM..... | 42 |
| Figura 20. Comportamiento de la demanda de IBM..... | 42 |
| Figura 21. Comportamiento de GMO..... | 43 |
| Figura 22. Comportamiento de la Demanda GMO..... | 44 |
| Figura 23. Comportamiento Lexmark..... | 45 |
| Figura 24. Comportamiento de la demanda de Lexmark..... | 45 |
| Figura 25. Comportamiento Otros Clientes | 46 |
| Figura 26. Comportamiento de demanda de otros Clientes..... | 47 |
| Figura 27. Zonas del servicio Next Day | 48 |
| Figura 28. Comportamiento en la Zona 1 (Centro)..... | 48 |
| Figura 29. Comportamiento Zona 2 (Chapinero 1)..... | 49 |
| Figura 30. Comportamiento Zona 3 (Chapinero 2)..... | 50 |
| Figura 31. Comportamiento Zona 4 (Norte 2) | 50 |
| Figura 32. Comportamiento Zona 5 (Zona Industrial)..... | 51 |
| Figura 33. Comportamiento Zona 6 (Calle 80)..... | 51 |
| Figura 34. Comportamiento Zona 7 (Sur)..... | 52 |
| Figura 35. Comportamiento Zona 8 (Sabana Occidente) | 52 |
| Figura 36. Comportamiento Zona 9 (Sabana Norte) | 53 |
| Figura 37. Número de Servicios en el 2015..... | 54 |
| Figura 38. Número de Servicios en el 2016..... | 54 |

| | |
|--|----|
| Figura 39. Número de Servicios por Día | 55 |
| Figura 40. Cantidad de Repuestos por Día | 55 |
| Figura 41. Peso Transportado por Día | 56 |
| Figura 42. Volumen Transportado por Día | 56 |
| Figura 43. Comparación Porcentaje de Utilización de los Vehículos | 65 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo A. Ficha Técnica de los Vehículos..... | 75 |
| Anexo B. Solicitud de Información SDM | 76 |
| Anexo C. Numeración Destinos | 78 |
| Anexo D. Resultados del Modelo | 83 |
| Anexo E. Ejemplo Ruta y Unidades de Carga del 29 de abril..... | 86 |

RESUMEN

DHL Supply Chain es una de las divisiones empresariales que tiene DHL, la cual está presente en muchos países del mundo y en la actualidad su sede en Bogotá presenta problemas los cuales necesitan ser intervenidos ya que estos están ocasionando costos adicionales a la empresa y una insatisfacción en los clientes ya que no se cumple con los acuerdos pactados con los clientes especialmente en el tiempo de entrega.

El presente proyecto propone el desarrollo de un modelo el cual está dirigido a la sección de logística en transportes de DHL Supply Chain, ya que es la encargada de tomar decisiones acerca de este tema, además de evaluar si esta es viable y factible en la organización.

Para lograr esto se investigará acerca de las variables necesarias y las restricciones que se presentan dentro del modelo esto se llevara a cabo por medio de procedimientos heurísticos y metaheurísticos según se requiere, con base en esto se busca la mejora en la flota que presenta la empresa actualmente, aumentar la satisfacción de los clientes y por consiguiente la disminución en las multas cobradas a la empresa por causa del incumplimiento en los tiempos de entrega.

PALABRAS CLAVE: Modelo, Transporte, Capacidad, Flota.

ABSTRACT

DHL Supply Chain is one of the business divisions that have, DHL is present in many countries of worldwide and currently your seat in Bogotá presents problems which need to be intervened, as these are causing additional costs to the company and dissatisfaction in customers because it does not comply with the agreements made with customers especially in delivery time.

This project proposes the development of a model which is directed to the section of logistics transport DHL Supply Chain, since it is responsible for making decisions on this subject, in addition to assessing whether this is feasible and practicable in the organization.

To achieve this will be investigated about the necessary variables and constraints presented in the model this is carried out by means of heuristics and metaheuristics as required. Based on this, is sought the improvement in the fleet that presents the company currently, increase customer satisfaction and therefore the decrease in the fines charged to the company because of default in delivery times.

KEYWORDS: Model, Transport, Capacity, shipping

INTRODUCCIÓN

La empresa DHL se encuentra presente en más de 220 países del mundo y brinda a sus clientes soluciones para diferentes necesidades logísticas que se puedan presentar, se convierte en un socio que es capaz de hacer entregas de cualquier tipo de carga a cualquier lugar, dando una atención personalizada a todos sus clientes. DHL cuenta con varias divisiones empresariales dentro de las cuales se encuentra DHL Supply Chain, donde ofrecen soluciones de la cadena de suministro a medida de las diferentes industrias como logística inversa y entrega final de productos o partes.

En este trabajo se realiza la formulación de un modelo de capacidad para la empresa con el fin de cumplir con la promesa de servicio adicionalmente se espera una mejora en los procesos y la fidelización de los clientes, para continuar consolidándose como una de las empresas más importantes del país y del mundo en relación a los operadores logísticos que prestan sus servicios en Bogotá. También se pretende mostrar algunas de las herramientas que ofrece la ingeniería industrial como aportes que se dan a la solución de diferentes tipos de problemas dentro de la industria.

Esta investigación está dividida en cuatro partes: en el capítulo I, se presenta la descripción, formulación y justificación del problema, los objetivos, la delimitación y la metodología en donde se muestra el origen de la investigación, a donde se quiere llegar con esta y como se logrará el cumplimiento de las metas planteadas.

En el capítulo II, se podrán conocer los diferentes conceptos como capacidad de procesos y flotas de transporte, temas como investigación de operaciones los cuales se eligieron como base de la investigación, también se tuvieron en cuenta aspectos legales que rigen el funcionamiento de la empresa y que pueden llegar a afectar las soluciones brindadas por el proyecto, por último, se seleccionaron algunos trabajos enfocados al tema de modelamiento de capacidad.

En el capítulo III, se desglosa el desarrollo de la investigación la cual está determinada por cada uno de los objetivos planteados, mostrando en estas los resultados obtenidos. Para terminar en el capítulo IV, se exponen las conclusiones a las cuales se llegaron y las recomendaciones que se hacen a la empresa para el mejoramiento de su operación.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

El presente capítulo mostrara el origen de la investigación, como se pretende realizar y que metas se quieren lograr.

1.2. Descripción del Problema

Una de las herramientas más importantes en DHL Supply Chain es la flota de transporte, la cual se realiza por outsourcing, es decir subcontratan una flota fija y una flota variable, con esta última se suplen los envíos que no se pueden realizar con la flota fija que ya tiene contratada la empresa, esta presenta un manejo directo y completo sobre los automotores que están usando. Actualmente esta división tiene algunos problemas debido a que la capacidad disponible de la flota que poseen es menor a la necesaria para cubrir los requerimientos de los clientes y en muchas ocasiones no se cumple con el tiempo establecido.

Por otra parte la empresa tiene que tener en cuenta que si no cumple con los tiempos pactados se le impartirá una multa por entregar el o los productos por fuera del ETA (tiempo aproximado de entrega), esto sucede cuando los clientes realizan la queja que el servicio contratado no ha llegado y la empresa no informa oportunamente a ellos que los productos no llegarán en el tiempo pactado ya sea por falta de vehículos en la flota de transporte, por problemas en la movilidad o por otros motivos que retrasen la entrega, es importante resaltar que si la empresa le informa al cliente que el servicio está retrasado y no llegará dentro del ETA no se aplicará la multa sin embargo el cliente calificará el servicio como malo o deficiente lo cual afecta el área Supply Chain.

De acuerdo a datos históricos del periodo entre agosto del 2015 y marzo del 2016 (se amplió el rango de fechas en comparación a las presentadas en el anteproyecto para poder elaborar un diagnóstico más extenso), se puede identificar que la empresa presenta un 6% de servicios tardíos en el servicio Next Day (Ver Figura 1), lo que es una mala estadística ya que esto implica pago de multas, contratación de servicio de transporte adicional para poder cumplir con la demanda actual y una baja percepción del cliente debido a la calificación que este da al servicio.

Servicios Entregados en Bogota

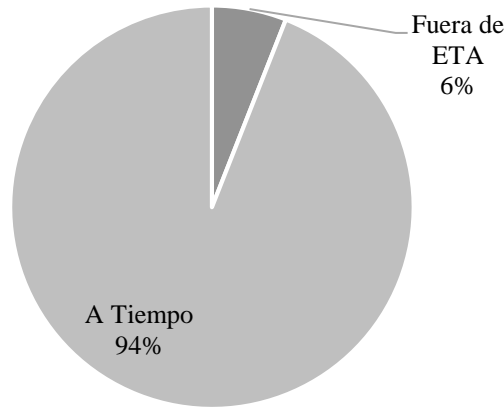


Figura 1. Estadística Entregas Tardías del Servicio Next Day. DHL Supply Chain.
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Las causas que generan el problema anteriormente descrito son: en primer lugar la capacidad de la flota de transporte, ya que esta es insuficiente para prestar los servicios demandados y sobre todo en los tiempos pactados; en segundo lugar la empresa no presenta la programación adecuada para el enrutamiento de los medios de transporte de acuerdo a la zona, al tipo de producto y al tipo de servicio; seguido la movilidad, la cual es un factor influyente en que no se cumpla con los tiempos pronosticados para la entrega debido a que en Bogotá existen grandes problemas de desplazamiento, como por ejemplo: mucho tráfico, falta de vías principales con un flujo vehicular adecuado y mala infraestructura en cuanto a las calzadas. La empresa a la hora de prestar un servicio debe tener en cuenta cada uno de los factores mencionados para poder cumplirle al cliente para generar satisfacción en ellos y una fidelización sin incurrir en costos innecesarios.

Para realizar los servicios la empresa utiliza dos tipos de transporte los cuales consisten en moto y carro, pero el que más se utiliza es el de carro como se identifica en la siguiente gráfica:

Tipo de Transporte

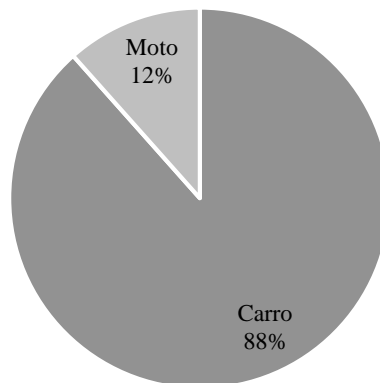


Figura 2. Estadística Tipo de Transporte del Servicio Next Day. DHL Supply Chain
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Gracias a esto se puede definir que la capacidad de la flota de transporte es el aspecto más importante ya que la empresa no realiza ruteo pues este se encuentra a cargo del outsourcing contratado por ende no es un factor que dependa de la empresa DHL Supply Chain o del servicio Next Day y tampoco de la problemática de las vías y de movilidad.

1.3. Formulación del Problema

En la actualidad DHL Supply Chain por cada servicio que presta es evaluada por el nivel de cumplimiento que presenta ya que es indispensable para los clientes y para la empresa el desempeño que se tiene en las operaciones para lo cual se plantea el siguiente interrogante: ¿Cómo formular un modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio Next Day de DHL Supply Chain buscando cumplir con la promesa de servicio?

1.4. Justificación del Problema

Los procesos logísticos en la cadena de suministro han sido de gran importancia ya que buscan coordinar los recursos y optimizar las operaciones a realizar en una empresa, con el propósito de reducir los costos. El buen manejo logístico que se realice puede traer grandes beneficios para lo cual hay que tener claridad acerca de los procesos y el manejo que se les da. La empresa cuenta con siete tipos de servicios (Ver Tabla 1) para los clientes los cuales se identifican por la cantidad de tiempo que tiene la empresa para entregar un servicio. El tipo de servicio es solicitado por el cliente y es indispensable para la empresa cumplir con estos tiempos. A continuación, se pueden identificar en la siguiente tabla los diferentes tipos de servicio:

Tabla 1. Servicios de DHL Supply Chain

| <u>Tipo de Servicio</u> |
|-------------------------|
| 1 Hora |
| 2 Horas |
| 4 Horas |
| Am-pm |
| Next Day |
| Taylor Delivery |
| Aeropuerto |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

De acuerdo a una entrevista que se realizó en la empresa DHL Supply Chain se definió que el proyecto se enfocara en el servicio Next Day, ya que es esencial evaluar la capacidad disponible que presenta actualmente la empresa puesto que por cada servicio que se retrasa la empresa tendrá que cancelar una penalidad del 10% sobre el valor de la factura despachada lo cual está afectado los costos de la misma y también la subcontratación que realizan de flota variable. El servicio Next Day también presenta una serie de modalidades de servicios definidas en:

- Entrega: Consiste en el transporte de producto o partes desde la bodega de DHL Supply Chain hasta un punto B.
- Recogida: Es el transporte de producto o partes desde un punto A hasta la bodega de DHL Supply Chain.

- Traslado: Radica en el transporte de material entre dos puntos, donde la carga no pasa por la bodega de DHL Supply Chain.
- RoundTrip: Es el transporte desde la Bodega de DHL Supply Chain hasta un punto B, con el retorno del material.

En la siguiente grafica se presenta la frecuencia de cada una de las modalidades, se puede definir que la Entrega de productos es la modalidad de servicio que se realiza con más regularidad con un 58%, seguido de la Recogida de productos con 25%, RoundTrip con un 15% y en último lugar el Traslado de un producto con un 2%.

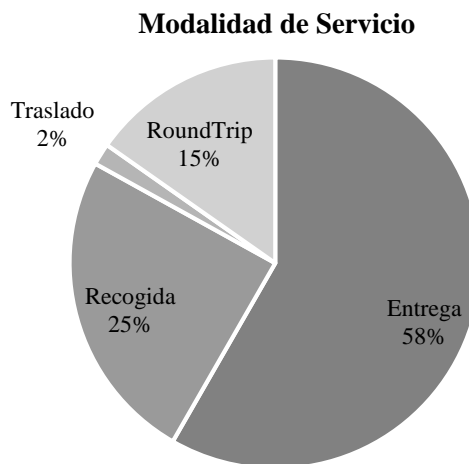


Figura 3. Estadística Modalidades del Servicio Next Day. DHL Supply Chain
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

De igual manera DHL Supply Chain brinda un servicio especializado a los diferentes clientes por todo Bogotá, la cual está dividida en nueve zonas para facilitar el servicio Next Day. Estas zonas son:

- Centro
- Chapinero 1
- Chapinero 2
- Calle 80
- Zona industrial
- Norte 2
- Sur
- Sabana occidente
- Sabana norte

Asimismo la empresa presta el servicio fuera de Bogotá, aunque su mercado potencial se encuentra dentro de la capital del país. La presente propuesta está dirigida a la empresa DHL Colombia en la división de Supply Chain, es de gran importancia ya que además de afianzar y poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera se quiere mejorar los procesos logísticos realizados en la empresa con relación a la cadena de suministro por medio de sugerencias y criterios realizando análisis interno y externo de la misma.

Lo que se propone es realizar un modelo para el sistema actual de transporte en la empresa DHL Supply Chain para mejorar con esto los tiempos de entrega en los productos solicitados por los clientes, es decir, los que actualmente la empresa mide con el indicador ETA (tiempo aproximado de entrega) y así lograr mayor satisfacción en el cliente ya que se brindara un servicio más oportuno, seguro y conforme a lo que él está solicitando.

Esto se quiere realizar puesto que para la compañía es esencial presentar un cien por ciento en la satisfacción de los clientes porque estos solicitan un servicio que es especializado y brindado por la empresa, pero si el servicio no llega en el tiempo pactado el cliente presentará una insatisfacción y calificará el servicio como malo o insuficiente. DHL Supply Chain tiene como oportunidad informar al cliente que el servicio solicitado no llegará en el tiempo acordado (antes de que se cumpla el ETA), de esta manera no se impartirá ninguna multa a la empresa lo que afectaría los ingresos de la misma y aumentaría costos, los cuales son innecesarios y se pueden mejorar mediante el modelo ya que si se optimiza la flota de transporte, la empresa contará con la capacidad adecuada para brindar un excelente servicio.

De igual forma se debe realizar una verificación de desempeño del modelo. Lo que se quiere lograr con este en la flota de transporte es cumplir con la promesa de servicio, aumentando en la rapidez y flujo de información, eliminando desperdicios y generando una mayor satisfacción del cliente.

1.5. Objetivos

1.5.1. General

Proponer un modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio Next Day usando herramientas de ingeniería en la empresa DHL Supply Chain Bogotá buscando el cumplimiento de la promesa de servicio.

1.5.2. Específicos

- Diagnosticar el estado actual de los servicios ofrecidos por la flota de transporte del servicio Next Day identificando oportunidades de mejora.
- Formular el modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio Next Day por medio de herramientas de ingeniería industrial mejorando y estandarizando los procesos teniendo en cuenta las variables más sensibles.
- Contrastar el modelo de capacidad en la empresa DHL Supply Chain en el servicio Next Day verificando la efectividad del plan propuesto.

1.6. Delimitación

a. Temática:

- DHL Supply Chain es una empresa que brinda una solución logística a los clientes y un servicio especializado como lo son la planificación, aprovisionamiento, producción, almacenamiento y entrega de devoluciones logísticas con el fin de asegurar el flujo logístico de la empresa y de los clientes.

- Cadena de suministro involucra todos los factores interesados divididos en diferentes niveles como lo son proveedores, almacenes, línea de producción, mayoristas y minoristas además se encuentra el canal de distribución donde es posible ubicar a DHL Supply Chain, todo esto con el fin de satisfacer la necesidad del cliente final.
 - Modelamiento matemático y simulación para optimizar la flota de transporte de la empresa, para esto se requiere de conocimientos específicos de la Ingeniería Industrial como lo son gestión de operaciones, programación y gracias a estas herramientas se podrá lograr con los objetivos propuestos.
- b. Espacial: El proyecto se realizará en DHL Supply Chain Bogotá, el cual está ubicado en la dirección Carrera 85 D # 46 A.

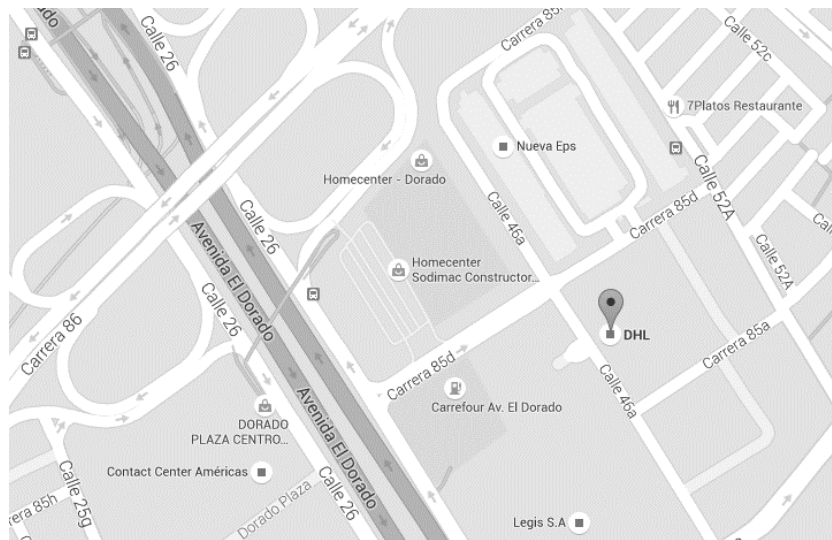


Figura 4. Ubicación de DHL Supply Chain

Fuente: Basado en (Google Maps)

También se presenta una delimitación espacial global ya que DHL Supply Chain presta sus servicios a todo Bogotá dividido en nueve zonas como se mencionó anteriormente, dependiendo de la ubicación de cada cliente en la ciudad realizando un sistema de ruteo por las mismas.

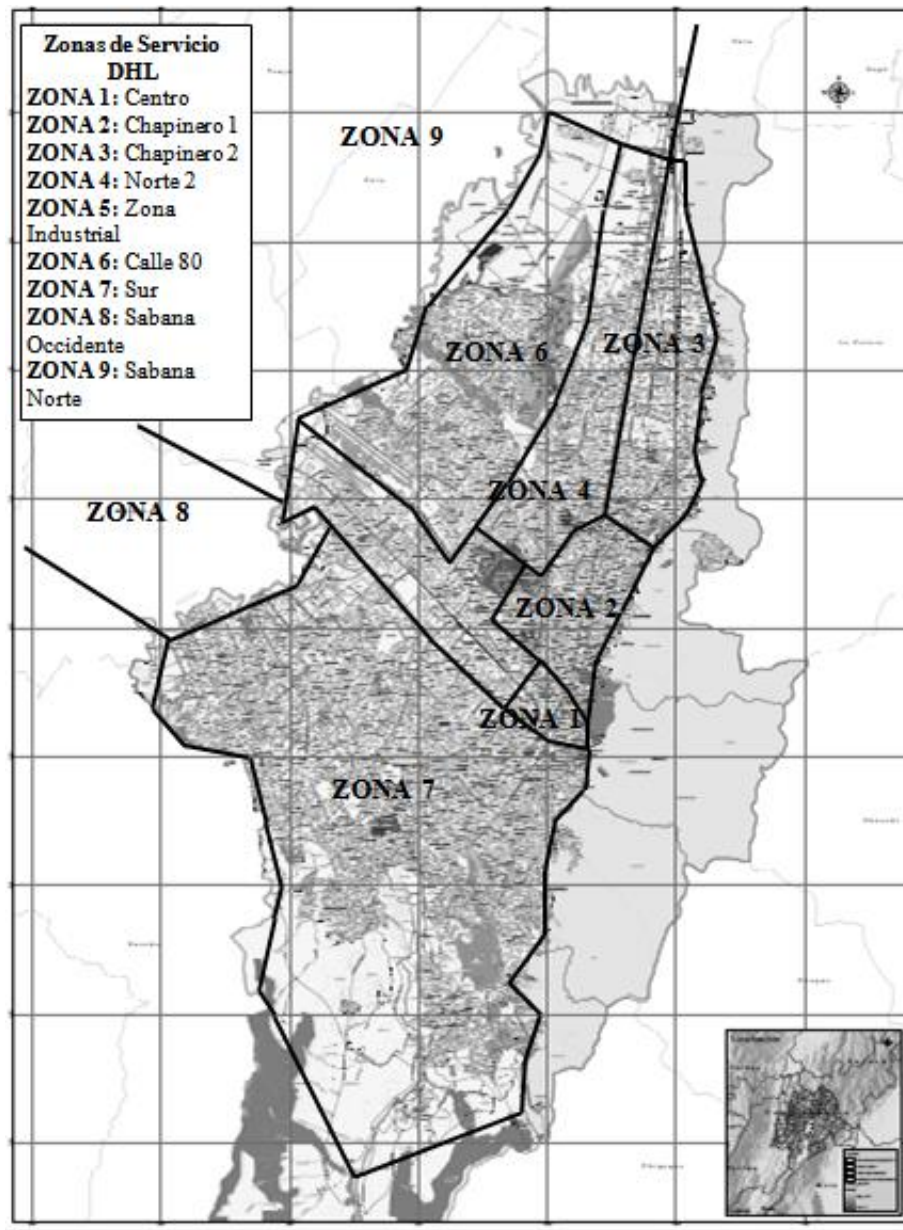


Figura 5. Zonificación de Bogotá D.C., para DHL Supply Chain
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

- c. Temporal: Se plantea una duración para la realización del proyecto de seis meses con una holgura de un mes contemplando imprevistos y retrasos de las actividades propuestas con una fecha de inicio de 25 de noviembre de 2015 y concluir a finales de mayo.

1.7. Metodología

A continuación, se muestra la metodología planteada para llevar a cabo el proyecto de investigación. Se identifican los objetivos y por cada uno de ellos se trazan una serie de actividades, las cuales estarán a cargo de un responsable ya sea de la Universidad de La Salle

o de DHL Supply Chain. Dichas acciones tienen una secuencia lógica para dar cumplimiento a cada meta formulada.

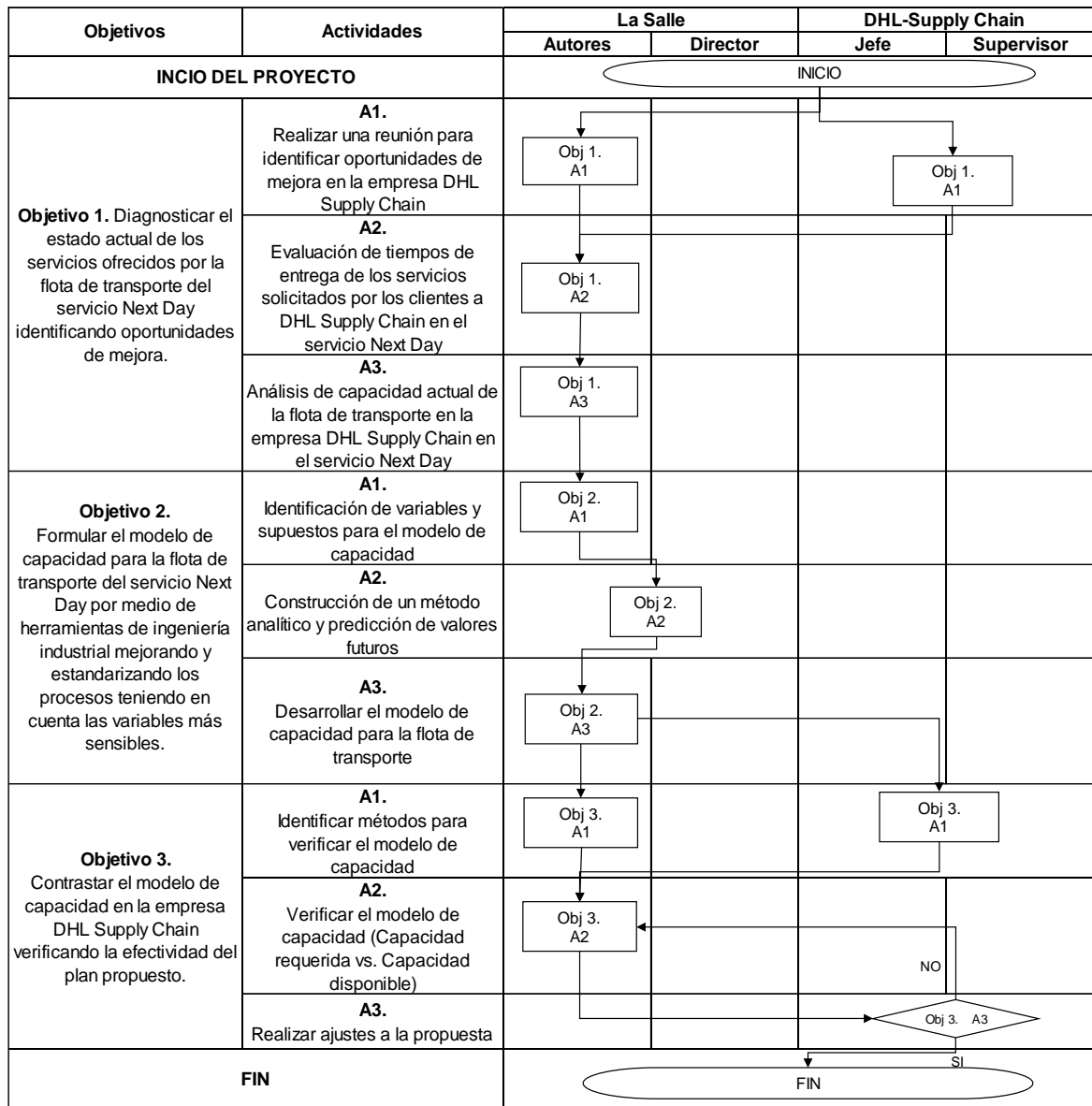


Figura 6. Metodología de Trabajo

Fuente: Autoras, 2016

CAPÍTULO II: MARCO DE REFERENCIAS

En este capítulo se podrán apreciar diferentes conceptos y temas seleccionados para ser base en la investigación, también se tuvieron en cuenta aspectos legales que rigen el funcionamiento de la empresa y por último se presentan algunos trabajos que trataron el tema con anterioridad.

2.1. Marco Teórico

El problema del transporte se ha venido presentando desde hace bastante tiempo aunque en los últimos años se hayan presentado cambios y algunas soluciones, muchos de los inconvenientes han persistido debido a que estos se basan en respuestas a corto plazo y se debe recalcar que con el pasar del tiempo se agregan criterios como la congestión, la contaminación, los accidentes, entre otros. En el último tercio del siglo pasado se generaron importantes avances en la modelización, no obstante, muchos de ellos no pasan de los alcances académicos. La modelización debe ser considerada como una herramienta que ayuda para la toma de decisiones en cuanto a transporte se refiere.

Un modelo es básicamente una representación simplificada de la realidad, la cual se usa para tener mayor claridad conceptual acerca de esta. Los modelos matemáticos intentan figurar los sistemas de interés por medio de ecuaciones matemáticas basadas en algunas hipótesis teóricas, estos pueden llegar a ser demasiado complejos y usualmente requieren del uso de muchos datos, aunque permiten examinar (con un mínimo de objetividad) el compromiso que necesita la experiencia. (Felicísimo).

La demanda de transporte se denomina derivada (no es un fin en sí misma), para entenderla es importante analizar cómo se distribuyen las facilidades para satisfacer las necesidades de los clientes. Adicionalmente la infraestructura es de gran importancia en el punto de vista de la oferta, se considera “un “sistema unitario” debido a que no se puede concebir media pista de aterrizaje o la tercera parte de una estación de ferrocarril” (Ortúzar & Willumsen, 2008), esta debe ser ajustada y debe ser adecuada a la demanda evitando de esta manera inversiones anticipadas en instalaciones costosas innecesarias. Actualmente las mejoras se enfocan en la gestión de la demanda, es decir, hacer una optimización de los recursos gestionándola adecuadamente de maneras diferentes a los utilizados en las últimas décadas. El transporte es un elemento bastante importante en el bienestar tanto de los países como de sus habitantes, normalmente los dueños de vehículos privados pagan más de lo necesario por el uso de la infraestructura, lo cual no garantiza una asignación racional de los recursos.

Antes de elegir un modelo hay que identificar y definir el contexto al que pertenece como: el país, el gobierno o la entidad determinada. Existen varios estilos para la toma de decisiones: a) Decisiones basadas en planes directores, pueden ser razonables cuando el contexto socioeconómico es estable y por lo tanto los problemas son recurrentes; b) Teoría de la

decisión normativa o racionalidad sustantiva, se le conoce como enfoque sistémico donde la cuantificación es esencial, se considera bajo la perspectiva de elegir opciones dentro de un conjunto de alternativas con estimaciones acerca de su probabilidad de ocurrencia y la utilidad de cada una de ellas se mide en términos de beneficios y costos; c) Teoría conductual de la decisión: es parecido a un análisis marginal del problema empezando desde una solución no óptima y luego se buscan mejoras menores que alimenten la esperanza de perfeccionar el proceso; d) toma de decisiones en grupo: los individuos contribuyen con su experiencia y conocimientos y el grupo intenta aplicarlos, esto ayuda a aceptar ciertas decisiones lo que es importante para un contexto de planificación; e) Toma adaptativa de decisiones: es una versión más flexible que la inmediatamente anterior, donde se reconoce que la interacción entre grupos de presión no tiene poder de decisión, cada grupo ve una solución diferente lo que genera una negociación y compromiso para llegar a una solución esencial.

El modelo clásico de un modelo de transporte se presenta en una secuencia de cuatro etapas: generación de viajes, distribución, reparto modal y asignación. La tendencia actual requiere analizar un conjunto amplio de respuestas, por ejemplo: el recorrido, el modo, la hora, el destino y la frecuencia, además a largo plazo se pueden generar más soluciones. Primero se debe formular el problema, seguido se realiza la recolección de datos, después la construcción de un método analítico, luego la generación de soluciones, seguido de predecir los valores futuros de las variables de planificación, la verificación del modelo, la evolución de las soluciones y por último la implementación de estas.

2.2. Marco Conceptual

Es necesario definir y conocer unos cuantos términos para que los integrantes del grupo como los lectores se familiaricen con estos teniendo claridad sobre ellos. A continuación, se presentan:

2.2.1 Cadena de suministro

Para Luis Aníbal Mora es una redefinición de las tareas logísticas tradicionales integrando las cadenas logísticas de proveedores y clientes, donde a los responsables logísticos se les ha asignado la tarea de eliminar los procesos que no agregan valor. (Mora, 2010). También la denominan como el conjunto de funciones, procesos y actividades que permiten a la materia prima, productos o servicios sean entregados, consumidos o transformados. (Gómez, 2008). Una última definición es que la cadena de suministro es la integración del proceso clave del negocio teniendo como base el proceso logístico, desde el cliente final hasta los primeros proveedores importantes. (Chavez & Rodolfo, 2012)

2.2.2 Capacidad de Procesos

Es denominada al comportamiento natural de este luego de que eliminan todas las perturbaciones anormales, además es independiente de cualquier especificación que pueda aplicarse al mismo proceso. (Neubauer, 2011). Un proceso se considera capaz (satisfacer las necesidades del cliente) si se encuentra dentro de las especificaciones inferior y superior para un producto o servicio. (Krajewski & Ritzman, 2000). Es una propiedad medible del proceso y se expresa en términos de 6σ (es una medida para determinado nivel de calidad,

cumplimiento o rendimiento) de variación y contrario a lo que se cree, no está relacionado con la tolerancia del proceso. (Juran, Gryna, & Bingham, 2005)

2.2.3 Flota de Transporte

Conjunto de vehículos destinados a transportar mercancías o personas y que dependen económicamente de la misma empresa. (Iglesias). Para Julio Anaya la flota puede ser en régimen de propiedad, leasing o cualquier otro sistema de posesión, además propone que la flota idónea es aquella cuya composición en vehículos requeridos y capacidades disponibles permite dar el máximo nivel de servicio a los clientes con el mínimo costo de posesión. (Anaya, *El Transporte de Mercancías: Enfoque logístico de la Distribución*, 2015). Según el diccionario de Oxford es un conjunto de barcos u otro tipo de vehículos de transporte. (Oxford University Press, 2015)

- **Flota Ajena**

Implica utilizar los servicios de transporte contratados, se puede por medio de empresas de transporte o contratando autónomamente un vehículo propio. (Anaya, *El Transporte de Mercancías: Enfoque logístico de la Distribución*, 2015). Le otorga a la compañía la posibilidad de convertir sus costos fijos en costos variables. (Iglesias)

- **Flota Propia**

Es aquella situación en la cual la empresa realiza una gestión directa y completa sobre los vehículos que están utilizando. (Anaya, *El Transporte de Mercancías: Enfoque logístico de la Distribución*, 2015). Le otorga a la empresa una mayor flexibilidad que la que pueda conseguir con cualquier otra estrategia de transporte. (Iglesias). Se pueden tomar todas las decisiones acerca de la gestión, dimensión y renovación de la flota, por ejemplo, si se compra un vehículo o no, si se usa renting o leasing, definir una política de amortización, etc. (*Gestión Eficiente de Flotas de Vehículos por Carretera*.)

2.2.4 Logística

Incluye cada una de las operaciones necesarias para que se mantenga una unidad productiva, va desde la programación de compras hasta el nivel postventa. (Castellanos, 2009). Es una actividad interdisciplinaria que vincula diferentes áreas de la empresa, pasando por el aprovisionamiento de materias primas, la planificación y gestión de la producción, el almacenamiento, manipuleo y gestión de stock. (Mora, 2010). Esta encargada de planificar, implementar y controlar tanto eficiente como efectivamente el almacenaje y el flujo directo e inverso de los bienes, servicios e información, entre el punto de origen y el de destino. (Gómez, 2008)

- **Logística Inversa**

Abarca el conjunto de actividades logísticas que se consideran de recogida, como el desmontaje o el desmembramiento de productos ya usados, con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de su valor. (Cabeza, 2012). Está integrada por la gestión de retorno de productos, retorno para la reutilización de envases, reutilización de materiales, reacondicionamiento de producto rechazados, manejo de residuos por reciclar, manejo de residuos peligrosos, manejo de residuos para destrucción, manejo de materiales reciclados sustitutivos que reducen el uso de materiales vírgenes. (Antún, 2004). Es el proceso de

planificar, implantar y controlar el flujo de productos desde el punto de consumo hasta el punto de origen de una forma eficiente, con el objetivo de recuperar su valor. (Bastos, 2007)

2.2.5 Modelo

Son normalmente utilizados para valorar una serie de planteamientos alternativos para un rango de hipótesis factibles acerca de los valores futuros de otras variables. (Ortúzar & Willumsen, 2008). Representa un conjunto real con cierto grado de precisión y trata de estar en la forma más completa posible, es útil para describir, explicar y/o comprender mejor la realidad cuando es muy difícil trabajar directamente con ella. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Es una representación de un objeto, sistema o idea, el objetivo es ayudar a explicar, entender o mejorar un sistema; puede ser la réplica exacta de un objeto o una abstracción de las propiedades dominantes de dicho objeto. (Bermón)

- **Modelo de Transporte**

Es una herramienta para tomar decisiones en cuanto a transporte, a pesar de que en determinadas ocasiones puede adquirir un papel predominante, aunque no definitivo. (Ortúzar & Willumsen, 2008). Es una clase especial de programación lineal que tiene que ver con transportar un artículo desde sus fuentes hasta sus destinos, teniendo como objetivo determinar el programa de transporte que minimice el costo total del transporte y que al mismo tiempo satisfaga la necesidad de los clientes. (Taha, 2004). Recibe su nombre porque básicamente se aplica para resolver problemas de distribución de mercancía desde distintos centros de producción a diferentes centros de consumo. (López, 1993)

2.2.6 Satisfacción del Cliente

Depende del desempeño que es percibido de un producto o servicio en cuanto a la entrega de valor en relación con las expectativas del cliente. (Kloter & Armstrong, 2003). Evaluación de un servicio específico proporcionado a un cliente, está relacionado con la calidad del servicio. (Sastre, 2009). Es una respuesta emocional del cliente ante su evaluación percibida entre la expectativa del producto y el verdadero rendimiento experimentado una vez que se ha probado el producto. (Vavra, 2003)

- **Servicio al Cliente**

Es un elemento imprescindible para la existencia de una empresa y constituye el centro de interés fundamental y por su puesto la clave de su éxito o su fracaso. (Paz, 2005). Conjunto de actividades relacionadas que ofrece un suministrador con el fin de que el cliente obtenga el producto en el momento y lugar adecuado y se asegure de su correcto uso. (Conceptos Básicos de Servicio al Cliente). Es una parte de la oferta total de servicio de las empresas y debe cumplir con el pedido de un determinado cliente. (Ballou, 2004)

2.2.7 Sistema de Gestión de Transporte

Es un sistema de planificación de recursos de la empresa (ERP) específico del sector que se utiliza. Permite al transportista convertir pedidos en expedientes, organizar la planificación y enviar automáticamente a los camiones factores como la carga disponible. (Transics Company). Es un sistema que ofrece funciones de transporte de adquisición, planificación, ejecución y liquidación completas. Los usuarios pueden conectarse con otros clientes y transportistas y de esta manera crean su propia red de transporte para una gestión mejorada

de fletes y oportunidades colaborativas. (Lean Logistics, 2015). Es una solución para la gestión del proceso de transporte, la cual posibilita al usuario visualizar, racionalizar, simplificar y controlar toda la operación y el costo del transporte. (Mora, 2010)

- **Transporte**

Es una actividad empresarial y se realiza cumplimiento las normas legales sobre sanidad, seguridad y orden público. El objetivo principal es que la mercancía llegue a su destino según las condiciones del contrato. (Escudero, 2014). Es el componente vertebral de la distribución en las cadenas logísticas, por esta razón es fundamental conocer las diferentes opciones que se pueden presentar. (Castellanos, 2009). Se ocupa de todas las actividades relacionadas directa o indirectamente con la necesidad de situar los productos en los puntos de destino especificados con los clientes, teniendo presente condiciones de seguridad, servicio y costo. (Mora, 2010)

2.2.8. VRP (Vehicle Routing Problem)

Es un problema de optimización combinatoria con diferentes y múltiples aplicaciones, en el que existe: un depósito central, clientes con una determinada demanda, una flota de vehículos con capacidad y se desea diseñar rutas para los vehículos que salgan y regresen al depósito. (Irma, 2010). Busca la creación de un conjunto de rutas que comienzan y terminan en un depósito, donde el cliente debe ser visitado al menos una vez, se pretende que este conjunto tenga un longitud total recorrida o un tiempo total de recorrido. (Robusté & Galván, 2005). Consiste en obtener las rutas más cortas posibles utilizando la menor cantidad de vehículos, partiendo de un almacén y regresando a él, proveyendo a un conjunto de clientes donde su demanda es diferente. (Duarte, Pantrigo, & Gallego, 2007)

2.3. Marco Legal

- Decreto 173 de 2001: Este decreto tiene como objetivo reglamentar la habilitación de las empresas de Transporte Público Terrestre Automotor de Carga y la prestación por parte de estas, de un servicio eficiente, seguro, oportuno y económico, bajo los criterios básicos de cumplimiento de los principios rectores del transporte, como el de la libre competencia y el de la iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicarán las restricciones establecidas por la ley y los Convenios Internacionales. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2001)
- Ley 769 de 2002: Las normas del código regulan la circulación de los peatones, usuarios, pasajeros, conductores, motociclistas, ciclistas, agentes de tránsito, y vehículos por las vías públicas o privadas que están abiertas al público, o en las vías privadas, que internamente circulen vehículos; así como la actuación y procedimientos de las autoridades de tránsito. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2002)
- NTC 5500-2: Esta norma establece los requisitos mínimos que son necesarios para la gestión en la selección, formación y evaluación de desempeño del personal involucrado y relacionado con la prestación del servicio del transporte de carga por carretera. (Icontec Internacional, 2007)
- Resolución 4100 de 2004: Por la cual se determinan los límites de pesos y dimensiones de los vehículos de transporte terrestre automotor de carga para la operación normal en las carreteras del país. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2004)
- Decreto 988 de 1997: Por el cual se suprime la tarjeta de operación para prestar el servicio

público de transporte terrestre automotor de carga, debido a que en Colombia el transporte es un servicio público que está vigilado por el Estado. (Ministerio de Transporte de Colombia, 1997)

- Decreto 3366 del 2003: Por el cual se establecen unas sanciones en materia de transporte terrestre automotor de carga y se determinan varios procedimientos. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2003)
- Resolución 1552 de 2009: Por la cual se adoptan las condiciones técnicas, tecnológicas, y de operación del registro único nacional de tránsito y otras disposiciones. (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009)

2.4. Antecedentes

En los últimos años se han llevado a cabo estudios, trabajos e investigaciones sobre la capacidad de funcionamiento que tienen algunos sistemas o empresas dedicadas a prestar sus servicios a una población determinada, el presente proyecto valora algunos de ellos y adicionalmente también tienen en cuenta ciertos relacionados con el tema de transportes sea en la capacidad de ellos mismo o de la infraestructura o demás aspectos que puedan llegar a afectarlos, con el fin de tener algunas referencias sobre los argumentos mencionados.

El Instituto Mexicano del Transporte realizó un estudio sobre la capacidad del transporte público enfocándose en la oferta y planteó un procedimiento para calcular está en autobuses interurbanos y suburbanos; en este servicio se encuentran dos criterios, el primero se refiere a las unidades que pueden circular bajo condiciones de operación existente y la segunda es el número de pasajeros movilizados por dicho sistema. Entendiendo como transporte suburbano el que se establece entre las ciudades y sus poblaciones vecinas considerando la influencia de terminales, paradas intermedias, vías, intersecciones semaforizadas y frecuencia del servicio; por otro lado, el transporte interurbano enlaza a dos o más ciudades con el servicio de transporte público por autobús considerando las terminales, la frecuencia de salida de los autobuses y el movimiento de pasajeros. Para comenzar definen la capacidad de transporte como “el máximo número de pasajeros que pueden ser trasladados por una línea durante un periodo de tiempo, bajo condiciones de operación, seguridad, funcionalidad y velocidad razonables” (Hernández & Romo, 1992), sin embargo entienden que la capacidad vial es más completa puesto que se refiere al número de pasajeros que son movilizados por un determinado sistema de transportes y además a la cantidad de unidades de transporte público que circulan bajo algunas condiciones específicas, esta es una función dependiente del tamaño y el tipo de vehículo, la ocupación del vehículo, la frecuencia de paso y el tiempo de servicio. Comienzan con dar algunas ecuaciones generales para calcular la capacidad, luego para la capacidad en el transporte interurbano de primera (cumplimiento de los horarios establecidos para cada corrida) y segunda clase (combinación del interurbano de primera clase y suburbano), seguida de la capacidad del transporte suburbano y por último calcula la capacidad del vehículo. Dentro del procedimiento de cálculo se requiere la longitud de la ruta, tipo y clase de vehículo, el itinerario, número de autobuses asignados, capacidad del tipo de autobuses, tiempos de recorrido programados, número y ubicación de las paradas, tiempos de servicio programados en la terminal y las paradas, las frecuencias de servicios o intervalos y por último los volúmenes de los usuarios. Se concluyó que las ecuaciones que emplearon eran sencillas y no era necesario un conocimiento profundo de matemáticas para

su uso, el tipo y clase de servicio son aspectos importantes para la capacidad ofertada, un análisis detallado de varios puntos críticos puede generar soluciones factibles y viables. (Hernández & Romo, 1992)

En la Universidad de Los Andes de Venezuela unos estudiantes presentaron un artículo de investigación titulado: “Capacidad de un Sistema de Transporte Publico Trolebús (STPT) en base a sus Parámetros de Influencia”, donde proponen una metodología que permite medir la capacidad de un sistema de transporte publico trolebús (tipo troncal ubicado en Mérida-Venezuela). Para este estudio analizó una línea con una longitud de 10,3 km con estaciones espaciadas a una distancia media de 731 m conectando principalmente el asentamiento de Ejido y parte sur del área central metropolitana. El STPT posee trolebús que circulan en diferentes plataformas reservadas con interrupciones de intersección a nivel y cambios de sentido; se realiza una evaluación de la demora en parada en conjunto con otros aspectos, lo cual permite conseguir resultados satisfactorios a cerca de la variabilidad que presenta la capacidad ofrecida por el sistema. Para realizar la investigación proponen descomponer el proceso operativo y posteriormente definir la estrategia de aforo en dos fases con el propósito de racionalizar el esfuerzo (sondeo con el que se pueda estimar la dispersión alcanzada en los parámetros y un estudio que reduzca el error típico por medio de la ampliación de la muestra), todo esto con el objetivo primordial de “medir el desempeño de un tramo de línea 1 del STPT en el que se emplean trolebuses, con gran fiabilidad, de manera que se pueda relacionar su capacidad con su grado de reserva y nivel de infraestructura, evaluando el efecto de semáforo, logrando un modelo de demora en parada a partir del número de pasajeros subidos y bajados”. En los resultados encontraron que: a mayor capacidad en los vehículos, menor es la capacidad en los intervalos entre los mismos; en condiciones de gran demanda la capacidad era de 50 trolebús por hora, es decir, 7032 pasajeros por hora; considerando un nuevo diseño en los vehículos y abriendo nuevas líneas la capacidad aumenta a 67 trolebús por hora, lo que equivale a 9338 pasajeros por hora, que es casi en un 33% más de capacidad; la demora por parada es lo que más aporta a la demora total puesto que constituye aproximadamente el 59%. En cuanto a nivel de Colombia se encontraron varias investigaciones acerca de análisis de capacidades que sirven como base para llevar a cabo el proyecto del modelo de la capacidad para un servicio de la empresa DHL Supply Chain.

En Bogotá unos docentes de la Universidad EAN realizaron un estudio de capacidad en Pymes metalmecánicas, donde presentaron una metodología la cual media la capacidad tecnológica de producción con el objetivo de evaluar la gestión frente al diseño y la manufactura y de acuerdo a los resultados obtenidos proponer estrategias de mejora para la capacidad de las empresas descritas anteriormente en Colombia. Para comenzar tienen en cuenta conceptos como la capacidad tecnológica se considera como un “factor de producción y está constituida por el conjunto de conocimientos y habilidades que dan sustento al proceso de producción” (Velosa & Sánchez), adicionalmente muestran que el sector metalmecánico en Colombia genero aproximadamente 350.000 empleos y genero 24,5 billones de pesos anuales en ventas dentro de los años 2002 y 2009, a pesar de que se importe más del 70% de la materia prima. La investigación se realizó con 20 empresas pequeñas y medianas del sector, las cuales se clasificaron de la siguiente manera: montaje y ensamblaje, manufactura por deformación plástica sin viruta, maquinado complejo con arranque de viruta y empresa de servicios, adicionalmente seleccionaron algunos criterios que describieran el desarrollo

tecnológico de cada una de las empresas: complejidad tecnológica, operaciones básicas, materias primas, maquinarias y herramientas básicas y mecanismos de control de calidad. Para llevar a cabo las mediciones en las áreas requeridas (diseño y manufactura) eligieron cuatro aspectos de éxito, los cuales son: 1) capacidad de efectuar, utilizar y controlar las tecnologías de conversión tanto de los procesos principales como de los auxiliares; 2) capacidad para llevar a cabo la garantía de calidad, inspección y control de existencias; 3) capacidad para solucionar problemas, para la realización de mejoramiento aplicado en la prevención; 4) capacidad para realizar la planeación de la producción y la programación del mantenimiento del equipo. Los resultados obtenidos con el estudio mostraron falencias de capacidad tecnológica de las empresas en comparación con una “empresa ideal” y que existe también un bajo nivel de desarrollo tecnológico, debido a esto se generaron algunas metas sobre las que es importante recalcar reducir el desbalance tecnológico entre el diseño y la manufactura, maximizar la capacidad instalada y proponer estrategias para balancear algunos factores externos (rentar o contratar servicios de diseño) y formular planes de crecimiento de la capacidad tecnológica de manera equilibrada. (Velosa & Sánchez)

Una estudiante de la Universidad de la Sabana realizó un trabajo de grado titulado “estudio del problema de ruteo de vehículos con balance de carga: Aplicación de la meta-heurística Búsqueda Tabú”, en el cual compara los resultados que se dan entre modelos de optimización exactos y meta-heurísticos, es importante aclarar que ella limita el trabajo al problema de ruteo de vehículos con balance de carga (VRPRB); propone un modelo de programación lineal entera multi-objetivo donde se busca minimizar la distancia total recorrida y equilibrio en las cargas (cantidad de artículos a entregar) de los vehículos y obtuvo como resultados buenos puesto que genera un buen balance de carga y un ruta que es viable, sin embargo, es modelo poco eficiente para aplicarlo en condiciones reales por el tiempo de ejecución y en instancias de tamaño pequeño. Seguido a esto realiza un algoritmo de Búsqueda Tabú, el cual se origina de la heurística cluster first route second, el cual busca “encontrar los clientes a asignar a cada vehículo (cluster) para luego determinar la ruta que debe seguir cada vehículo para visitar a los clientes asignados” (Sarmiento, 2014)), con ayuda de un análisis de experimentos concluyo que hay factores que afectan la variable de respuesta por lo que propone valores específicos para estos; con este modelo se generan soluciones viables con resultados que son buenos. Algunas de las conclusiones fueron que el balance de carga puede contribuir a las compañías a estandarizar procesos de carga y descarga, además de que para hacer un mejor balance se debe castigar la distancia recorrida. (Sarmiento, 2014)

En la Universidad Tecnológica de Pereira dos estudiantes realizaron un trabajo de grado en cual crean una red de logística inversa para hacer la recolección de aceite vehicular usado, para comenzar ubicaron puntos generadores de los residuos, las distancias entre cada uno de ellos y los costos variables que dependen de dos tipos de camiones cisterna. Este escenario se modelo como un problema de enrutamiento de vehículos con restricción de la capacidad (CVRP), el cual “consiste en tener una flota de M vehículos con capacidad homogénea y cada uno de ellos corresponde a una ruta de un vehículo” (Castañeda & Cardona, 2014), donde la llegada y la salida corresponden al mismo nodo; en este caso el objetivo es encontrar el conjunto de rutas que permita a todos los vehículos recolectar el aceite generado por los diferentes clientes con el menor costo posible. Para darle solución al problema seleccionaron la heurística donde se hace el ruteo primero y luego asigna a cada vehículo una cantidad

determinada de clientes. Es importante tener en cuenta que seleccionaron dos tipos de carros, de los que según los resultados escogen el segundo (DONG FENG) para realizar la recolección de los desechos y diseñar la red logística inversa debido a los costos que generan y al porcentaje de uso de los camiones cisterna.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS

A continuación, se desglosará el desarrollo de la investigación la cual está determinada por cada uno de los objetivos planteados.

3.1. Diagnóstico del Estado Actual del Servicio Next Day en DHL Supply Chain

Para la ejecución del diagnóstico se tomó una muestra del 69% de los 365 días del año donde la fecha inicial es el 21 de agosto del 2015 y la fecha final el 29 de abril del 2016, con un total de ocho meses analizados de los cuales cuatro de estos pertenecen al 2015 y cuatro al 2016. Esta sección se dividió en cinco partes, primero se realizó un análisis general (I), luego se estudió el servicio Next Day (II), después un examen por clientes (III) y por zonas (IV) y por último se consideraron los aspectos más importantes para el servicio en cuestión (V).

(I) DHL Supply Chain cuenta con 11 clientes tecnológicos (ver Tabla 2), los cuales presentaron una participación desde agosto de 2015 hasta marzo del presente año.

Tabla 2. Clientes de DHL Supply Chain

| <u>Clientes</u> |
|-----------------|
| Alcatel |
| Avaya |
| Dell |
| Ericsson |
| Festo |
| GMO |
| HP |
| IBM |
| Lexmark |
| NCR |
| <u>Oracle</u> |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Se aprecia que Lexmark es el mayor cliente ya que presenta un 43,32% del total de servicios prestados, seguido de IBM con 32,19% y GMO con un 9,87%; teniendo en cuenta que se incluyen los siete tipos de servicios que presta la empresa. (Ver Figura 7)

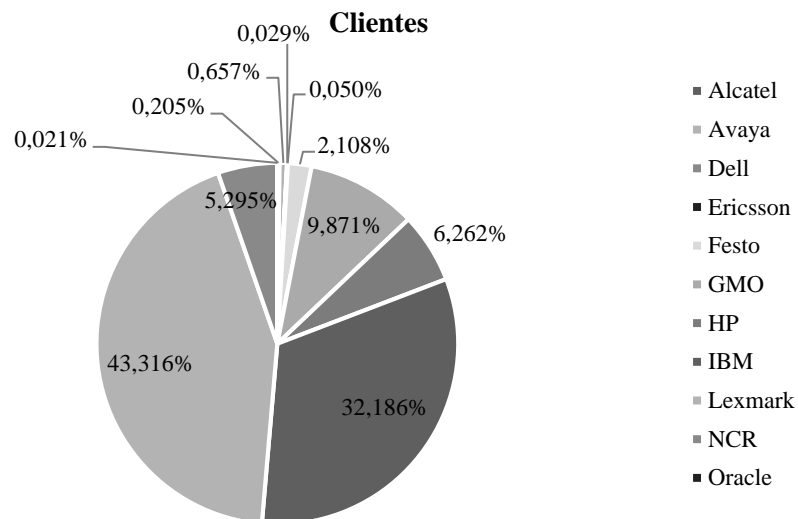


Figura 7. Porcentaje de Participación de los Clientes de DHL Supply Chain
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Por otro lado, el servicio Next Day presenta ocho destinos, de los cuales el mayor es Bogotá con un 90,67% del total de los servicios, debido a esto se eligió que el proyecto se enfocara solamente en el Distrito Capital.

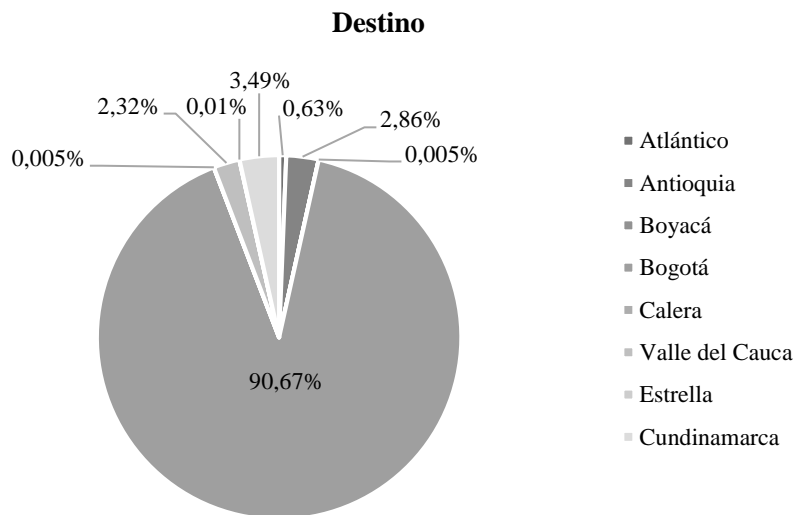


Figura 8. Destinos del Servicio Next Day
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

(II) En cuanto al servicio Next Day en Bogotá y según los datos brindados por la empresa solo ocho de estos son clientes del servicio en cuestión (Alcatel, Dell y Ericsson no tienen registro de haber realizado un pedido). Como se puede identificar a continuación, existe diferencia entre las cantidades de servicios solicitados por cada cliente (ver Tabla 3), también se ve que los clientes con mayor porcentaje de participación siguen siendo en su orden Lexmark, IBM y GMO (ver Figura 9)

Tabla 3. Cantidad de Servicios por Cliente en Next Day

| Cliente | Cantidad servicios |
|----------------|---------------------------|
| Festo | 1 |
| NCR | 3 |
| HP | 2 |
| Oracle | 43 |
| Avaya | 122 |
| IBM | 7189 |
| GMO | 2259 |
| Lexmark | 11335 |
| Total | 20954 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

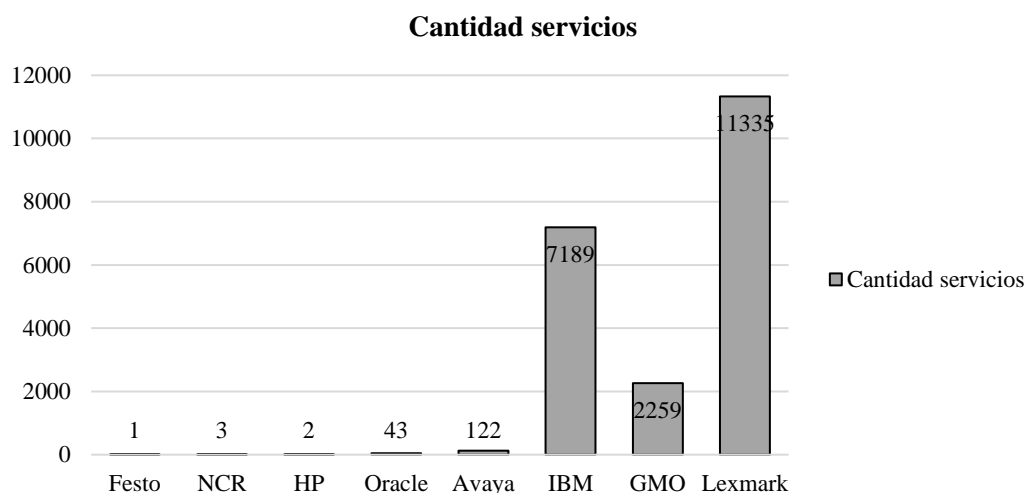


Figura 9. Participación por Cliente en Next Day

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Debido a la participación de los clientes en el rango de tiempo especificado, se unificaron cinco clientes (Festo, NCR, HP, Oracle y Avaya) ya que estos no presentaron una cantidad de servicios significativa con respecto a los demás clientes, en consecuencia, se creó una categoría denominada “Otros Clientes”, por este motivo se manejarán un total de cuatro clientes para los siguientes análisis. (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Totalidad de Servicios con Nueva Categoría

| Cliente | Cantidad Servicios |
|----------------|---------------------------|
| Otros Clientes | 171 |
| IBM | 7189 |
| GMO | 2259 |
| Lexmark | 11335 |
| Total | 20954 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

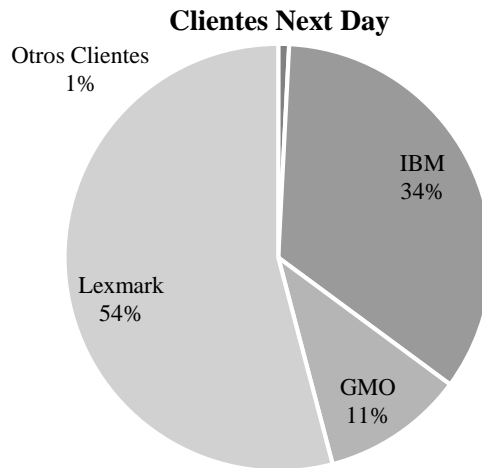


Figura 10. Participación de Clientes con Nueva Categoría
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Con estas categorías se realizó una gráfica para evaluar cuántos de los servicios llegan a tiempo. Se observa que del total de servicios prestados un 94% llegan a tiempo, por lo que el 6% restante muestra los servicios que llegan después del tiempo pactado con los clientes. (Ver Figura 11)

Servicios Entregados en Bogota

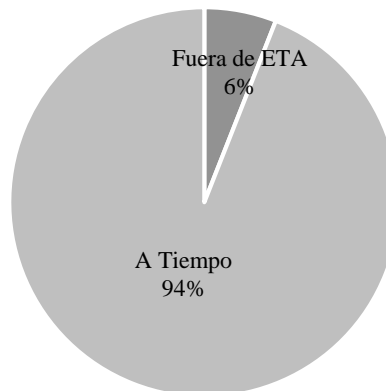


Figura 11. Porcentaje del Nivel de Cumplimiento del Servicio Next Day
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Tanto para los servicios que son entregados fuera del ETA (Tiempo Estimado de Entrega) como para los que son entregados a tiempo se generan una serie de causales, para el primer caso se muestra un 42% de servicios que presentan una causa correspondiente a 527 servicios (ver Figura 12).

Servicios Entregados Fuera del ETA

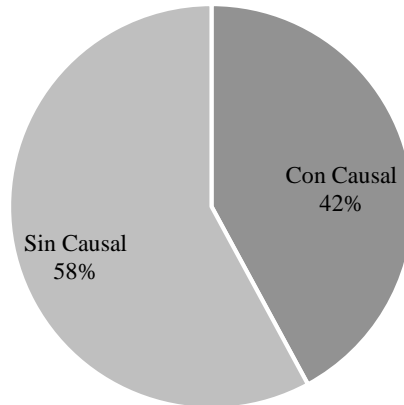


Figura 12. Porcentaje de Servicios entregados fuera del ETA
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En el segundo caso (Servicios entregados a tiempo) se presenta un 8% de entregas con alguna causal que corresponde a 1591 servicios, lo que quiere decir que en el momento en el que transportador llegó a donde el cliente no pudo realizar la entrega de inmediato por alguna razón ajena a la operación, por ejemplo: la persona que recibe el paquete está ocupada, no se encuentra o está almorzando. (Ver Figura 13)

Servicios entregados A Tiempo

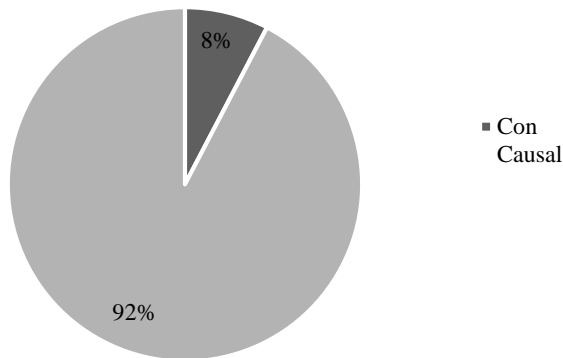


Figura 13. Porcentaje de Servicios entregados a tiempo
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para los servicios que son entregados fuera del ETA (Tiempo Estimado de Entrega) se genera una causal la cual indica por qué no se cumplió con la promesa de servicio (ver Figura 14) en donde se tienen 13 tipos de causales, es importante aclarar que en algunos casos no se describe ninguna causal.

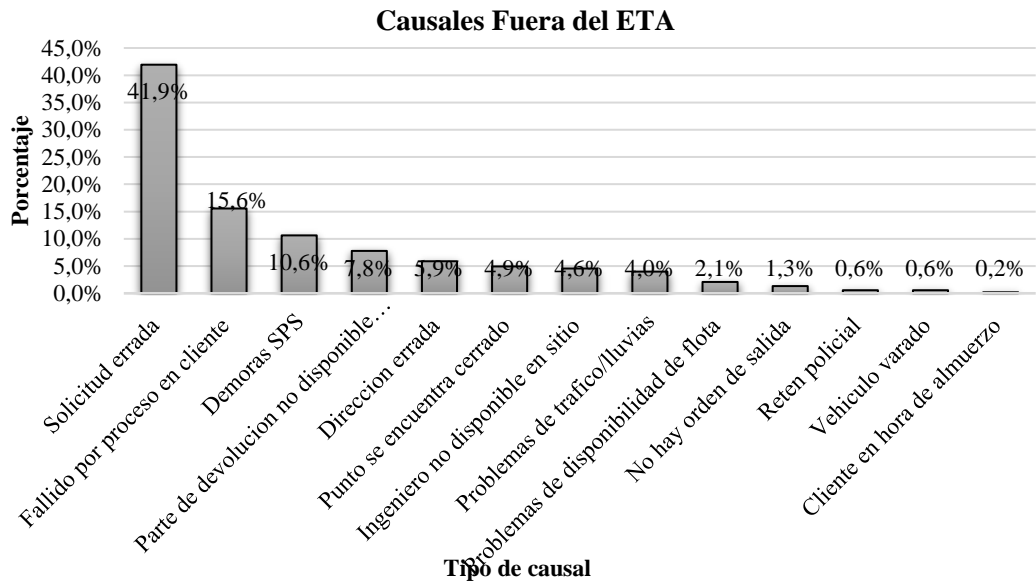


Figura 14. Porcentajes por Tipo de Causal para los Servicios entregados fuera del ETA
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

De igual forma se realiza un Pareto (Ver Figura 15) para identificar cuáles son las principales causales que pueden estar generando el problema principal encontrado. Los pocos vitales encontrados son: solicitud errada con un 41,9%, fallido por proceso en cliente con un 15,6%, demoras SPS (demora por el cliente) con un 10,6% y finalmente parte de devolución no disponible con 7,8%.

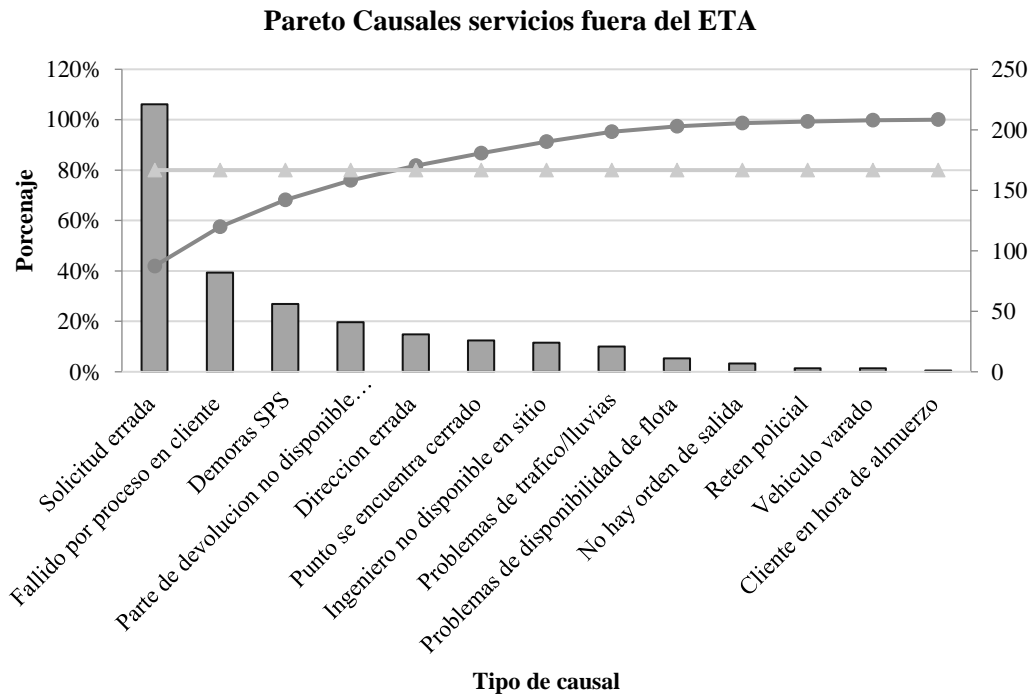


Figura 15. Pareto de las causales fuera del ETA
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para los servicios que son entregados a tiempo se generan una serie de causales que indican las razones por las cuales el transportador llego a tiempo a entregar el pedido pero sin embargo presento algún tipo de retraso (no se pudo hacer efectiva la entrega al momento de llegar), se contabilizaron 18 tipos de causales (ver Figura 16), es importante aclarar que en algunos casos no se describe ninguna causal.

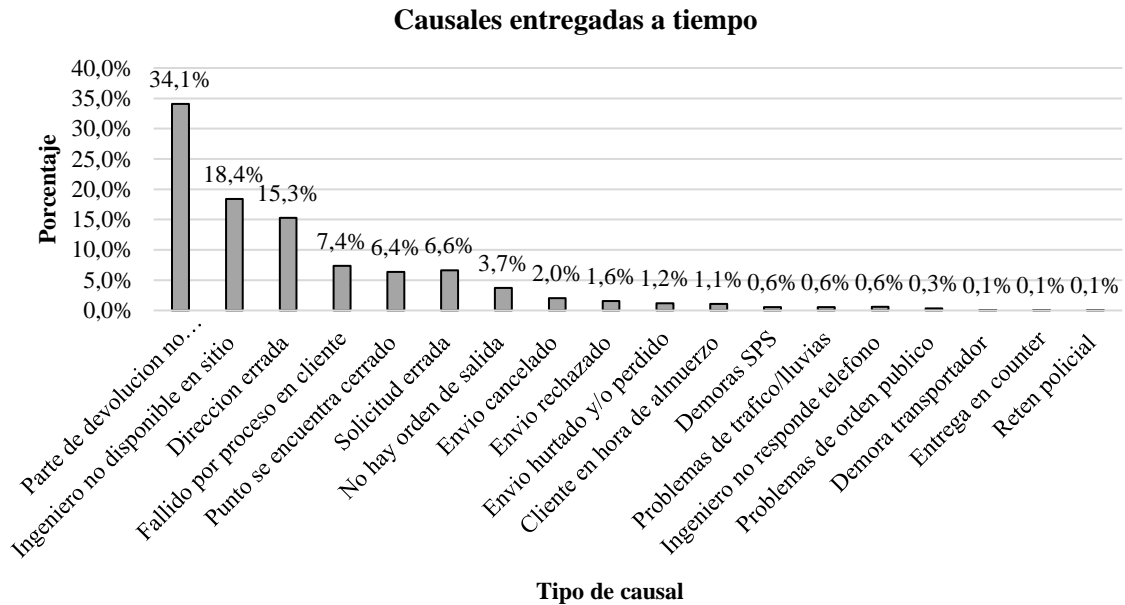


Figura 16. Porcentajes por Tipo de Causal para los Servicios entregados a tiempo
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Se realiza un Pareto (Ver Figura 17) Identificando las principales causas que pueden estar generando el problema principal encontrando, deben concentrarse en cuatro causales las cuales son: parte de devolución no disponible 34,1%, ingeniero no disponible con un 18,4%, dirección errada con un 15,3% y finalmente fallido por proceso en cliente con 7,4%, cabe resaltar que las nueve causales restantes no presentan un porcentaje significativo.

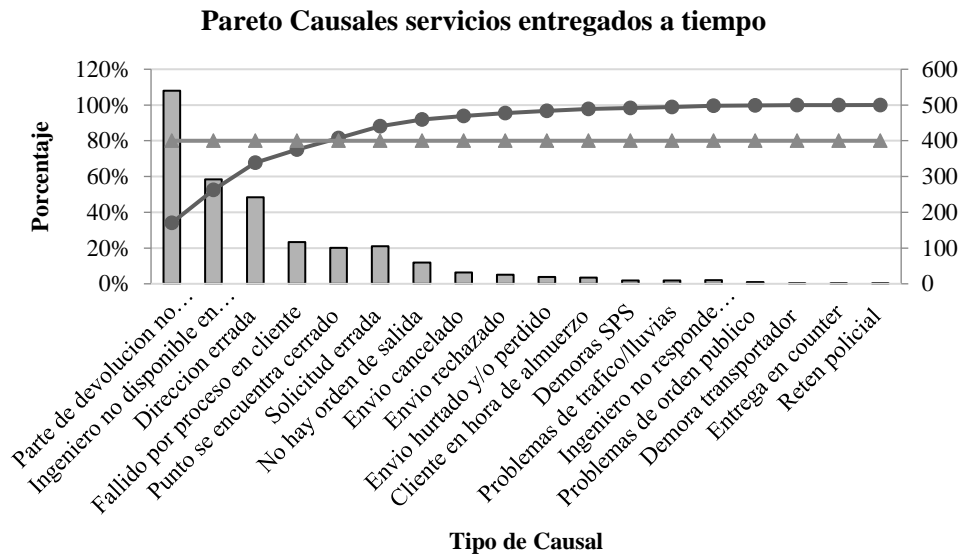


Figura 17. Pareto Causales para los Servicios entregados a tiempo
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

También se realiza un Ishikawa frente a las causales fuera del indicador ETA verificando aspectos generales como los proveedores, que hacen referencia a las empresas encargadas de realizar la tercerización de la flota, en segundo lugar el proceso que se realiza para llevar a cabo el servicio, la movilización que es uno de los aspectos que influyen dentro de la operación y que no pueden ser controlables por la empresa y finalmente los clientes, dentro de cada una de estas ramas se encuentran las causales que están relacionadas a cada uno de estos (ver Figura 18).

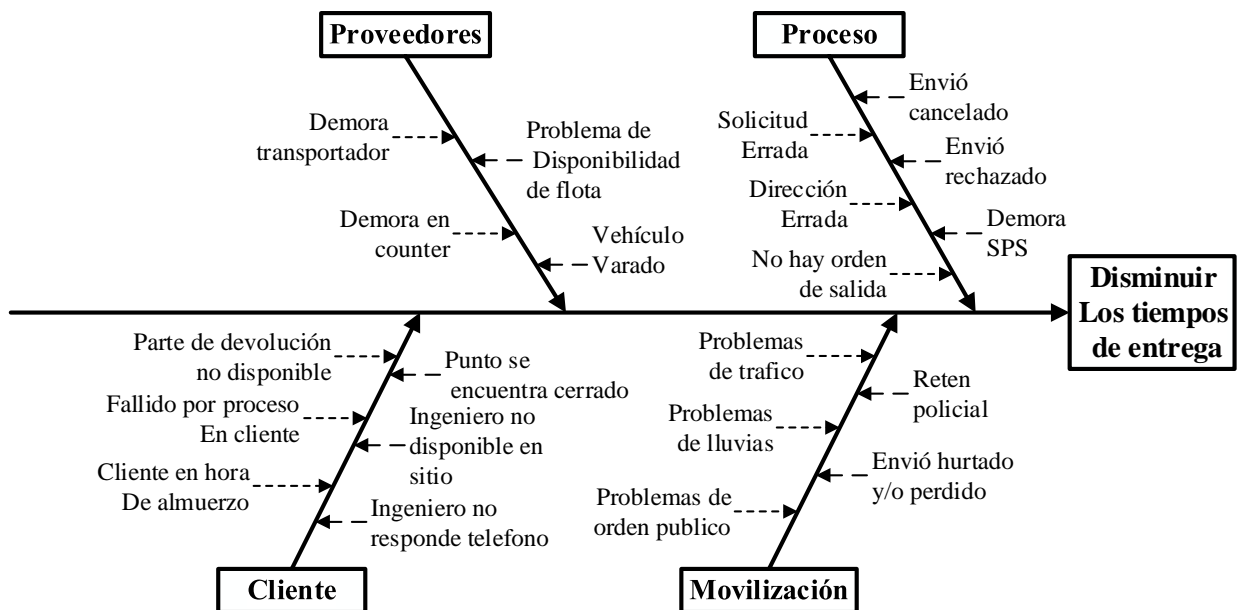
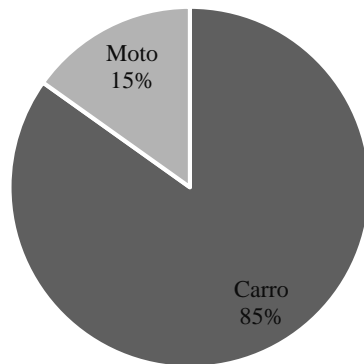


Figura 18. Ishikawa para el servicio Next Day en DHL Supply Chain
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

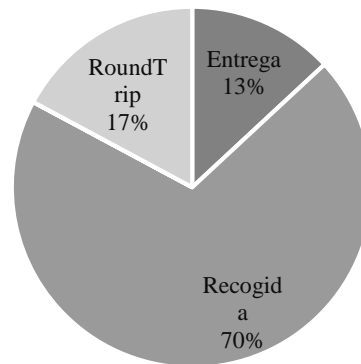
(III) A continuación, se realizó un análisis por cada uno de los clientes finales (IBM, GMO, Lexmark y otros) del servicio Next Day en Bogotá en cuanto al tipo de transporte utilizado, la modalidad del servicio, el destino (zonas DHL) de los servicios solicitados y los servicios que son entregados a tiempo y cuales se entregan por fuera del ETA (Tiempo Estimado de Entrega).

IBM tiene un total de 7189 datos entre agosto del año 2015 y enero del presente año, se realizaron las siguientes gráficas (ver Figura 19). a) Tipo de Transporte: el 85% de los servicios fueron transportados en carro y el 15% en moto; b) Modalidad de servicio: la modalidad con más servicios enviados fue Recogida con un 70%, RoundTrip con un 17%, seguida de la entrega con un 13%; c) Destino: la zona 3 (chapinero 2) con un 22%, la zona 2 (chapinero 1) presenta un 17% de envíos seguido de esta se encuentra la zona 7 con un 14% y la zona 4 (norte 2) con un 12%, la zona 5 (zona industrial) con un y la zona 1 (centro) con un 11%, el restante de las zonas presenta un porcentaje por debajo del 4,6%; d) Cantidad de servicios: el 94% de los servicios fueron entregados a tiempo y de los servicios entregados por fuera del tiempo ETA representan un 6%.

a) Tipo de Transporte



b) Modalidad de Servicio



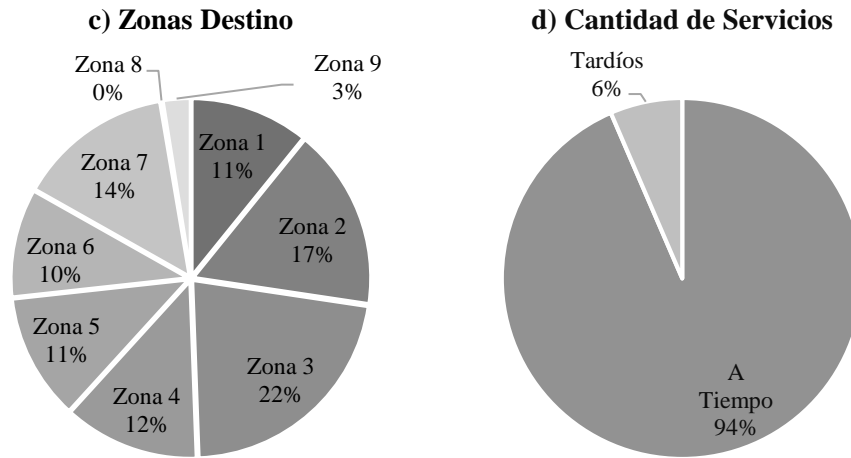


Figura 19. Comportamiento de IBM
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

El comportamiento de la demanda del cliente IBM se puede identificar en la siguiente grafica (ver Figura 20), durante las primeras semanas se presentó una demanda con un promedio de 224 servicios semanales y entre el 21 de diciembre del 2015 al 7 de febrero de 2016 se presenta un aumento constante en los servicios solicitados y después de estas una disminución de los mismos y en el mes de abril se muestra un aumento significativo.

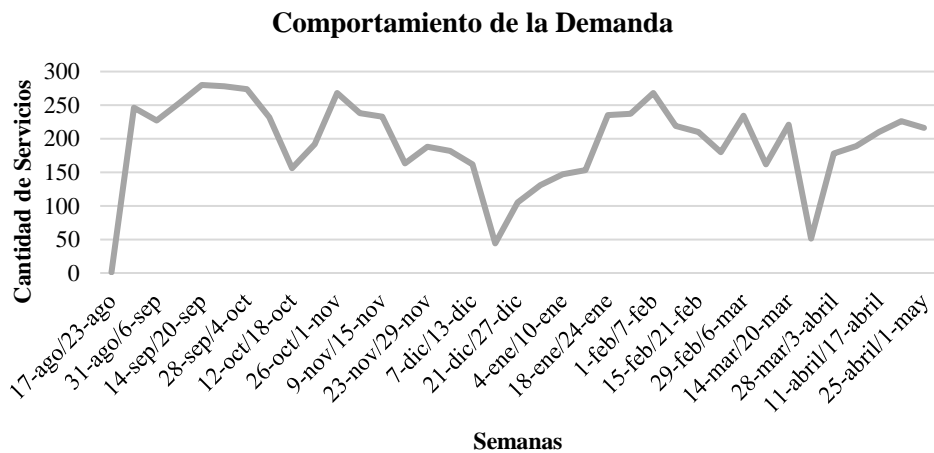


Figura 20. Comportamiento de la demanda de IBM
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

GMO tiene un total de 2259 datos entre agosto del año 2015 y enero del presente año, se realizaron las siguientes gráficas (ver Figura 21). a) Tipo de Transporte: el 92% de los servicios fueron transportados en carro y un 8% transportados en moto; b) Modalidad de servicio: la modalidad con más servicios enviados fue RoundTrip con un 87%, seguida de la entrega con un 13%; c) Destino: la zona 3 (chapinero 2) presentan cada una un 20% de envíos, la zona 7 (sur) presentan cada una un 16% de envíos, y la zona 2 (chapinero 1) con un 15%,

seguido de la zona 5 (zona industrial) y la zona 1 (centro) con un 14%, finalmente la zona 6 con 9% cabe resaltar que este cliente solo utilizo siete de las nueve zonas; d) Tiempo de entrega: 119 de los servicios fueron entregados por fuera del tiempo ETA lo que corresponde a un 5%, es decir, un 95% de los servicios fueron entregados a tiempo.

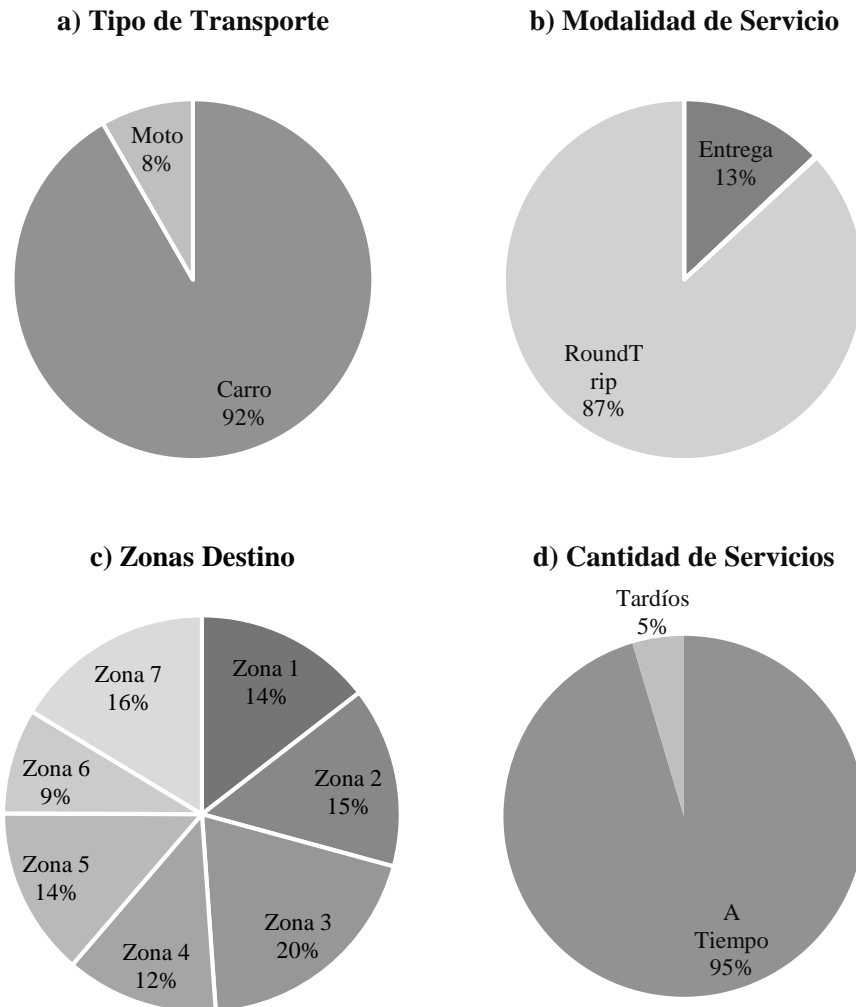


Figura 21. Comportamiento de GMO
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para el comportamiento de la demanda de GMO se identifican alzas y bajas en la demanda presentadas a lo largo de las semanas y grandes picos mostrando una demanda estocástica, hay que tener en cuenta que se muestra una gran disminución de los servicios prestados del 31 de agosto a 20 de diciembre del 2015 y que en los meses de febrero a marzo no se realizó ningún servicio y finalmente para abril estos son en baja cantidad. (Ver Figura 22)

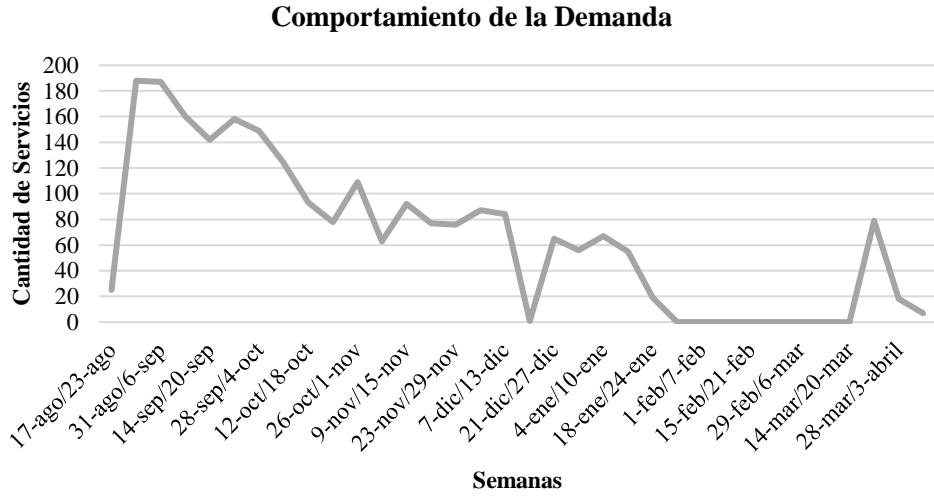
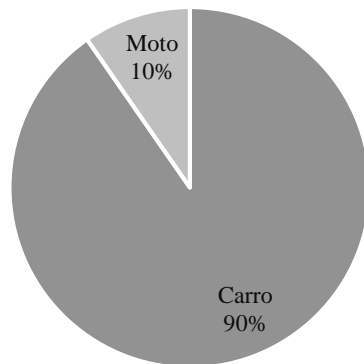


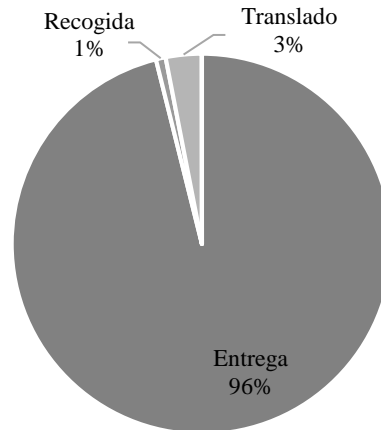
Figura 22. Comportamiento de la Demanda GMO
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Lexmark tiene un total de 1335 datos entre agosto del año 2015 y enero del presente año, se realizaron las siguientes gráficas (ver Figura 23). a) Tipo de Transporte: el 90% de los servicios fueron transportados en carro y un 10% transportados en moto; b) Modalidad de servicio: la modalidad con más servicios enviados fue Entrega con un 96%, Traslado con un 3%, seguida de Recogida con un 1%; c) Destino: la zona que presenta mayor cantidad de servicios es la zona 3 (chapinero 2) con un 19% en segundo lugar la zona 7 (sur) y la zona 2 (chapinero 1) cada una con un 16% , seguido de la zona 4 (norte2) y la zona 5 (zona industrial) con un 12%, la zona 9 (zona norte) se presentó un porcentaje bajo en la cantidad de servicios prestados; d) Cantidad de servicios: el 94% de los servicios fueron entregados a tiempo y de los servicios entregados por fuera del tiempo ETA representan un 6%.

a) Tipo de Transporte



b) Modalidad de Servicio



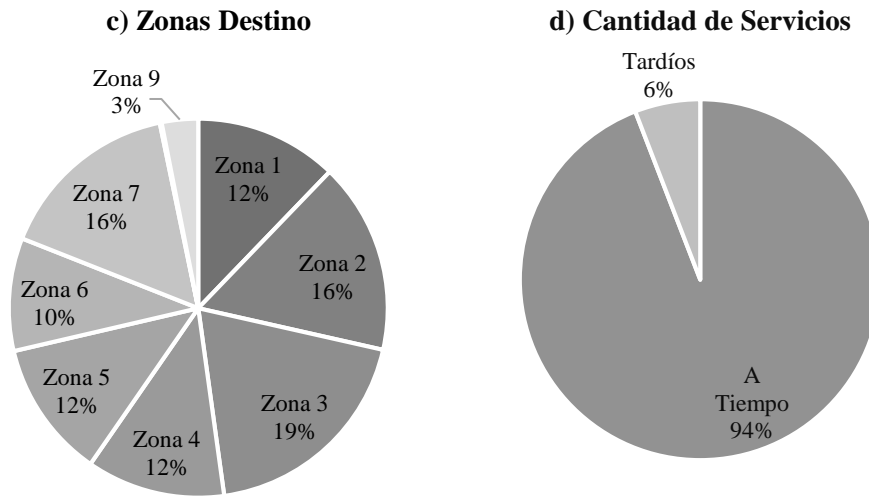


Figura 23. Comportamiento Lexmark
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

El comportamiento de la demanda de Lexmark se puede identificar en la siguiente grafica (ver Figura 24) en las primeras semanas se muestra en donde del 24 de agosto al 6 de diciembre se presenta un promedio de servicios realizados de 332 servicios por semana y del 20 de diciembre al 14 de febrero un aumento en la demanda y para la última semana de marzo se presenta una disminución de los servicios prestados y finalmente para el mes de abril estos aumentan semana a semana.

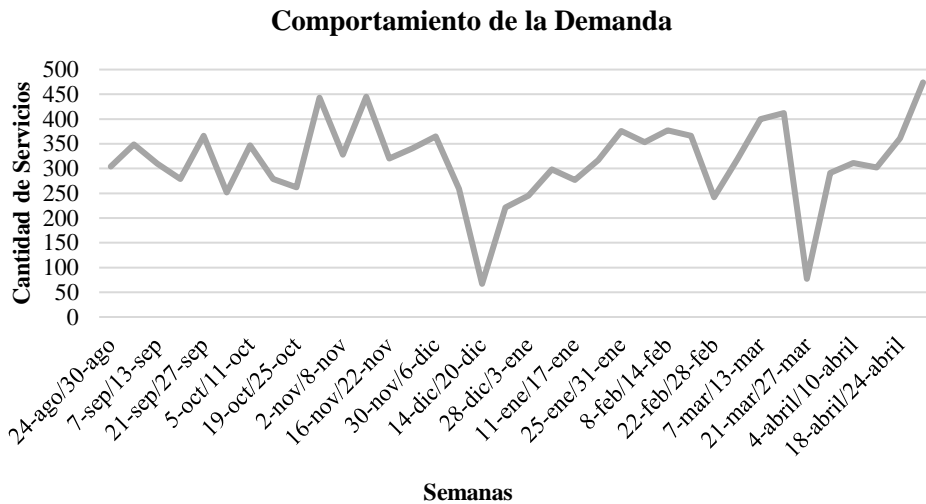


Figura 24. Comportamiento de la demanda de Lexmark
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Otros clientes tienen un total de 171 datos entre agosto del año 2015 y enero del presente año, se realizaron las siguientes gráficas (ver Figura 25). a) Tipo de Transporte: el 69% de los servicios fueron transportados en carro y el 31% en moto; b) Modalidad de servicio: la modalidad con más servicios enviados fue Entrega con un 59%, seguida de Recogida con un 40% y finalmente Traslado con 1%; c) Destino: la zona 2 (chapinero 1) con un 20%, la zona

5 (zona industrial) presenta un 17% de envíos y con un 15% la zona 7 (sur) además existe un promedio del 9,6% entre las otras cinco zonas hay que mencionar que para este cliente no se realizaron envíos a la zona 8 y a la zona 9; d) Tiempo de entrega: el 90% de los servicios fueron entregados a tiempo y de los servicios entregados por fuera del tiempo ETA representan un 10%.

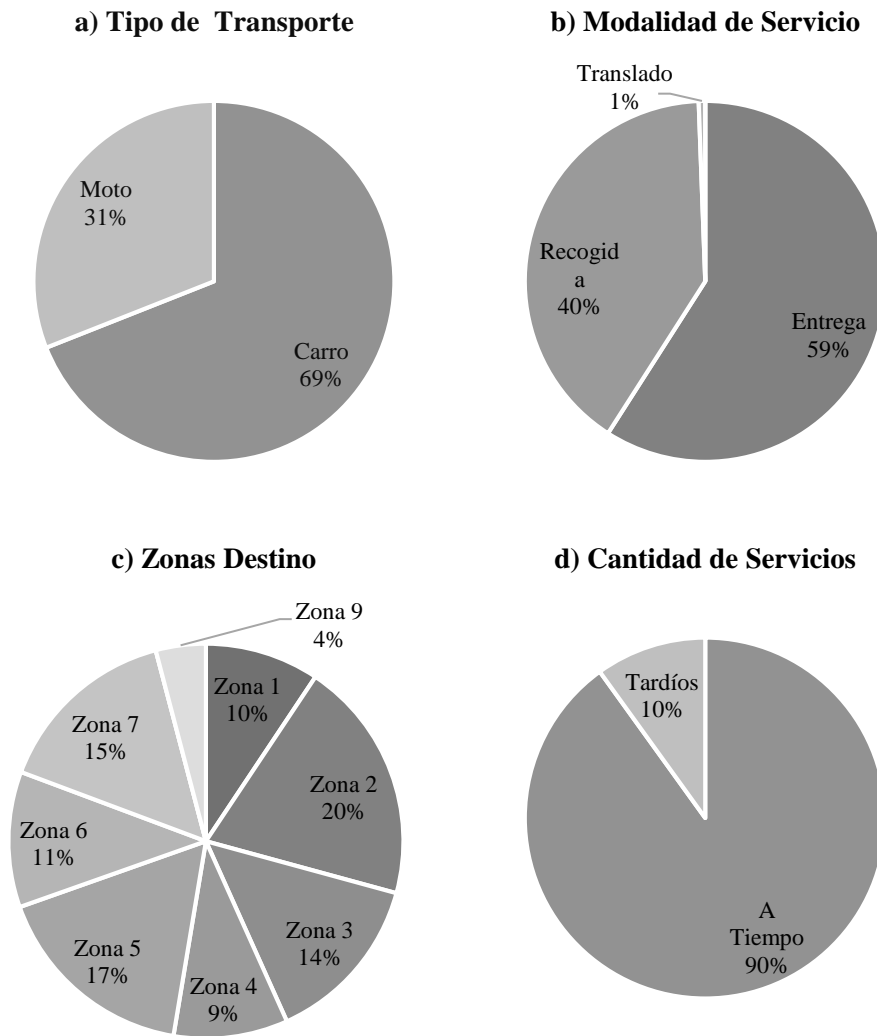


Figura 25. Comportamiento Otros Clientes
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

El comportamiento de la demanda de otros clientes se puede identificar en la siguiente grafica (ver Figura 26) mostrando alzas y bajas en la demanda presentadas a lo largo de las semanas y grandes picos también se puede identificar que del 7 de diciembre al 21 de febrero se presentó un nivel bajo de servicios prestados es decir no se realizaron servicios en este lapso de tiempo y finalmente del 15 de febrero al 17 de abril la cantidad de servicios atendidos aumentaron semana a semana.

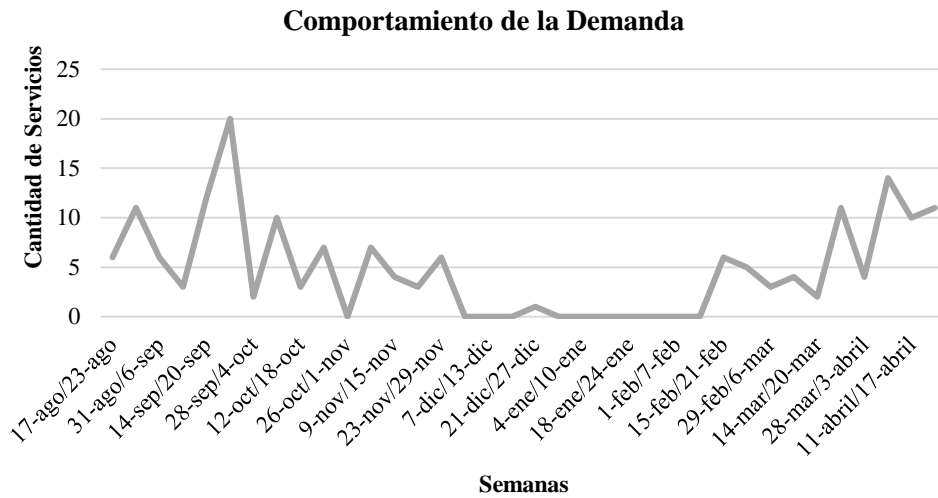


Figura 26. Comportamiento de demanda de otros Clientes
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

(IV) Para facilitar el servicio Next Day, la empresa ha dividido a Bogotá en nueve zonas en donde cada una de ellas pertenece a un segmento de la ciudad y así poder realizar los envíos que son solicitados cada día, de igual manera cada zona tiene asignado una cantidad de vehículos (ver Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de las zonas

| Zona | Pertenece a | Cantidad de vehículos |
|--------|------------------|-----------------------|
| Zona 1 | Centro | 1 |
| Zona 2 | Chapinero 1 | 1 |
| Zona 3 | Chapinero 2 | 1 |
| Zona 4 | Norte 2 | 1 |
| Zona 5 | Zona industrial | 1 |
| Zona 6 | Calle 80 | 1 |
| Zona 7 | Sur | 2 |
| Zona 8 | Sabana Occidente | 1 |
| Zona 9 | Sabana Norte | 1 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para identificar la participación o la carga que presenta cada una de las zonas se realizó una gráfica (ver Figura 27) en donde se muestra que la zona en la que se presentaron más servicios es la zona 3 la cual corresponde a chapinero 2 con un 20%, en segundo lugar se encuentra la zona 2 correspondiente a chapinero 1 con un 16%, seguida de esta se encuentra la zona 5 con un 15%, luego de esta se encuentra la zona 1, zona 5 y zona 4 cada una con un 12%, la zona 6 (calle 80) presenta un 10% y hay que tener en cuenta que las zonas en la que menos se realizaron servicios son la zona 9 de sabana norte con un 3% y la zona 8 correspondiente a sabana occidente con un porcentaje del 1%.

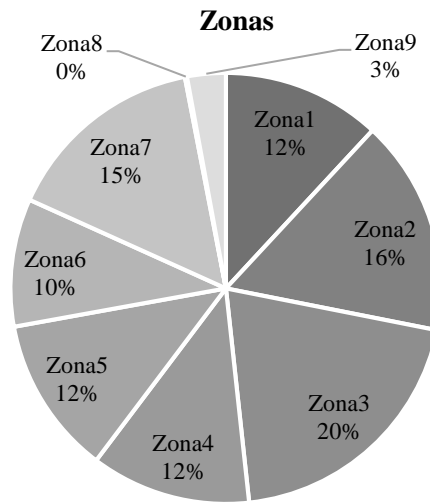


Figura 27. Zonas del servicio Next Day
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

También se realizó un análisis, diagnosticando el comportamiento de todas y cada una de las nueve zonas con los siguientes criterios: cantidad de servicios y repuestos, el peso y volumen de ellos, cantidad de servicios entregados en carros y motos, la modalidad del servicio y los que se entregaron a tiempo y fuera del ETA (Tiempo Estimado de Entrega).

En la zona 1 que corresponde al Centro de Bogotá (ver Figura 28), se tiene registro de que se entregaron un total de 2495 servicios que representan 3144 repuestos, los cuales pesan 7320 kilogramos y ocupan 7627,99 cm²; de la totalidad de ellos, 2219 servicios fueron entregados en carro y 276 en moto con un porcentaje de 89% y 11% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio, el 67,86% pertenece a Entrega, seguida de RoundTrip con un 18,36%, Recogida con un 13,47% y por último se tiene un 96% de servicios entregados a tiempo y un 4% fuera del ETA .

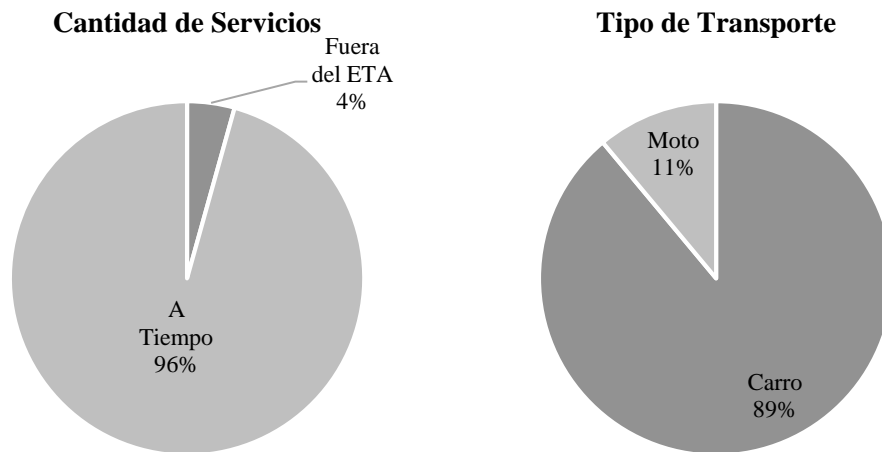


Figura 28. Comportamiento en la Zona 1 (Centro)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 2 que es la zona de Chapinero 1 (ver Figura 29), se entregaron un total de 3396 servicios que representan 3507 repuestos, los cuales pesan 6248 kilogramos con un promedio de 1,78 kilogramos por cada repuesto y ocupan 8907,44 cm²; del total de estos, 3014 servicios fueron entregados en carro y 382 en moto con un porcentaje de 89% y 11% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega posee un 54,71%, la Recogida un 30,57%, el RoundTrip un 14,69% y el traslado un 0,03%, por último se tiene un 93% de servicios entregados a tiempo y un 7% fuera del ETA.

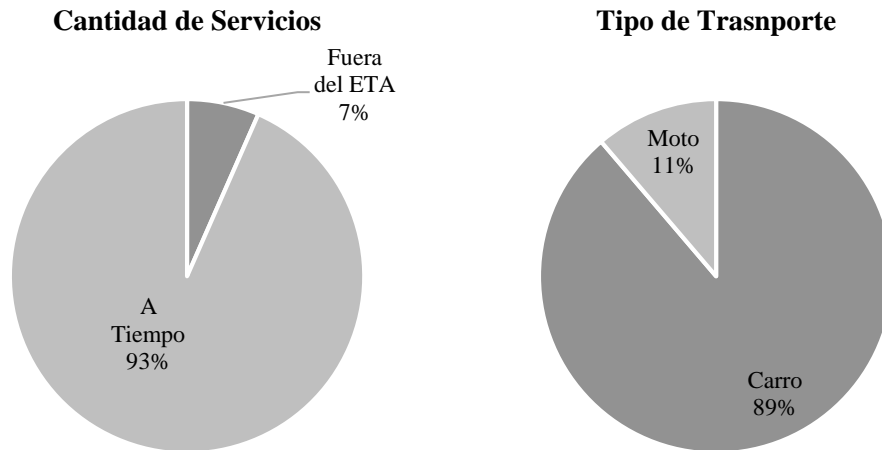


Figura 29. Comportamiento Zona 2 (Chapinero 1)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 3 que es la zona de Chapinero 2 (ver Figura 30), se entregaron un total de 4225 servicios que representan 4996 repuestos, los cuales pesan 10433 kilogramos con un promedio de 2,09 kilogramos por cada repuesto y ocupan 17619,37 cm², 3685 servicios fueron entregados en carro y 540 en moto con un porcentaje de 87% y 13% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio un 61,25% corresponde a la Entrega, un 22,06% al Recogida, un 16,66% al RoundTrip y un 0,02% para el Traslado, por último se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

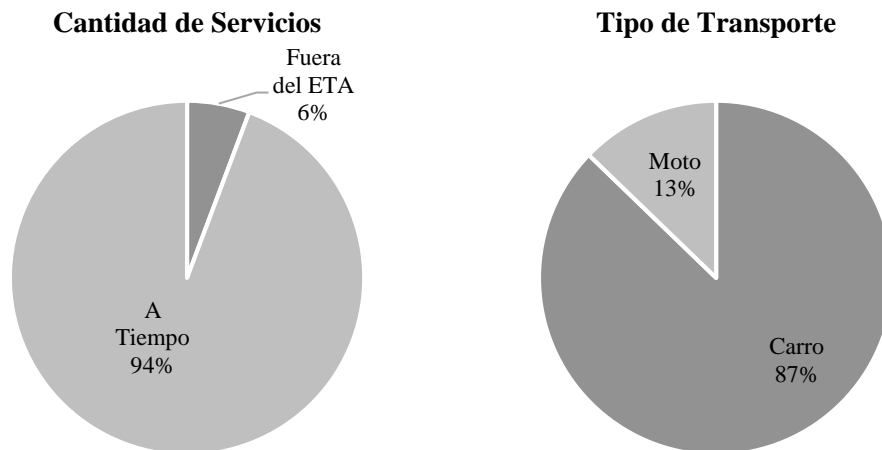


Figura 30. Comportamiento Zona 3 (Chapinero 2)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 4 que es la zona Norte 2 (ver Figura 31), entre el rango de datos que se tienen se entregaron un total de 2516 servicios que representan 2573 repuestos, los cuales pesan 4371 kilogramos con un promedio de 1,70 kilogramos y ocupan 6661,77 cm²; del total de estos, 2236 servicios fueron entregados en carro y 280 en moto con un porcentaje de 89% y 11% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega tiene 49,17% seguido de la Recogida que tiene 37,96% y por último el Traslado con un 0,04%, además se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

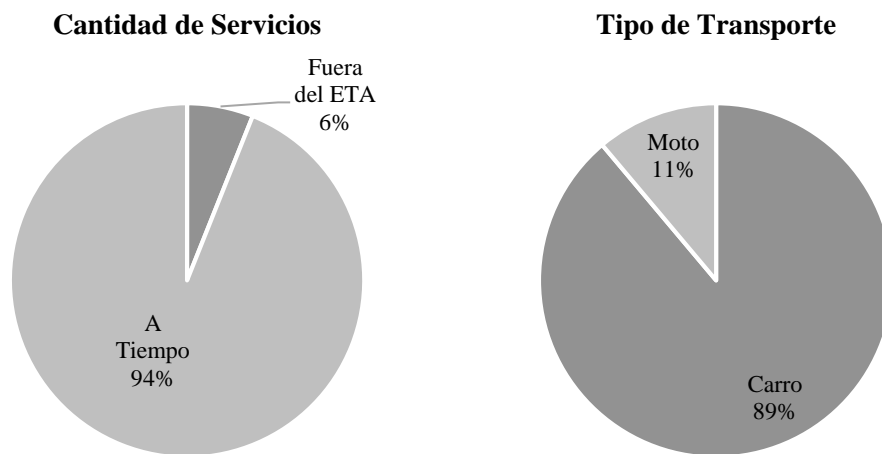


Figura 31. Comportamiento Zona 4 (Norte 2)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 5 que es la Zona Industrial (ver Figura 32), se registran un total de 2486 servicios que representan 2857 repuestos, los cuales pesan 6958,85 kilogramos con un promedio de 2,44 kilogramos por cada repuesto y ocupan 8795,85 cm²; 2198 servicios fueron entregados en carro y 288 en moto con un porcentaje de 88% y 12% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega tiene 59,69% seguido de la Recogida con un 20,27% y el

RoundTrip que tiene un 20,03%, además se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

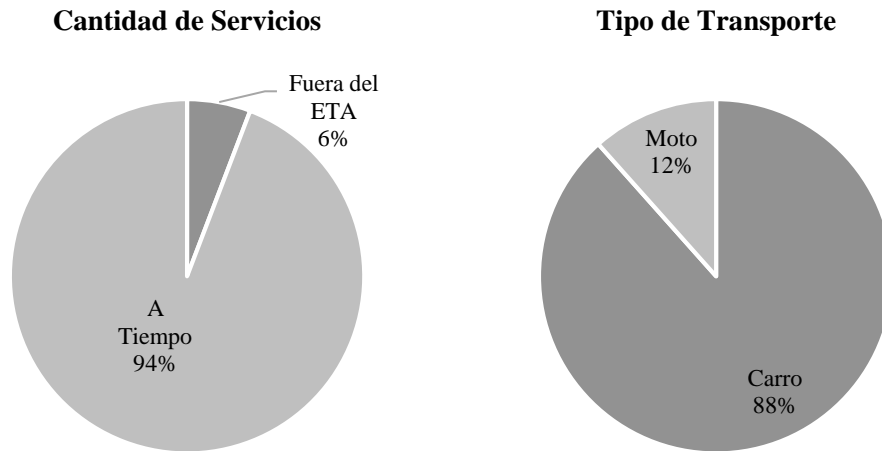


Figura 32. Comportamiento Zona 5 (Zona Industrial)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 6 que es la zona de la Calle 80 (ver Figura 33), se registraron un total de 2011 servicios que representan 7100 repuestos, los cuales pesan 15086 kilogramos con un promedio de 2,12 kilogramos por cada repuesto y ocupan 19434,4 cm² de estos, 1769 servicios fueron entregados en carro y 242 en moto con un porcentaje de 88% y 12% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega tiene 56,64%, seguida de la Recogida con 17,60%, el Traslado 17,11% y el RoundTrip con 8,65%, además se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

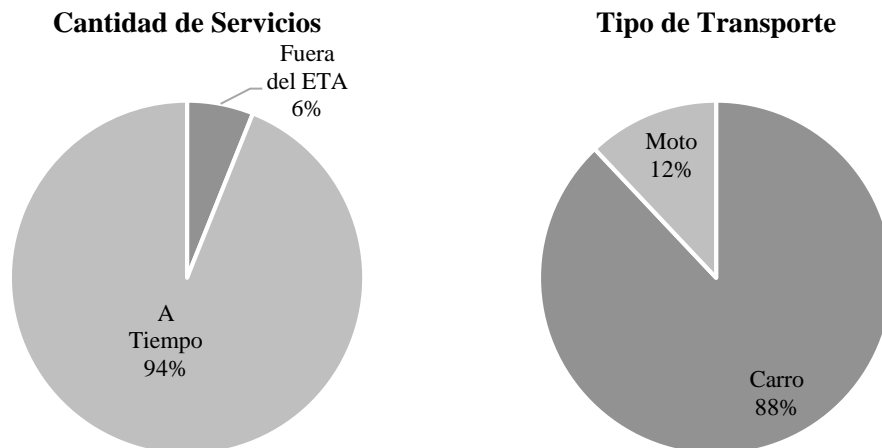


Figura 33. Comportamiento Zona 6 (Calle 80)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 7 que es la parte Sur de Bogotá (ver Figura 34), se entregaron un total de 3185 servicios que representan 3305 repuestos, los cuales pesan 6977 kilogramos con un promedio

de 2,11 kilogramos y ocupan 7330,93 cm², 2851 servicios fueron entregados en carro y 334 en moto con un porcentaje de 90% y 10% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega tiene un 62,32% seguida de la Recogida que tiene un 24,36% y el Traslado con un 0,03%, además se tiene un 93% de servicios entregados a tiempo y un 7% fuera del ETA.

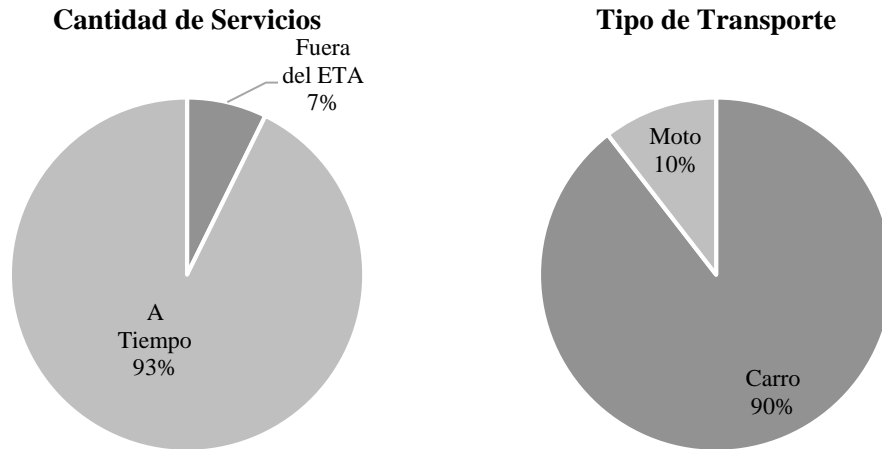


Figura 34. Comportamiento Zona 7 (Sur)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 8 que corresponde a la Sabana Occidente (ver Figura 35), se entregaron un total de 32 servicios que representan 262 repuestos (en esta zona solo se tienen registros de Lexmark e IBM), los cuales pesan 704 kilogramos con un promedio de 2,69 kilogramos y ocupan 3071 cm²; de su totalidad, 29 servicios fueron entregados en carro y tres en moto con un porcentaje de 91% y 9% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio la Entrega representa el 59,38%, el RoundTrip el 21,88%, la Recogida posee un 15,63% y por último el Traslado con 3,13%, además se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

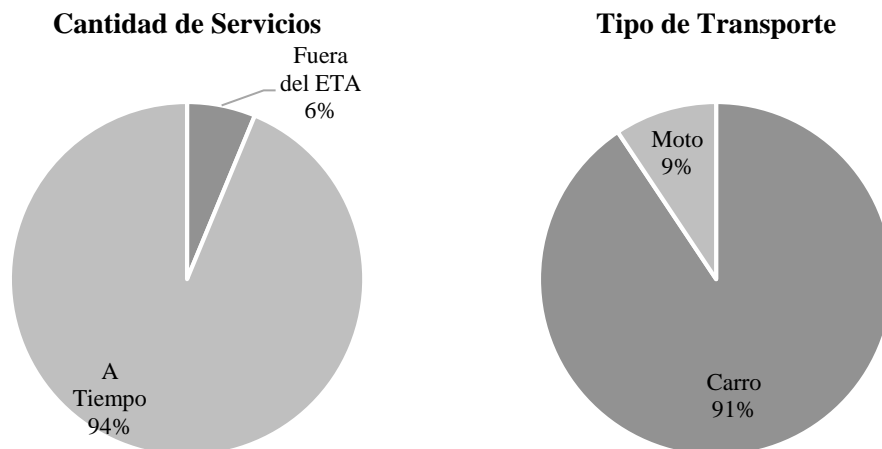


Figura 35. Comportamiento Zona 8 (Sabana Occidente)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

En la zona 9 que corresponde a la Sabana Norte (ver Figura 36), se entregaron un total de 608 servicios que representan 614 repuestos (en esta zona solo se tienen registros de Lexmark, IBM y Otros Clientes), los cuales pesan 686 kilogramos con un promedio de 1,12 kilogramos por cada repuesto y ocupan 369,6 cm³; 528 servicios fueron entregados en carro y 80 en moto con un porcentaje de 87% y 13% respectivamente; en cuanto a las modalidades de servicio solo se presentan tres: la Recogida con 46,55%, seguida de la Entrega con 35,20% y el RoundTrip con 18,26%, además se tiene un 94% de servicios entregados a tiempo y un 6% fuera del ETA.

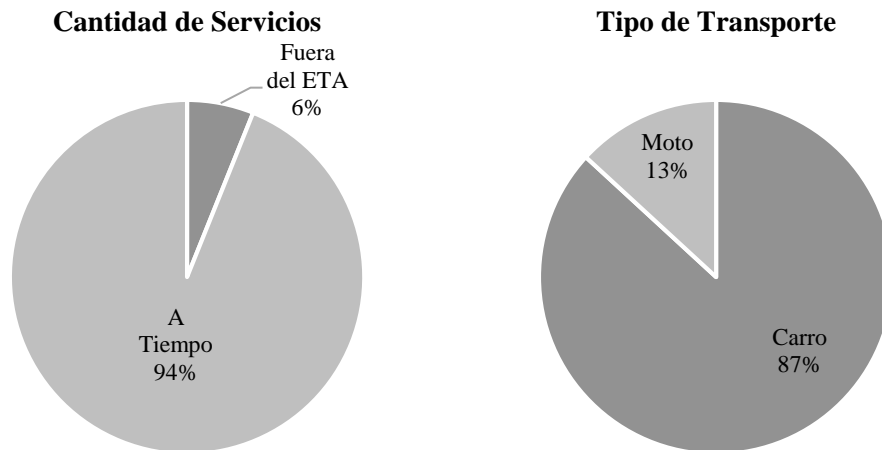


Figura 36. Comportamiento Zona 9 (Sabana Norte)
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

(V) Finalmente se realizó un análisis de cada uno de los aspectos importantes en el servicio Next Day como lo es la cantidad de servicios, cantidad de repuestos despachados, peso y volumen de estos, para conocer la capacidad actual de la flota de transporte.

En cuanto a la cantidad de servicios atendidos en el año 2015 (ver Figura 37) se puede identificar que en el mes de septiembre el número de servicios es mayor con un total de 3269, seguido de octubre con 2910, y para el mes de diciembre con 1937, el mes con menos cantidad de servicios atendidos fue agosto con 907, además se puede ver que los servicios que dejaron de atender fue de 1332 del mes de septiembre a diciembre.

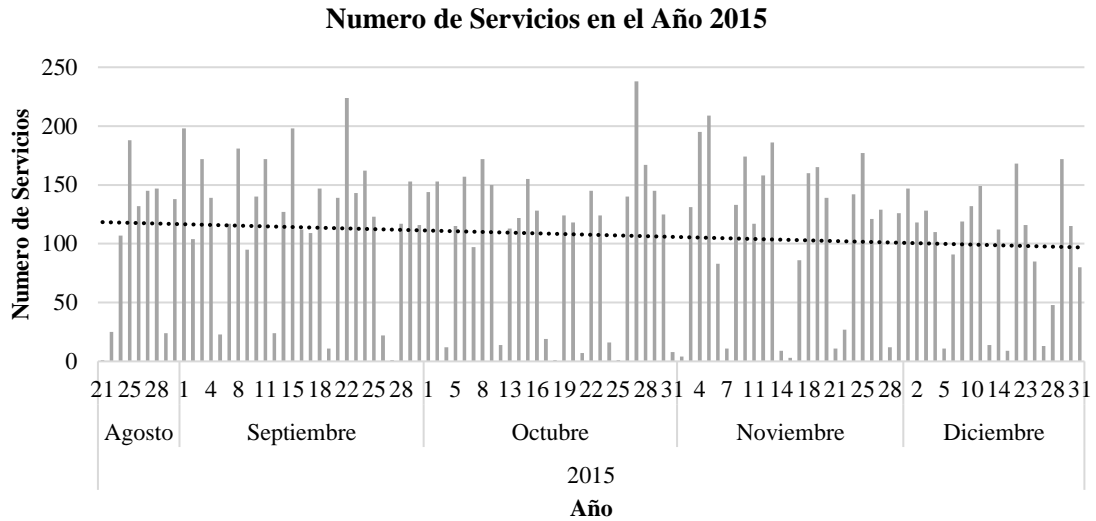


Figura 37. Número de Servicios en el 2015
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para el año 2016 se realizó un análisis de enero a abril en donde se encuentra que los servicios aumentan mes a mes, (ver Figura 38) para enero se atendieron un total 2278 servicios, para febrero 2327, para el mes de marzo 2282 y finalmente para abril 2335, también se identifica que en este periodo se atendieron un promedio de 2305 servicios y con la línea de tendencia se puede ver que en el año actual los servicios atendidos aumentaron en 2.5 %.

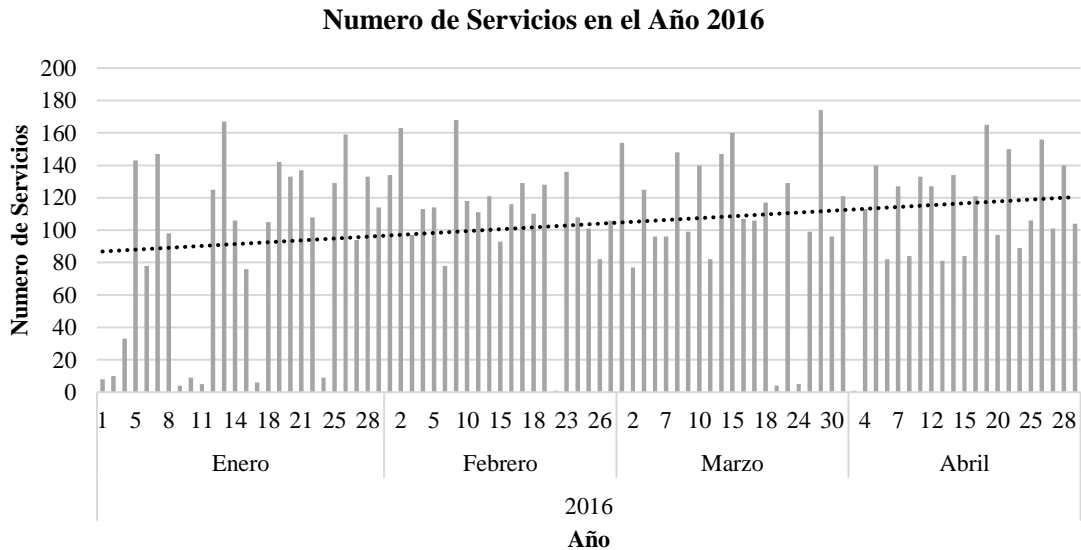


Figura 38. Número de Servicios en el 2016
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Se realizó un análisis de la cantidad de servicios que son atendidos por día para así identificar en cuál de estos se necesita mayor capacidad en la flota de transporte (ver Figura 39) en la gráfica se muestra que el día con mayor afluencia de servicios es el martes con promedio de

147 servicios al día, seguido del jueves con 130, el lunes con 102, y para los sábado, domingos y días festivos la cantidad de servicios atendidos es mínima debido a que generalmente no se despachan servicios para estos días a menos que el cliente lo requiera con mucha urgencia. De esta manera fue posible obtener un indicador de la capacidad del servicio (1), donde el numerador es la cantidad de los servicios entregados en cada día (por ejemplo: el martes) y el denominador representa la cantidad de martes (en este caso) que se tienen en los datos:

$$\text{Indicador Capacidad} = \frac{5168 \text{ servicios en martes}}{35 \text{ martes}} = 147,7 \quad (1)$$

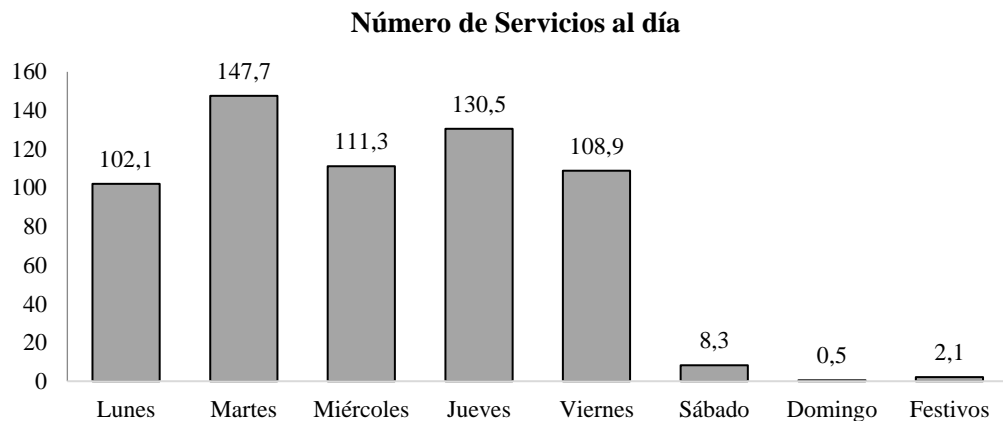


Figura 39. Número de Servicios por Día
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para la cantidad de repuestos despachados por día (ver Figura 40) se puede identificar que el día martes presenta una mayor cantidad de estos con un promedio de 196, seguido del jueves con 183, para el lunes 140 y para la el fin de semana se tiene la misma consideración anterior.

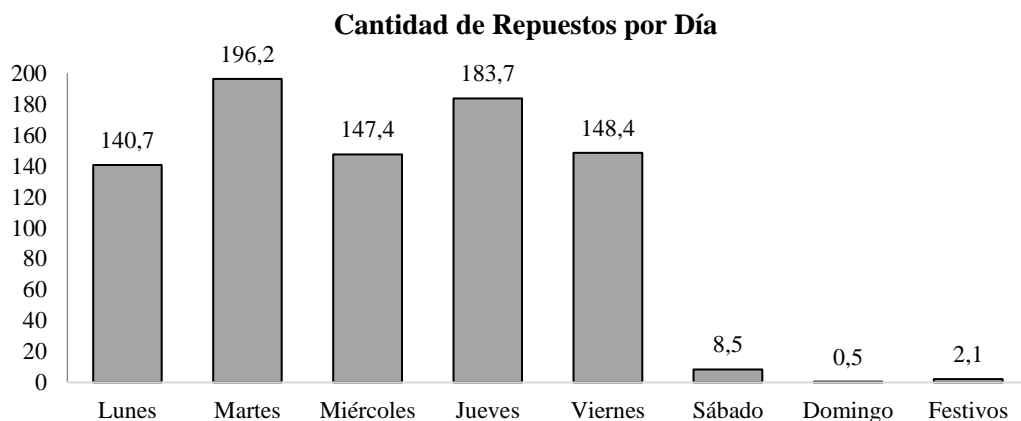


Figura 40. Cantidad de Repuestos por Día
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para el peso que es transportado por día (ver Figura 41) se puede identificar que el jueves transporta un promedio de 394 kilos al día, seguido del martes con 376, el viernes con 310, el lunes con 297, y para la el fin de semana se tiene la misma consideración anterior.

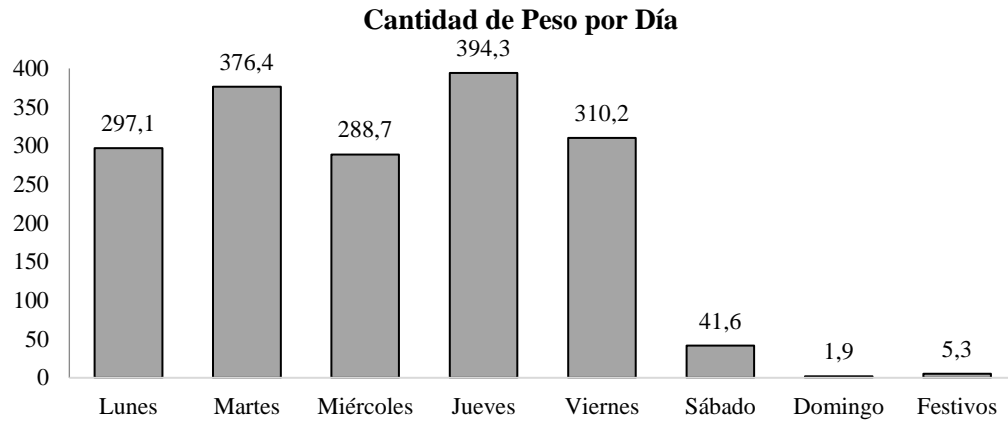


Figura 41. Peso Transportado por Día
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Para el volumen que es transportado por día (ver Figura 42) se puede identificar que el martes transportan un promedio 709 centímetros cúbicos, para el jueves 483, y el día miércoles 288 cm^3 transportados y para la el fin de semana se tiene la misma consideración anterior.

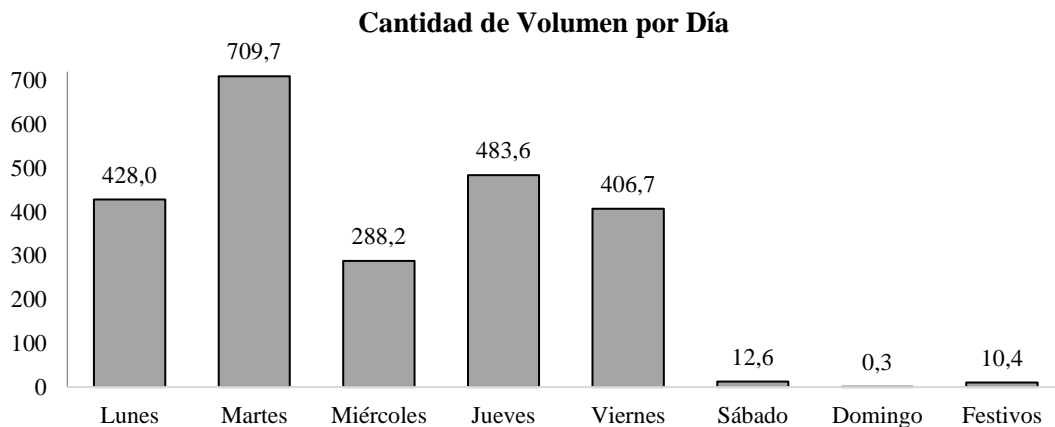


Figura 42. Volumen Transportado por Día
Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

De acuerdo al análisis anterior se puede concluir que el martes es el día más importante en la semana puesto que se generan mayor cantidad de servicios atendidos, repuestos despachados y volumen dando como resultado una capacidad teórica de 147 servicios al día equivalentes a 16 servicios diarios por vehículo.

La flota utilizada en el servicio Next Day consta de diez carros fijos, ocho de tiempo completo (7:30 a 18:00) y dos de medio tiempo (7:30 a 14:00); estos carros son tipo van N300 de carga

con las siguientes características: 725 kilogramos de capacidad de carga, 3.6 m³ de volumen en el área de carga y capacidad para dos pasajeros. (Ver Anexo A)

3.2. Formulación del Modelo de Capacidad para la Flota de Transporte del Servicio Next Day en DHL Supply Chain

Se plantea un modelo VRP con el cual se busca renovar las operaciones actuales de la empresa DHL Supply Chain y como consecuencia aumentar el nivel de cumplimiento. El objetivo del modelo propuesto es minimizar el tiempo del recorrido total haciendo uso exclusivo de la flota fija, la cual consta de diez carros para suplir la totalidad de la demanda dentro del tiempo pactado con el cliente y así mejorar la capacidad de la flota de transporte. Es importante tener en cuenta que no todos los vehículos tienen la misma ventana de tiempo de operación. Ocho vehículos operan durante 660 minutos por día y los restantes dos vehículos operan durante la mitad de este tiempo. Sin embargo, en la formulación del modelo se consideran en primera instancia, tiempos de operación homogéneos para todos los vehículos de hasta 660 minutos. En caso de superar el número de vehículos de tiempo completo debe considerarse un modelo de flota heterogénea.

3.2.1 Características del modelo y supuestos

El modelo debe contener los siguientes aspectos: a) Existe un único depósito (mono depósito) y cada vehículo comienza el recorrido en el depósito y debe volver a él. b) La flota de vehículos es homogénea. c) Cada vehículo hace un solo viaje. d) Cada vehículo tiene capacidad disponible para realizar la ruta asignada, es decir en el recorrido no presentan limitaciones de carga. e) Se debe visitar a todos los clientes y atender la totalidad de su demanda. f) La demanda de cada cliente es conocida y debe ser atendida por un solo vehículo. g) Todos los clientes deben ser atendidos antes de las 18:00 horas.

3.2.2. Formulación del modelo

Se propone un modelo de programación lineal entera el cual pretende encontrar las rutas para visitar un número determinado de clientes buscando satisfacer su demanda y teniendo como criterio de decisión de minimizar el tiempo total recorrido. Se tomó como base del diseño de algunas partes del modelo el trabajo de grado de (Sarmiento, 2014), la cual desarrollo un problema de ruteo de vehículos con balance de carga. Los datos utilizados para la desarrollo del modelo son datos determinísticos puesto que los destinos que los transportadores deben visitar se conocen el día anterior y los datos del tiempo se hallaron con la fórmula $t = d/v$. Por lo tanto, se plantea lo siguiente:

Subíndices

i, j : Depósito y Clientes, donde $i = 1, \dots, D + C$ y $j = 2, \dots, D + C$

Conjuntos

$N = C \cup D$; conjunto que contiene al deposito y a los clientes

$C = \{ D + 1, \dots, D + C \}$; conjunto de clientes

$D = \{ 1, \dots, D \}$; conjunto de depósitos

$k = \{ 1, \dots, K \}$; conjunto de vehiculos

Variables de decisión

X_{ij} : 1 si el arco del Cliente "i" al cliente "j" es atendido, 0 en caso contrario

Y_{ij} : matriz de valores de 0 hasta ∞ que representa las unidades de carga de cada vehiculo

. La CARGA restante que queda en el vehículo después de visitar el cliente.

m: numero de vehiculos a usar $\{0 < m \leq 10\}$

Parámetros

T_{ij} : tiempo de ir desde un Cliente "i", al Cliente "j"

D_j : Demanda del cliente "j"

Q: Capacidad del vehículo "k"

Función objetivo

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} X_{ij} \quad (2)$$

La ecuación (2) representa la función objetivo del problema, la cual consiste en la planeación de las rutas minimizando el tiempo del recorrido, a diferencia de la mayoría de modelos de VRP, este no tiene en cuenta los costos.

Restricciones

$$\sum_{j \in N} X_{ij} = 1 \quad \forall i \in C \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} X_{ji} = 1 \quad \forall i \in C \quad (4)$$

$$\sum_{j \in C} X_{1j} = m \quad (5)$$

$$\sum_{j \in C} X_{j1} = m \quad (6)$$

$$\sum_{j \in N} Y_{ij} - \sum_{j \in N} Y_{ji} = D_i \quad \forall i \in C \quad (7)$$

$$D_j X_{ij} \leq Y_{ij} \quad \forall i \neq j \in N \quad (8)$$

$$Y_{ij} \leq (Q)X_{ij} \quad \forall i \neq j \in N \quad (9)$$

$$X_{ij} = \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \quad (10)$$

Las restricciones (3) y (4) cumplen que cada nodo es atendido una sola vez por un único vehículo; el conjunto de restricciones (5) y (6) garantizan que los vehículos necesarios empiecen su ruta en el nodo de origen (deposito) y la terminen en el mismo nodo. Las restricciones (7) y (8) cumple que dentro de la ruta de cada vehículo no se realicen sub-tours y además calcula la carga restante que queda en cada vehículo luego de visitar un cliente, esta restricción se diseñó específicamente para el modelo presentado para incluir la capacidad de cada uno de los vehículos. La restricción (9) garantiza que la demanda no supere la capacidad del vehículo. Finalmente, la restricción (10) garantiza que la variable sea entera binaria.

3.2.3. Resultados del modelo

El desarrollo del modelo se realizó a través del programa Microsoft Visual Studio Express 2013 junto con CPLEX Studio IDE, se estableció para cinco días (25, 26, 27, 28 y 29 de abril) debido a que son los datos más recientes entregados por la empresa y con los que se realiza el contraste del modelo (objetivo 3), en donde se utiliza una matriz de tiempos la cual se realizó con la herramienta de Google Maps tomando la distancia de un punto a otro y una velocidad promedio de 21 kilómetros por hora (según estudios de la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá (ver Anexo B) y con esto se halló el tiempo tomando la formula $t = d/v$ y un vector con la demanda el cual hace referencia a la cantidad de servicios solicitados por cada cliente; cabe aclarar que debido a la gran cantidad de destinos se realizó la asignación de un número a cada uno de ellos para hacer más fácil la visualización de los resultados, específicamente la ruta. (Ver Anexo C)

Al ejecutar el modelo el tiempo de resolución del problema fue en promedio de 10 a 15 minutos (según el Elapsed time arrojado por el software) por cada día con un Gap del 10%, es decir arroja el mejor resultado al recorrer el 90% del espacio de solución; como respuesta se obtienen dos matrices, la primera muestra la ruta que deben realizar los vehículos (valores de 1 representando el arco a usar y 0 en caso contrario), y la segunda la carga con la que parte el camión y cuánto va dejando durante el recorrido identificada en los resultados como variable Y (ver Anexo D y Anexo E), obteniendo los siguientes resultados:

El día 25 de abril se registraron un total de 96 servicios, fueron atendidos por siete carros, donde se puede apreciar que la capacidad se encuentra entre el 63% y 100% lo que demuestra que los vehículos se están usando de una manera más eficiente puesto que no hay carros que lleven pocos servicios, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido

fue aproximadamente 3,5 horas. El resultado de la función objetivo del modelo fue 1312 minutos para los carros utilizados. (Ver Tabla 6)

Tabla 6. Resultado del modelo del 25 de abril de 2016

| 25 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total | Servicios Realizados |
| 1 | 1-21-33-51-6-68-37-54-56-1 | 63% | 123 | 10 |
| 2 | 1-28-47-55-71-10-2-4-40-64-61-23-1 | 94% | 194 | 15 |
| 3 | 1-44-16-15-67-41-49-32-9-48-19-1 | 81% | 176 | 13 |
| 4 | 1-62-24-7-57-63-22-43-29-30-60-27-1 | 81% | 196 | 13 |
| 5 | 1-70-53-72-73-18-58-38-25-46-45-5-74-42-8-1 | 100% | 261 | 16 |
| 6 | 1-75-13-17-52-65-20-39-36-35-14-31-34-1 | 81% | 186 | 13 |
| 7 | 1-76-12-50-59-26-66-11-69-3-1 | 100% | 176 | 16 |

Fuente: Autoras, 2016

El día 26 de abril se registraron un total de 109 servicios, de esta manera estos servicios fueron atendidos por ocho carros, donde se puede apreciar que la capacidad de cuatro de ellos es del 100%, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente 2,5 horas; el resultado de la función objetivo del modelo fue de 1193 minutos para los vehículos utilizados. (Ver Tabla 7)

Tabla 7. Resultado del modelo del 26 de abril de 2016

| 26 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total | Servicios Realizados |
| 1 | 1-29-22-70-45-31-63-57-64-46-66-33-52-68-61-1 | 100% | 242 | 16 |
| 2 | 1-38-16-44-24-54-32-59-4-35-49-20-21-9-65-1 | 100% | 217 | 16 |
| 3 | 1-40-41-3-42-6-19-60-50-5-2-67-17-14-34-26-1 | 100% | 302 | 16 |
| 4 | 1-48-23-28-69-36-7-56-27-1 | 75% | 185 | 12 |
| 5 | 1-58-53-8-11-47-10-1 | 38% | 91 | 6 |
| 6 | 1-62-13-37-30-51-1 | 100% | 128 | 16 |
| 7 | 1-71-1 | 88% | 28 | 14 |
| 8 | 1-72-43-39-25-18-55-15-12-1 | 81% | 160 | 13 |

Fuente: Autoras, 2016

El día 27 de abril se registraron un total de 69 que fueron atendidos por cinco carros, donde se puede apreciar que la capacidad de ellos se encuentra entre el 63% y el 100% lo que quiere decir que los carros se están usando de manera eficiente, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente 3,5 horas, el resultado de la función objetivo del modelo fue de 1044 minutos para los vehículos utilizados. (Ver Tabla 8)

Tabla 8. Resultado del modelo del 27 de abril de 2016

| 27 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total | Servicios Realizados |
| 1 | 1-14-51-22-47-33-20-27-36-2-55-46-18-12-1 | 100% | 222 | 16 |
| 2 | 1-21-13-11-8-29-40-52-9-6-39-32-1 | 94% | 204 | 15 |
| 3 | 1-23-56-54-3-17-38-28-49-7-35-19-15-25-1- | 94% | 258 | 15 |
| 4 | 1-24-32-4-48-43-30-44-10-5-16-42-45-1 | 81% | 226 | 13 |
| 5 | 1-53-26-31-37-50-41-1 | 63% | 134 | 10 |

Fuente: Autoras, 2016

El día 28 de abril se registraron un total de 108 servicios los cuales fueron atendidos por ocho carros, donde se puede apreciar que la capacidad de cuatro de ellos es del 100%, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente cinco horas, el resultado de la función objetivo del modelo fue de 1511 minutos para los ocho vehículos utilizados. (Ver Tabla 9)

Tabla 9. Resultado del modelo del 28 de abril del 2016

| 28 de Abril | | | | |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total | Servicios Realizados |
| 1 | 1-6-79-69-23-3-1 | 31% | 121 | 5 |
| 2 | 1-35-43-21-44-45-85-8-74-73-63-1 | 69% | 188 | 11 |
| 3 | 1-42-72-64-77-66-34-86-14-4-18-36-1 | 100% | 206 | 16 |
| 4 | 1-53-29-61-65-68-28-27-87-30-20-84-13-55-1 | 100% | 181 | 16 |
| 5 | 1-60-17-2-81-75-25-32-26-51-50-62-58-70-1 | 94% | 192 | 15 |
| 6 | 1-82-12-4-5-47-46-33-31-48-19-7-52-1 | 100% | 189 | 16 |
| 7 | 1-83-40-16-22-24-89-11-76-39-38-9-57-56-67-59-88-1 | 100% | 246 | 16 |
| 8 | 1-90-91-54-15-10-71-80-78-41-37-1 | 81% | 188 | 13 |

Fuente: Autoras, 2016

El día 29 de abril se registraron un total de 75 servicios los cuales fueron atendidos por seis carros, donde se puede apreciar que la capacidad varía del 63% al 94%, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente tres horas, el resultado de la función objetivo del modelo fue de 771 minutos para los vehículos utilizados. (Ver Tabla 10)

Tabla 10. Resultado del modelo del 29 de abril de 2016

| 29 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total | Servicios Realizados |
| 1 | 1-2-3-25-37-38-26-16-11-4-1 | 81% | 140 | 13 |
| 2 | 1-5-28-41-15-43-7-34-1 | 63% | 103 | 10 |
| 3 | 1-17-6-40-9-19-48-10-35-30-44-47-8-33-1 | 94% | 26 | 15 |
| 4 | 1-27-31-50-21-42-46-49-45-32-22-23-1 | 88% | 198 | 14 |
| 5 | 1-29-24-18-39-12-53-51-1 | 81% | 112 | 13 |
| 6 | 1-54-36-55-56-52-13-14-1 | 63% | 192 | 10 |

Fuente: Autoras, 2016

3.3. Contraste del Modelo de Capacidad

En esta sección se muestra el método de comprobación del modelo propuesto, para esto se seleccionó la semana del 25 al 29 de abril del 2016 ya que esta es la más reciente de la serie de datos proporcionados por la empresa, donde el objetivo es conocer el comportamiento real que presenta el servicio Next Day en cada uno de estos días y de esta forma poder compararlos con los resultados obtenidos a partir del modelo presentado anteriormente.

Cabe resaltar que se realizó la programación apropiada en el modelo propuesto para cada uno de los días, es decir, los servicios que se entregaron fuera del ETA se incluyeron al día en el que debió ser despachado, comprobando que todos los servicios fueran entregados en el tiempo acordado con los clientes y de esta manera no presentar servicios fuera del ETA para

no incurrir en costos como multas y motos adicionales. Además se puede evidenciar una reducción en la cantidad de vehículos utilizados y como consecuencia un aumento en el porcentaje de utilización debido a que se presenta un alto nivel de capacidad ociosa. Reducción en el tiempo total de recorrido y aumento en el nivel de cumplimiento para efectuar las entregas en el tiempo pactado con el cliente.

El día 25 de abril se registraron un total de 92 servicios, de los cuales 88 fueron atendidos por nueve carros, donde se puede apreciar que la capacidad del carro seis fue igual al 100% y el carro ocho fue mayor a este; para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente siete horas, es importante resaltar que para cumplir con la demanda requerida por los clientes se usaron dos motos las cuales suplieron cuatro servicios; complementando esta información se obtiene que el último registro de entrega es a las 17:00 horas lo que implica que ningún servicio se entregó fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega). (Ver Tabla 11)

Tabla 11. Comportamiento del 25 de abril de 2016

| 25 de Abril | | | | |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total (min) | Servicios Realizados |
| 1 | 1-17-42-8-1 | 30% | 258 | 3 |
| 2 | 1-72-53-70-1 | 25% | 340 | 4 |
| 3 | 1-10-47-62-51-63-24-7-57-21-69-3-11-1 | 81% | 563 | 13 |
| 4 | 1-65-72-36-20-35-48-12-13-31-14-1 | 69% | 570 | 11 |
| 5 | 1-68-67-19-9-15-1 | 56% | 480 | 9 |
| 6 | 1-55-4-40-5-2-64-45-46-58-25-38-1 | 100% | 500 | 16 |
| 7 | 1-54-1 | 10% | 196 | 1 |
| 8 | 1-23-34-33-6-32-37-66-16-59-41-50-26-1 | 119% | 563 | 19 |
| 9 | 1-71-10-22-52-43-29-60-30-28-1 | 75% | 415 | 12 |

Fuente: Autoras, 2016

Respecto a los resultados obtenidos anteriormente se puede evidenciar que la cantidad de carros disminuye en dos sin embargo el total de las entregas programadas fueron efectivas, el porcentaje de utilización aumento en un 23%, el tiempo total de recorrido se disminuyó en un 66% aproximadamente. Adicionalmente por medio del modelo se puede verificar que se cumplió con la totalidad de la demanda.

El día 26 de abril se registraron un total de 109 servicios de los cuales 106 fueron atendidos por diez carros y tres por tres motos, donde se puede apreciar que la capacidad de tres de ellos (carro 3, carro 6 y carro 8) es mayor al 100%; para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente ocho horas; complementando esta información se obtiene que el último registro de entrega es a las 17:45 horas, aunque este registro es menor al tiempo del máximo de entrega se entregaron cuatro servicios fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega) ya que estos debieron ser atendidos el día inmediatamente anterior. (Ver Tabla 12)

Tabla 12. Comportamiento del 26 de abril de 2016

| 26 de Abril | | | | |
|--------------------|--|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total (min) | Servicios Realizados |
| 1 | 1-24-16-44-39-43-15-12-38-49-1 | 63% | 437 | 10 |
| 2 | 1-42-1 | 10% | 275 | 1 |
| 3 | 1-23-28-9-26-64-42-17-66-2-6-67-13-37-5-1 | 106% | 510 | 17 |
| 4 | 1-58-73-20-21-51-20-35-4-29-1 | 63% | 545 | 10 |
| 5 | 1-53-27-36-73-7-75-73-1 | 69% | 550 | 11 |
| 6 | 1-73-59-65-73-57-18-73-25-39-73-46-66-33-73-68-54-70-1 | 131% | 590 | 21 |
| 7 | 1-40-50-10-60-55-1 | 50% | 180 | 5 |
| 8 | 1-30-3-30-62-19-14-11-71-8-34-73-52-1 | 125% | 645 | 20 |
| 9 | 1-22-45-32-31-61-72-32-73-1 | 63% | 505 | 10 |
| 10 | 1-56-1 | 6% | 315 | 1 |

Fuente: Autoras, 2016

Respecto a los resultados obtenidos en el modelo para el día 26 de abril se puede evidenciar que la cantidad de carros disminuye en cinco sin embargo el total de las entregas programadas fueron efectivas, el porcentaje de utilización aumento en un 16%, el tiempo total de recorrido se disminuyó en un 70% aproximadamente. Adicionalmente por medio del modelo se puede verificar que se cumplió con la totalidad de la demanda.

El día 27 de abril se registraron un total de 71 servicios de los cuales 67 fueron atendidos por nueve carros y cuatro por cuatro motos, para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente ocho horas; complementando esta información se obtiene que el último registro de entrega es a las 17:49 horas, aunque este registro es menor al tiempo del máximo de entrega se entregaron cuatro servicios fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega) ya que estos debieron ser atendidos el día inmediatamente anterior. (Ver Tabla 13)

Tabla 13. Comportamiento del 27 de abril del 2016

| 27 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total (min) | Servicios Realizados |
| 1 | 1-25-1 | 30% | 100 | 3 |
| 2 | 1-23-54-1 | 20% | 250 | 2 |
| 3 | 1-50-41-37-1 | 25% | 330 | 4 |
| 4 | 1-29-39-8-53-3-10-52-9-6-1 | 63% | 450 | 10 |
| 5 | 1-13-11-53-55-53-1 | 44% | 670 | 7 |
| 6 | 1-33-38-53-36-18-19-12-46-49-35-7-15-1 | 94% | 670 | 15 |
| 7 | 1-14-21-53-32-24-26-1 | 44% | 655 | 7 |
| 8 | 1-16-53-42-45-5-34-44-48-4-51-22-30-40-43-1 | 94% | 540 | 15 |
| 9 | 1-27-17-53-20-1 | 25% | 600 | 4 |

Fuente: Las Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Respecto a los resultados obtenidos para el día 27 de abril se puede evidenciar que la cantidad de carros disminuye en cuatro pero el total de las entregas programadas fueron efectivas, el porcentaje de utilización aumento en un 37%, el tiempo total de recorrido se disminuyó en un 75% aproximadamente.

El día 28 de abril se registraron un total de 110 servicios de los cuales 99 fueron atendidos por nueve carros y 11 por seis motos, donde se puede apreciar que la capacidad de dos de los carros (carro 4 y carro 6) es mayor al 100%, es importante resaltar que el carro tres solo utiliza el 6% de su capacidad; para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente siete horas; complementando esta información se obtiene que el último registro de entrega es a las 17:39 horas, aunque este registro es menor al tiempo del máximo de entrega se entregaron dos servicios fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega) ya que estos debieron ser atendidos en días anteriores. (Ver Tabla 14)

Tabla 14: Comportamiento del 28 de abril del 2016

| 28 de Abril | | | | |
|--------------------|---|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total (min) | Servicios Realizados |
| 1 | 1-42-43-35-17-70-1 | 56% | 186 | 9 |
| 2 | 1-90-91-54-1 | 25% | 345 | 4 |
| 3 | 1-7-1 | 6% | 346 | 1 |
| 4 | 1-62-50-20-84-13-55-58-30-68-49-40-65-16-87-22-1 | 113% | 575 | 18 |
| 5 | 1-48-12-57-83-56-19-5-33-31-27-1 | 100% | 609 | 16 |
| 6 | 1-85-74-73-72-64-8-36-18-10-4-77-14-86-66-34-15-1 | 106% | 560 | 17 |
| 7 | 1-71-80-78-41-37-59-88-67-1 | 50% | 216 | 8 |
| 8 | 1-29-61-53-6-76-90-9-39-3-69-79-89-11-28-24-1 | 94% | 603 | 15 |
| 9 | 1-45-63-26-32-25-51-44-81-21-75-90 | 69% | 585 | 11 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Respecto a los resultados obtenidos con ayuda del modelo para el día 28 de abril se puede ver que la cantidad de carros disminuye en uno, pero el total de las entregas programadas fueron efectivas, el porcentaje de utilización aumento en un 15%, el tiempo total de recorrido se disminuyó en un 62% aproximadamente.

El día 29 de abril se registraron un total de 75 servicios de los cuales 70 fueron atendidos por diez carros y cinco por cinco motos, donde se puede apreciar que la capacidad de dos de ellos es 10%; para la totalidad de la flota el promedio del tiempo total de recorrido fue aproximadamente ocho horas; complementando esta información se obtiene que el último registro de entrega es a las 17:40 horas lo que implica que ningún servicio se entregó fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega). (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Comportamiento del 29 de abril de 2016

| 29 de Abril | | | | |
|-------------|---|---------------------|--------------------|----------------------|
| Carro | Ruta | Capacidad Utilizada | Tiempo Total (min) | Servicios Realizados |
| 1 | 1-31-50-21-25-3-2-46-1 | 63% | 565 | 10 |
| 2 | 1-27-55-36-1 | 19% | 366 | 3 |
| 3 | 1-33-1 | 10% | 247 | 1 |
| 4 | 1-49-16-11-26-11-20-38-18-12-19-48-9-37-1 | 88% | 575 | 14 |
| 5 | 1-56-1 | 10% | 250 | 1 |
| 6 | 1-54-15-53-51-7-43-53-1 | 81% | 585 | 13 |
| 7 | 1-42-22-23-14-13-52-1 | 56% | 425 | 9 |
| 8 | 1-29-6-17-28-5-41-54-1 | 50% | 542 | 8 |
| 9 | 1-4-47-44-8-35-30-10-54-1 | 50% | 590 | 8 |
| 10 | 1-32-45-54-1 | 19% | 585 | 3 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

Respecto a los resultados obtenidos con ayuda del modelo para el día 29 de abril se puede ver que la cantidad de carros disminuye en cuatro sin embargo el total de las entregas programadas fueron efectivas, el porcentaje de utilización aumento en un 33%, el tiempo total de recorrido se disminuyó en un 83% aproximadamente.

Con los resultados obtenidos por el modelo y el comportamiento real que tuvo la flota de transporte los días seleccionados, se realizó un cálculo obteniendo el promedio del porcentaje de utilización por día de los vehículos (ver Figura 43), como se puede observar el modelo propuesto hace más eficiente la flota de transporte en un 25% en promedio siendo el más bajo el día viernes es el menor debido a que la cantidad de servicios atendidos fue baja en comparación con los demás días y también en el comportamiento real la utilización de los vehículos no es mayor al 70% lo que significa que se está perdiendo una tercera parte de la capacidad disponible, además se identifica que no hay demasiada capacidad ociosa en los resultados del modelo, lo que podría incrementar los costos de la empresa al contratar la tercerización del servicio.

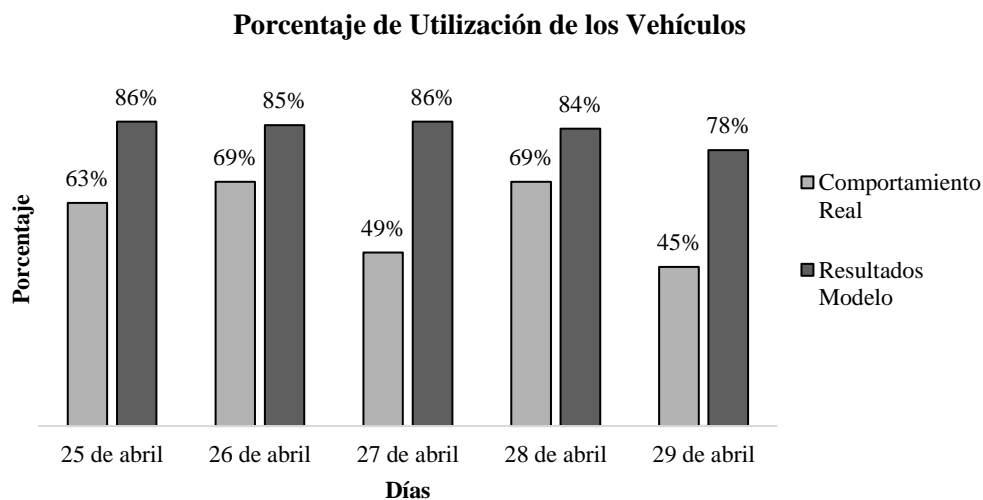


Figura 43. Comparación Porcentaje de Utilización de los Vehículos

Fuente: Autoras, 2016

Por otro lado, se contempla que la empresa DHL en el servicio Next Day paga a sus proveedores mensualmente un valor fijo por tipo de vehículo que presta el servicio: \$3'350.000 por carro y \$1'870.000 por moto, es decir que de acuerdo al total de datos recolectados la compañía gasta más de \$42'500.000 en la contratación de la flota de transporte, adicionalmente se puede identificar que a pesar de utilizar flota adicional (motos) se registran servicios fuera del tiempo máximo de entrega. En comparación con los resultados arrojados por el modelo el costo en el que incurriría la empresa sería alrededor de \$23'450.000 debido a la disminución en el uso de los vehículos y motos.

Es importante comentar que el tiempo de recorrido que se usó en el modelo no incluye el tiempo adicional que demora el transportador en entregar el servicio como esperar al cliente, diligenciar formatos, subir escaleras, entre otros.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo, se muestran las conclusiones de acuerdo a cada uno de los objetivos planteados al inicio del proyecto y las recomendaciones que se hacen a la empresa para el mejoramiento de su operación además de oportunidades para trabajos futuros.

4.1. Conclusiones

Los objetivos que se perseguían en este proyecto se cumplieron ya que se logró proponer la formulación y el desarrollo de un modelo de capacidad para la flota de transporte del servicio Next Day en la empresa DHL Supply Chain Bogotá basándose en el problema de enrutamiento de vehículos, buscando una mejora en cuanto a la programación de las visitas a los clientes para satisfacer la demanda de estos mismos y a la capacidad utilizada de los vehículos obteniendo resultados razonables.

En el primer objetivo, el cual consistía en diagnosticar el estado actual de los servicios ofrecidos por la flota de transporte, se puede concluir:

- Se evidenció que el 6% de servicios entregados están por fuera del indicador ETA (tiempo aproximado de entrega) en los cuales el 42% presenta una causal justificando el porqué de la llegada tarde, dentro de las causales que más afectan la entrega a tiempo están: solicitud errada, fallido por proceso en el cliente, parte de devolución no disponible y la dirección es errada. Por otro lado, para los servicios que se entregaron dentro del tiempo acordado con el cliente pero que presentaron algún tipo de demora, se presentaron las siguientes causales a tales acontecimientos: parte de devolución no disponible, ingeniero (responsable de recibir la parte) no disponible en el sitio, dirección errada y punto se encuentra cerrado. Sumado a esto, se percibió que se realiza contratación adicional de motos para suplir el 12% de la demanda, a pesar de que la flota fija que tiene el servicio Next Day solo cuenta con carros.
- En el servicio Next Day en Bogotá el mejor cliente para la empresa es Lexmark con una participación de 54% seguido por IBM y GMO, para estos servicios se prestaron un 90% en carros, donde el 94% se entregaron dentro del tiempo pactado con el cliente, enviados especialmente a la zona 3 (Chapinero 2), zona 7 (Sur) y zona 2 (Chapinero 1) usando como modalidad principal la entrega, la que representa un 96% de los servicios solicitados. La demanda en el rango de tiempo que se tiene no fue estable, presentando dos caídas en diciembre del año 2015 y en marzo del presente año y tres picos en noviembre del año pasado y finales de abril de 2016, sin embargo, después de la última caída los servicios requeridos han ido en aumento.
- La zona que tiene más participación en el servicio Next Day es la zona 3 correspondiente a Chapinero 2, con un 20% equivalente a la entrega de 4996 repuestos, aproximadamente

10433 kilogramos y 17619,37 cm² transportados, de estos el 87% se realizó en carro, el 6% llegó por fuera del indicador ETA y la modalidad de entrega fue la mayor mostrando un 61,25%; además se percibe que la zonificación realizada por la empresa no se cumple a cabalidad por la flota de transporte debido a que no existe equilibrio en los servicios asignados a cada vehículo y los transportadores se comparten entre ellos las diferentes zonas, habiendo una diferencia de 19 puntos porcentuales entre la zona 3 y la zona 8 que es en la que menos se atienden clientes.

- Septiembre del año anterior y abril del año actual, fueron los meses en los que se presentó mayor cantidad de servicios entregados con 3269 y 2335 respectivamente, para un total de 18245 servicios en todo el rango de tiempo que se tiene, mostrando que los servicios atendidos este año aumentaron en un 2,5%. Asimismo se identificó que el martes es el día de la semana en el que se atienden más clientes con un promedio de 147 servicios equivalente a 196 repuestos despachados y 709 centímetros cúbicos, a pesar de esto el jueves es el día que se transporta más peso con un promedio de 394 kilos diarios lo que son 130 servicios. De esta manera, se concluye que la capacidad teórica de la flota es de 147 servicios al día, es decir, a 16 servicios diarios por cada vehículo.

En el segundo objetivo que era la formulación del modelo de capacidad para la flota de transporte, se concluye lo siguiente:

- De acuerdo a las características del problema presentado se determinó desarrollarlo basándose en el problema de enrutamiento de vehículos CVRP, debido a que la capacidad establecida de los vehículos es de 16 servicios diarios y estos no pueden sobrepasar este límite; la flota se considera homogénea debido a que en la solución del modelo solo se utilizan ocho vehículos de las mismas características (tiempo completo desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas).
- El modelo se formuló de manera que se usara un máximo de diez carros (flota fija del servicio Next Day), además se restringió el uso de motos puesto que no son parte de esta flota corriendo el riesgo de que los vehículos propuestos no dieran abasto con la demanda de los clientes; la demanda se conoce debido a que los clientes solicitan el servicio, en la noche se realiza el alistamiento del pedido y al siguiente día ya se sabe lo que cada transportador debe entregar; no se presenta limitación de carga puesto que los vehículos nunca van con su capacidad máxima; en las modalidades de servicio, a la recogida se le modificó la dirección de destino con el fin de que no se presentaran sub-tours; se programaron todos los servicios que debían ser entregados en cada uno de los días para que no se presentaran fuera del indicador ETA ni por la hora ni por el día.
- En los resultados arrojados por el modelo se evidenció que se visitan todos y cada uno de los clientes, con un solo vehículo. El día 25 de abril se visitaron 75 clientes usando siete carros, cada vehículo atendiendo un promedio de 11 clientes con un promedio de 86% en la capacidad utilizada y gastando un total de 22 horas aproximadamente. El día 26 de abril se atendieron 71 clientes que son 109 servicios en 23 horas por un total de ocho carros, donde cada uno de ellos atendió en promedio nueve clientes. El 27 de abril se visitaron 55 clientes en 17 horas aproximadamente, utilizando cinco vehículos de la flota que se

encargaron de 11 clientes en promedio cada uno y con un mínimo de 63% en la capacidad utilizada. El día 28 de abril se atendieron 108 servicios correspondientes a 90 clientes con ocho carros en un total de 25 horas, usando en cuatro de los vehículos un 100% de su capacidad disponible. El 29 de abril se ocuparon de 55 clientes, lo que son 75 servicios atendidos en 13 horas por seis carros con un promedio de nueve clientes por cada uno de ellos. En este caso los clientes hacen referencia a cada destino diferente que haya estado en la programación de los vehículos.

- En la semana de muestra elegida, el martes fue el día que presentó más servicios con 109, seguido del jueves con 108, haciendo relación a lo concluido en el primer objetivo. El martes 26 de abril se transportaron más de 600 kilogramos atendiendo en mayor medida a Lexmark y el jueves 28 de abril se transportaron aproximadamente 99 kilogramos visitando a los clientes Lexmark, IBM Y Oracle. (Basado en datos reales)

En el tercer objetivo, que radicaba en contrastar el modelo de capacidad verificando la efectividad del plan propuesto, se concluye que:

- Con la comparación del comportamiento real y los resultados arrojados por el modelo se obtuvo:

Tabla 16. Comparación entre Comportamiento Real y Resultados del Modelo

| Día | Comportamiento Real | Resultados del Modelo |
|--------------------|--|--|
| 25 de Abril | 9 carros y 2 motos | 7 carros |
| | 92 servicios | 96 servicios |
| | Capacidad utilizada entre 30% y 119% | Capacidad utilizada entre 63% y 100% |
| | Recorrido en 7 horas por cada vehículo | Recorrido en 3 horas por cada vehículo |
| 26 de Abril | 10 carros y 3 motos | 8 carros |
| | 109 servicios | 109 servicios |
| | Capacidad utilizada entre 6% y 131% | Capacidad utilizada entre 38% y 100% |
| | Recorrido en 8 horas por cada vehículo | Recorrido en 3 horas por cada vehículo |
| 27 de Abril | 9 carros y 4 motos | 5 carros |
| | 71 servicios | 69 servicios |
| | Capacidad utilizada entre 20% y 94% | Capacidad utilizada entre 63% y 100% |
| | Recorrido en 8 horas por cada vehículo | Recorrido en 4 horas por cada vehículo |
| 28 de Abril | 9 carros y 6 motos | 8 carros |
| | 110 servicios | 108 servicios |
| | Capacidad utilizada entre 6% y 113% | Capacidad utilizada entre 31% y 100% |
| | Recorrido en 7 horas por cada vehículo | Recorrido en 3 horas por cada vehículo |
| 29 de Abril | 10 carros y 5 motos | 6 carros |
| | 75 servicios | 75 servicios |
| | Capacidad utilizada entre 10% y 88% | Capacidad utilizada entre 63% y 94% |
| | Recorrido en 8 horas por cada vehículo | Recorrido en 2 horas por cada vehículo |

Fuente: Autoras, 2016

- En la Tabla 16 la diferencia en los servicios que se atendieron cada día se presentó debido a que en el modelo se programaron los servicios que en el comportamiento real se registraron como entregados fuera del indicador ETA; La capacidad que es sobrepasada no indica que el vehículo no tuviera espacio sino que se basó en los 16 servicios que podía atender cada carro; la discrepancia existente en el tiempo de recorrido también se debe a

que en el modelo no se tuvieron en cuenta tiempos adicionales que gastan los transportadores en esperar a la persona que va a recibir la parte, subir escaleras, entre otros.

- Por medio del modelo propuesto se logra disminuir el tiempo de recorrido de la flota de transporte en un 72%, pasando de un promedio de 4291,4 minutos a 1198,2 minutos; aumentar el porcentaje de utilización de los vehículos en un 30%; disminuir en dos carros el promedio de uso de los mismos, es decir, se usaban en promedio nueve carros y con el modelo se usaron siete, lo que implicaría una mengua en los costos por la reducción en la contratación de los vehículos y por su puesto en los resultados no se presentó el servicio adicional de motos, todo lo anterior cumpliendo al 100% con las demandas de los clientes en el tiempo pactado.
- Se identificó que es posible disminuir los costos operativos de la empresa por medio del uso exclusivo de la flota fija y eliminando el uso adicional de la contratación de motos, esto también se debe a que no existe una buena programación de los diferentes destinos que han de visitar los transportadores, adicional a que al no entregar los servicios por fuera del indicador ETA no hay que pagar multas por retrasos y aumenta el nivel de la promesa de servicio.

4.2. Recomendaciones

El modelo propuesto puede ser implementado para mejorar la operación del servicio Next Day en DHL Supply Chain Bogotá debido a los beneficios que este puede traer a la empresa, en cuanto a costos, satisfacción del cliente y la programación de los vehículos. Es posible que la flota fija se pueda disminuir a 8 vehículos puesto que de esta manera no se presentara capacidad ociosa y el porcentaje de utilización de estos aumentara disminuyendo los costos operativos.

Se recomienda utilizar una aplicación de tránsito y navegación que muestre en tiempo real el estado del tráfico para proyectar el tiempo aproximado de ruta, además evitar las vías más congestionadas de la ciudad y así disminuir el tiempo total de recorrido. Es importante tener presente sucesos significativos como: los horarios en los que los clientes pueden recibir los respectivos pedidos, estandarizar la forma de escribir las diferentes direcciones a las cuales se deben dirigir los transportadores, saber que partes no están disponibles, entre otros. Además realizar una buena y eficiente programación de los puntos que deben visitar los transportadores en donde no se pierda mucho tiempo en recorrer varios puntos de la ciudad.

De acuerdo al modelo planteado se identifica que este podría ser mejorado de dos formas, la primera es por medio de un balanceo de carga en las horas puesto que en los resultados se evidencio que los vehículos trabajan menos del tiempo establecido por la empresa y la segunda convirtiendo la flota de transporte en heterogénea para evaluar los diferentes tiempos de operación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

- Altekarr, R. (2005). *Supply Chain Management: Concepts and Cases*. New Delhi: Prentice Hall.
- Anaya, J. (2011). *Logística Integral: La Gestión Operativa de la Empresa*. Madrid: Esic Editorial.
- Anaya, J. (2015). *El Transporte de Mercancías: Enfoque logístico de la Distribución*. Madrid: Esic Editorial.
- Antún, J. (2004). *Logística Inversa*. México DF.
- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Bastos, A. (2007). *Distribución Logística y Comercial: La Logística en la Empresa*. España: Ideaspropias Editorial.
- Bermón, L. (s.f.). *Definición de un Modelo*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de www.virtual.unal.edu.co
- Cabeza, D. (2012). *Logística Inversa en la Gestión de la Cadena de Suministro*. Barcelona: Marge Books.
- Castañeda, J., & Cardona, J. (2014). *Implementación del Método del Ahorro para Resolver el VRP aplicado al Diseño de una Red de Logística Inversa para la Recolección de Aceite Vehicular Usado Generado en los Puntos de Acopio Ubicados en Pereira*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4395>
- Castellanos, A. (2009). *Manual de la Gestión Logística del Transporte y la Distribución de Mercancías*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Castillo, E., Cortés, C., Fuentes, R., Moya, C., & Rocco, V. (2011). *Análisis de la Capacidad de Corredores de Transporte Público mediante Microsimulación*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/Acta-2011-01-49.pdf>
- Conceptos Básicos de Servicio al Cliente. (s.f.).
- Chavez, J., & Rodolfo, T.-R. (2012). *Supply Chain Management: Logrando Ventajas Competitivas a través de la Gestión de la Cadena de Suministro*. Santiago de Chile: RIL Editores.
- Chevrolet. (2015). *Chevrolet*. Obtenido de <http://www.chevrolet.com.co/n-300-van-de-carga.html>
- Duarte, A., Pantrigo, J., & Gallego, M. (2007). *Metaheurísticas*. Madrid: DYKINSON, S.L.
- Escudero, M. (2014). *Logística de Almacenamiento*. España: Ediciones Paraninfo.
- Felicísimo, A. (s.f.). *Conceptos básicos, modelos y simulación*. Obtenido de <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>
- Gestión Eficiente de Flotas de Vehículos por Carretera. (s.f.).
- Gómez, G. S. (2008). *Cuantificación y Generación de Valor en la Cadena de Suministro Extendida*. León: Del Blanco Editores.

- Google Maps. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 5 de 12 de 2015, de <https://www.google.com.co/maps/place/DHL/@4.6775794,-74.1178988,17z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x8e3f9b7b2cd0bc91:0x15c6cb17281cf36>
- Hart, N. (2011). *The CIM Marketing Dictionary*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Hernández, S., & Romo, P. (1992). Capacidad del Transporte Público en Autobuses Interurbanos y Suburbanos.
- Icontec Internacional. (12 de 12 de 2007). *NTC 5500-2*. Obtenido de <https://tienda.icontec.org>
- Iglesias, A. (s.f.). Manual de Gestión de Flotas de Transporte.
- Irma, G. (Agosto de 2010). *El Problema de Ruteo de Vehículos*. Obtenido de <http://lya.fciencias.unam.mx/computocientifico/archivos/RuteoVehiculos.pdf>
- Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R. (2005). *Manual de Control de la Calidad*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Kerzner, H. (s.f.). *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards*. International Institute for Learning, INC.
- Kloter, P., & Armstrong, G. (2003). *Fundamentos de Marketing*. Ciudad de México: Pearson Educación.
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones: Estrategia y Análisis*. México: Pearson Educación.
- Lean Logistics. (2015). *Sistema de Gestión de Transporte*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de www.leanlogistics.com
- López, R. (1993). *Programación Lineal y Decisiones Económicas*. Caracas: Editorial Exlibris.
- Martínez, S., & Fong, K. (2015). Gestión Integrada de Transporte. *É Logística*.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (7 de Abril de 1997). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (5 de Febrero de 2001). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (6 de Agosto de 2002). Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (21 de Noviembre de 2003). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (28 de Diciembre de 2004). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (23 de Abril de 2009). *Mintransporte*. Obtenido de <https://www.mintransporte.gov.co>
- Mora, L. (2010). *Gestión Logística Integral: Las Mejores Practicas en la Cadena de Abastecimiento*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Neubauer, D. (Mayo/Junio de 2011). *En qué consiste la capacidad del proceso*. Obtenido de http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPMJ11/datapoints_spmj11.html
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Análisis de Sistemas de Producción*. Recuperado el 27 de Febrero de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/w7452s/w7452s01.htm>

- Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2008). *Modelos de Transporte*. España: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- Oszlak, O., & Orellana, E. (s.f.). *El Análisis de la Capacidad Institucional: Aplicación de la Metodología SADCI*. Recuperado el 29 de Febrero de 2016, de <http://www.oscaroszlak.org.ar/>
- Oxford University Press. (2015). *Oxford Dictionaries*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de Language Matters: www.oxforddictionaries.com
- Parmenter, D. (2010). *Key Performance Indicators: Developing, Implementing and Using Winning KPI's*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Paz, R. (2005). *Servicio al Cliente: La Comunicación y la Calidad del Servicio en la Atención al Cliente*. España: Ideaspropias Editorial.
- Pérez, V. (2006). *Calidad Total en la Atención del Cliente: Pautas para Garantizar la Excelencia en el Servicio*. España: Ideaspropias Editorial.
- Robusté, F., & Galván, D. (2005). *e-Logistics*. Barcelona: Edicions UPC.
- Rohrer, M. (1995). *IEEE Xplore*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de Simulation and Cross Docking: www.ieeeexplore.ieee.org
- Salazar, B. (2012). *Indicadores de Desempeño Logístico - KPIs*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de www.ingenieriaindustrialonline.com
- Salazar, B. (2012). *Medios y Gestión del Transporte*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de www.ingenieriaindustrialonline.com
- Sarmiento, A. (20 de Febrero de 2014). *Estudio del Problema de Ruteo de Vehículos con Balance de Carga: Aplicación de la Meta-Heurística Búsqueda Tabú*. Obtenido de [http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/9798/Ang%C3%A9lica%20Sarmiento%20Lepesqueur%20\(TESIS\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/9798/Ang%C3%A9lica%20Sarmiento%20Lepesqueur%20(TESIS).pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sastre, M. (2009). *Diccionario de Dirección de Empresas y Marketing*. Madrid: Ecobook.
- Secretaria Distrital de Movilidad. (Septiembre de 2016). *Sistema Distrital de Quejas y Soluciones*. Obtenido de <http://bogota.gov.co/sdqs>
- Silva, Á. (2006). *Gestión de Flotas de Transporte*. Caracas.
- Taha, H. (2004). *Investigación de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Transics Company. (s.f.). *¿Qué se entiende por Sistema de Gestión de Transporte?* Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de www.transics.com
- Vavra, T. (2003). *Como Medir la Satisfacción del Cliente según la ISO 9001:2000*. FC Editorial.
- Velosa, J., & Sánchez, L. (s.f.). *Análisis de la Capacidad Tecnológica en Pymes metalmeccánicas: Una Metodología de Evaluación*. Recuperado el 7 de Marzo de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602012000100009&lng=pt&nrm=iso

ANEXOS

Anexo A. Ficha Técnica de los Vehículos



MOTOR

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Tipo de motor | 1.2L 16 válvulas DOHC |
| Cilindrada | 1.206 cc |
| Potencia (HP @ RPM) | 81 @ 5.300 |
| Torque (kg-m @ RPM) | 10.91 @ 4.000 |

TRANSMISIÓN

| | |
|---------------------|---------------------------|
| Tipo de transmisión | Mecánica de 5 velocidades |
| Tracción | Trasera |

DIMENSIONES

PESOS Y CAPACIDADES

| | |
|--|-------|
| Peso vacío (kg) | 1.125 |
| Capacidad de carga (kg) | 725 |
| Volumen área carga (mts ³) | 3.6 |
| Capacidad de pasajeros | 2 |



DIRECCIÓN Y CONTROL

| | |
|-----------------|---|
| Asistencia | Asistida hidráulicamente |
| Llantas y rines | 175/70 R14 Acero |
| Frenos | Sistema hidráulico (Disco - Campana) |

ADICIONALES

Radio CD + MP3
Aire acondicionado manual



Fuente: Basado en (Chevrolet, 2015)

Anexo B. Solicitud de Información SDM



SDM-DCV-112539-16

Bogotá D.C.,

Señora:
PAULA ANDREA DUARTE

Asunto: Solicitud de Información.
Referencia: Rad. SDQS-139315-2016

En la actualidad la Secretaría Distrital de Movilidad adelanta un contrato de consultoría, cuyo objeto es realizar la "TOMA DE INFORMACIÓN DE CAMPO, COMO INSUMO DEL PROGRAMA DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y PLANEACIÓN DEL TRÁNSITO Y EL TRANSPORTE DE BOGOTÁ D.C.", enmarca dentro de su alcance, realizar la toma de información o monitoreo permanente, insumo para el seguimiento y análisis de las condiciones del tránsito y transporte presentes en la ciudad de Bogotá.

Como información Típica o de seguimiento en 24 corredores principales de la ciudad, se realizan estudios trimestrales, de tiempos de recorrido en vehículo particular y en transporte público colectivo e individual por el método de vehículo en movimiento- con GPS, determinando los tiempos de demoras del corredor, los cuales deberán basarse en lo establecido en el Manual de Planeación del Tránsito y el Transporte para la Ciudad de Bogotá (Secretaría de Tránsito STTB-2005).

Teniendo en cuenta lo anterior, se envía un consolidado de las velocidades promedio en cada uno de los corredores de seguimiento de la SDM, por modalidades de transporte utilizadas dentro del contrato, en periodos de (6:00-9:00 11:00-14:00 16:00-20:00), para un día Típico. (Tabla 1) y a su vez el promedio de las velocidades en todos los corredores para las mismas modalidades. (Tabla 2)

TABLA 1. Historial Velocidades promedio por modalidad.

| CORREDOR | VELOCIDAD (Km/h) | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| | 2015 | | | 2016 | | |
| | TRANSPORTE PRIVADO (Automóvil y Moto) | TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO | TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL (TAMS) | TRANSPORTE PRIVADO (Automóvil y Moto) | TRANSPORTE PÚBLICO COLECTIVO | TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL (TAMS) |
| AK68 X AC 100 | 22,50 | 16,78 | 21,49 | 18,51 | 15,39 | 19,81 |
| AVN05 | 28,75 | 20,38 | 28,94 | 25,84 | 18,11 | 26,33 |
| AVB07 FGA | 30,10 | 21,96 | 30,52 | 27,44 | 20,37 | 26,08 |
| BB 13 BR 37 | 18,35 | 15,20 | 19,25 | 17,97 | 10,33 | 19,54 |
| AK11 | 15,42 | 12,63 | 17,64 | 9,38 | 1,91 | 9,84 |
| AC19 | 16,62 | 12,33 | 16,03 | 15,72 | 12,08 | 14,06 |
| AV TRANSVERSAL DE SUR | 25,54 | 20,78 | 26,02 | 24,53 | 18,93 | 23,25 |
| AC53 | 17,01 | 14,89 | 16,64 | 15,94 | 15,55 | 15,58 |
| AC13 | 24,24 | 19,59 | 25,09 | 22,65 | 17,14 | 23,08 |
| AV ESPERANZA | 24,14 | 19,17 | 23,70 | 22,30 | 17,00 | 21,35 |
| AK19 | 15,77 | 13,34 | 15,72 | 15,60 | 13,45 | 14,97 |
| AC68 | 18,90 | 15,69 | 20,09 | 19,40 | 15,42 | 19,10 |
| AC26 | 41,11 | 25,57 | 43,79 | 40,57 | 22,86 | 35,77 |
| AK10 | 17,10 | 14,06 | 16,49 | 15,67 | 14,89 | 15,96 |
| AK7 | 23,21 | 17,93 | 22,41 | 20,11 | 16,75 | 20,69 |
| AV1 DE MAYO | 22,57 | 17,13 | 22,97 | 20,69 | 16,49 | 20,89 |
| AC170 | 26,92 | 18,84 | 25,48 | 26,33 | 21,89 | 29,62 |
| AV AMERICAS | 25,72 | 18,80 | 25,33 | 21,67 | 18,80 | 22,28 |
| AV CIUDAD DE CALI | 24,17 | 17,28 | 23,97 | 21,81 | 16,82 | 22,57 |
| AV NORTE Y AV CARACAS | 26,17 | 18,43 | 25,32 | 24,11 | 3,41 | 24,02 |
| AV GIRONVALAR | 33,52 | 0,00 | 34,66 | 34,44 | | 30,75 |
| AC127 | 18,69 | 14,21 | 18,05 | 16,70 | 13,21 | 17,28 |
| AC80 | 25,27 | 23,22 | 25,63 | 25,32 | | 25,71 |
| AK15 | 12,75 | 10,77 | 14,84 | 7,87 | 6,28 | 7,84 |
| PROMEDIO TOTAL | 23,11 | 16,64 | 23,35 | 21,35 | 14,8668 | 21,09803 |

Fuente Secretaría Distrital de Movilidad

Página 1 de 2

AC 13 No. 37 - 35
Tel: 3649400
www.movilidadbogota.gov.co
Info: Línea 195



Fuente: Basado en (Secretaría Distrital de Movilidad, 2016)



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
SECRETARÍA DE MOVILIDAD

TABLA 1. Historial Velocidades promedio por modalidad.

| VELOCIDADES HISTÓRICAS | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Velocidad promedio transporte público (Km/H) | 19,2 | 19,27 | 18,52 | 19,55 | 17,58 | 16,64 | 21,10 |
| Velocidad promedio particular (Km/H) | 23,53 | 23,04 | 23,77 | 26,47 | 27,28 | 23,11 | 21,35 |
| Velocidad promedio Individual (Km/H) | 23,83 | 23,4 | 24,39 | 26,99 | 27,45 | 23,35 | 21,10 |

Fuente Secretaría Distrital de Movilidad

En consecuencia la información suministrada no es susceptible de explotación económica y no podrá ser reproducida ni modificada o usada con fines diferentes a los señalados en su petición, lo anterior con base en lo dispuesto en el artículo 303 del Código Penal, el cual enuncia lo siguiente:

"Artículo 303. LA ILÍCITA EXPLOTACION COMERCIAL. El que comercialice bienes recibidos para su distribución gratuita, incurrirá en prisión de dieciséis (16) a setenta y dos (72) meses y multa de sesenta y seis punto sesenta y seis (66.66) a trescientos (300) salarios mínimos legales mensuales vigentes. En la misma pena incurrirá el que comercialice artículos o productos obtenidos de entidades públicas o privadas, a precio superior al convenido con éstas".

Bogotá para todos,

OSCAR FERNANDO DAZA VELASQUEZ
Director de Control y Vigilancia

Proyectó: Jennifer Daniela Cardozo Fajardo -Profesional- Dirección de Control y Vigilancia SDM-26-08-2016
Revisó: Luz Mery Gutierrez- Profesional Dirección de Control y Vigilancia
Luis Humberto González Heraque -Profesional Dirección de Control y Vigilancia
Copia: Eliana Castañeda -Profesional Universitario Dirección de Control y Vigilancia de la SDM-SDQS

Code39



Página 2 de 2

AC 13 No. 37 - 35
Tel: 3649400
www.movilidadbogota.gov.co
Info: Línea 195

BOGOTÁ
MEJOR PARA TODOS

Fuente: Basado en (Secretaria Distrital de Movilidad, 2016)

Anexo C. Numeración Destinos

25 de Abril

| Número | Dirección | Número | Dirección |
|---------------|-------------------------------|---------------|------------------------------------|
| 1 | DHL Cra. 85d #46a38 | 39 | CLL 73 #8-13 |
| 2 | AV 9 No 125 - 30 | 40 | av 15 N° 104-33 |
| 3 | Autopista sur 63-40 | 41 | av Cra 14 N° 10-09 Sur |
| 4 | av 15 N° 106-57 | 42 | cra 63 N° 98B-16 |
| 5 | av 7 N° 112 - 08 | 43 | CALLE 100 # 8 A - 55 |
| 6 | av las Americas # 64A - 39 | 44 | CALLE 11 No 31 A 42 |
| 7 | Av 80 N 44-19 Sur | 45 | CALLE 152 N 9 - 80 |
| 8 | Av Boyacá N 71A-27 | 46 | CALLE 166 N 19 B - 42 |
| 9 | AVENIDA 19 N 4-62 | 47 | CALLE 23 -# 116 - 31 |
| 10 | CALLE 100 # 19A - 35 | 48 | CALLE 36 # 7 - 47 |
| 11 | Calle 49 Sur No 41 - 47 | 49 | CALLE 7 N 15 - 96 |
| 12 | Calle 53 N13-40 | 50 | Carrera 10 # 30B 20 sur |
| 13 | Calle 57 # 10 -02 | 51 | Carrera 68 No 11-25 |
| 14 | Calle 67 No 7-94 | 52 | Carrera 11 No 87 - 51 |
| 15 | CARRERA 25 NRO 13-11 | 53 | Cortijo Calle 78B No 114A - 62 |
| 16 | Carrera 30 No 3B - 35/41 | 54 | CRA 40 # 24 A - 59 |
| 17 | Carrera 30 # 85 -16 | 55 | Cra 53 No 100 - 25 |
| 18 | Carrera 53 A # 127-35 | 56 | CRA 59 # # 26-21 |
| 19 | CARRERA 7 24-89 | 57 | CRA 80 53-20SUR |
| 20 | Carrera 7 N° 77-65 | 58 | CL 175 22 13 |
| 21 | Carrera 86 # 19A - 50 | 59 | cl 17 Sur N° 18-03 |
| 22 | cl 100 N° 13-07 | 60 | cra 11 N° 96-74 |
| 23 | cl 17 N° 68D-34 | 61 | av 15 N° 123-30 |
| 24 | CL 50 Sur 93D 98 | 62 | CL 12B 71D 61 |
| 25 | Cll 192 # 19-12 | 63 | CLL 65 Sur N 80-04 Sur |
| 26 | CR 14 AV CARACAS N° 26 A - 79 | | |
| | SUR | 64 | cra 15 N° 118-93 |
| 27 | Cr 15 N 94-38 | 65 | cra 16 # 82 - 57 |
| 28 | cra 100 N° 19-57 | 66 | Av Cra 27 N° 38 a 83 |
| 29 | cra 11 a # 96-51 | 67 | cra 10 26 71 |
| 30 | Cra 11a N 94-76 | 68 | cra 13 27 47 |
| 31 | cra 13 N° 59-52 | 69 | av 68 N° 39I-37 SUR |
| 32 | cra 3 N° 6 -48 | 70 | centro comercial diver plaza |
| 33 | cra 65 B # 11-40 | 71 | TRANSversal 23 # 97 - 73 |
| 34 | cra 68 B # 17-96 | 72 | Quintec Km 1.5 Bogotá Cundinamarca |
| | | | Km. 3.5 Vía Siberia Bogotá |
| 35 | cra 7 N° 63-44 | 73 | Cundinamarca |
| 36 | cra 9 N° 70A-41 | 74 | Carrera 48F 96-50 |
| 37 | Cra42b # 17-61 | 75 | CALLE 67 N° 54-56 |
| 38 | Autop Norte # 232 - 35 | 76 | CARRERA 96B # 25C-95 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

| 26 de Abril | | | |
|--------------------|--|---------------|---------------------------------|
| Número | Dirección | Número | Dirección |
| 1 | DHL Cra 85d #46a38 | 37 | av 68, N° 39I-37 Sur |
| 2 | Autop Sur C.Ccial Mercurio Lc. 155-154 | 38 | Ac 72 #69-35 |
| 3 | cra 56, N° 2B-68 L-V 9am a 4pm | 39 | av Cra, 70 N° 98-74 |
| 4 | KR 13 61 52 PISO 3 | 40 | Ac. 26 #26 |
| 5 | Autopista sur 63-40 | 41 | Carrera 69b #25b-2 |
| 6 | AUTOPISTA SUR N°77A 42 | 42 | Avenida Primero de Mayo #51d-15 |
| 7 | av 19 N°, 4-62 | 43 | Cl. 98 #70-90 |
| 8 | Av Américas 34 C - 02 | 44 | Avenida Carrera 68 #95-63 |
| 9 | Av Boyaca No 9 - 02 | 45 | Ac. 100 #8a-55 |
| 10 | av el Dorado, N° 68B-85 | 46 | CALLE 147 # 15 - 95 |
| 11 | Av Americas N 32-31 | 47 | Supercade 30 , Cundinamarca |
| 12 | Av Boyacá N 71A-27/41/45 | 48 | Cra. 96b #25c-95 |
| 13 | Avenida 68 N° 38 - 87 Sur | 49 | Cl. 71 #6-21 |
| 14 | Avenida Americas No 50-51 | 50 | Avenida Carrera 1 #76b Sur-26 |
| 15 | Avenida Calle 80 No 68Q - 50 | 51 | Cra 10 No. 26-71 |
| 16 | Avenida Carrera 68 No 90 - 88 | 52 | Cra. 22 #168-58 |
| 17 | Avenida De las Américas No 68 – 78 | 53 | CRA 40 # 24 A - 59 |
| 18 | Calle 127a No 51a-73 | 54 | Cra 53 No. 100 - 25 |
| 19 | Calle 38A No 34D – 50 | 55 | Carrera 54a #127a-45 |
| 20 | Calle 72 N° 7-50 | 56 | Ak. 7 #32-39 |
| 21 | Calle 72 No 10 – 70 | 57 | AV 9 No 125 - 30, |
| 22 | Calle 97 No 23-10 | 58 | Av. Calle 26 #62-47 |
| 23 | Carrera 102 No 17-27 | 59 | Ak. 11 #82-51 |
| 24 | Carrera 49A No 91 - 94 | 60 | Transversal 23 #40a Sur-55 |
| 25 | Carrera 53 A # 127-35 | 61 | Calle 127 #60-48 |
| 26 | CARRERA 68D No 17-81 | 62 | Carrera 71d #6-94 Sur |
| 27 | CARRERA 7 24-89 | 63 | Cra. 15 #124-30 |
| 28 | cl 17, # 129-11 | 64 | Carrera 7 # 156-56 |
| 29 | CL 53 23 35 | 65 | Cl. 20 #82-52 |
| 30 | eps sura olaya | 66 | Cl. 166 #22-78 |
| 31 | Cra 11a N 94-76 CLARO 5 | 67 | Carrera 93c #54c Sur-3 |
| 32 | cra 19c, N° 91-14 | 68 | Cl. 185 #45-3 |
| 33 | cra 23, N° 166-65 | 69 | av Cra 14, N° 10-09 Sur |
| 34 | cra 62, # 19-04 | 70 | Trans., 18 A no 98-60 |
| 35 | cra 7, N° 63-44 | 71 | tv 93, N° 63-60 |
| 36 | Cra. 7 #19-36 | 72 | CALLE 80 KM 3.5 VIA SIBERIA TTC |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

| 27 de Abril | | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Número | Dirección | Número | Dirección |
| 1 | DHL Cra 85d #46a38 | 29 | CALLE 36 # 7 - 47 |
| 2 | CRA 19C No. 91-08 | 30 | Cl. 47b Sur #24b-33 |
| 3 | Cl. 82 #10-70 | 31 | CARRERA 96B # 25C-95 |
| 4 | Autopista sur 63-40 | 32 | CRA 40 # 24 A - 59 |
| 5 | Av Boyaca No 9 - 02 | 33 | Cra 53 No. 100 - 25 |
| 6 | Cra. 24 #63C-28 | 34 | Cra. 72a Bis #11b-33 |
| 7 | Centro Comercial Santafé, I-autonorte | 35 | CL 175 22 13 |
| 8 | Calle 31 No 6 - 90 | 36 | AV KR 9 125 30 |
| 9 | Calle 59 #9-2 | 37 | Carrera 123 #73d-60 |
| 10 | Calle 72 No 10 – 70 | 38 | Avenida Carrera 9 #110-50 |
| 11 | CALLE13#7-90 | 39 | Cra. 24 #52-18 |
| 12 | Carrera 53 A # 127-35 | 40 | Calle 16 Sur #16-95 |
| 13 | CARRERA 7 24-89 | 41 | cl 20, N° 82-52 |
| 14 | Cra. 75 #23f-37 | 42 | Cl. 13 #65-71 |
| 15 | Calle 145a #91 | 43 | Centro Comercial Altavista |
| 16 | Calle 10a #68B | 44 | TV 71D 6 94 Sur |
| 17 | Cra. 15 #97-80 | 45 | Cl. 17 #60-75 |
| 18 | Cra 54A No 127A-45 | 46 | Puente Peatonal Calle 128B |
| 19 | Cra. 58d #145-51 | 47 | Tv. 35 #38a-20 |
| 20 | TV 23 N 97-73 | 48 | Cl. 65 Sur #78-40 |
| 21 | Av. El Dorado #69c-03 | 49 | Cl. 162 #7f-69 |
| 22 | AK 27 38A 83 SUR | 50 | Cra. 100 #18-12 |
| 23 | Ac 80 #100-52 | 51 | Diagonal 49 Sur #51-3 |
| 24 | Cl. 26 #82-70 | 52 | KR 13 61 52 |
| 25 | cl 98, # 70-90 | 53 | tv 93, N° 63-60 |
| 26 | Cl. 26 #92-32 | 54 | CALLE 80 KM 3.5 VIA SIBERIA TTC |
| 27 | CALLE 100 # 8 A - 55 | 55 | Km 2.5 Vía Bogota Funza DHL |
| 28 | CALLE 119 # 7 - 75 | 56 | Autopista Medellin Km.7.5 |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

| 28 de Abril | | | |
|--------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Número | Dirección | Número | Dirección |
| 1 | DHL Cra 85d #46a38 | 47 | calle 12b # 7 - 90 |
| 2 | CRA 19C No. 91-08 | 48 | CALLE 26 N 25 - 50 |
| 3 | Autopista sur 63-40 | 49 | CALLE 33 N 6 B - 24 |
| 4 | AV 19 151 10 | 50 | CALLE 72 N 6 - 30 |
| 5 | av 19, N° 4-62 | 51 | CALLE99 - 11 A - 32 |
| 6 | Av Boyaca No 9 - 02 | 52 | CARRERA 96B # 25C-95 |
| 7 | av Calle 17, # 129-11 | 53 | CII 12b, # 71D-61 |
| 8 | Av 15 No 122-75 | 54 | Calle 78B No. 114A - 62 |
| 9 | Av 80 N 44-19 Sur | 55 | cra 11, # 82-01 |
| 10 | Avenida Suba No 127D-61 | 56 | CRA 13 # 26 A - 65 |
| 11 | Calle 22 SUR # 19C -15 | 57 | CRA 13 27 - 00 |
| 12 | Calle 31A N° 6 - 90 | 58 | CRA 15 N 78 - 33 |
| 13 | Calle 79 B No 7-85 | 59 | CRA 40 # 24 A - 59 |
| 14 | CALLE164#21-53 | 60 | CRA 59A 79-30 |
| 15 | Carrera 84 C No 127 G – 52 | 61 | CRA 65 B N 13 - 78 |
| 16 | CARRERA 15 NO 36-58/70 | 62 | CRA 9 N 72 -21 |
| 17 | Carrera 30 # 85 -16 | 63 | CRA 9A # 99 -02 |
| 18 | Carrera 53 A # 127-35 | 64 | AV KR 9 125 30 |
| 19 | CARRERA 7 24-89 | 65 | Esquina cra 13, # 45A |
| 20 | Carrera 7 N° 77-65 | 66 | CL 175 22 13 |
| 21 | cl 100, # 14-29 | 67 | Avkra, 36 N 23 A63 |
| 22 | cl 42, N° 25-38 | 68 | cra 13, N° 38-61 |
| 23 | cl 64 Sur, N° 35-15 | 69 | CRA 19d N 64-08 Sur |
| 24 | CL 7 36 19 | 70 | cra 24, N° 63D-52 |
| 25 | cra 11, N° 93-46 | 71 | cra 75, N° 23F-47 |
| 26 | Cra 11a N 94-76 | 72 | av 9, # 116-20 |
| 27 | cra 25, # 13-21 | 73 | cra 7, N° 115-33 |
| 28 | cra 34, # 11-68 | 74 | cra 7, # 114-33 |
| 29 | cra 65 B, # 11-40 | 75 | cl 90, # 11-13 |
| 30 | cra 7, N° 63-44 | 76 | Avenida NQS No. 38A SUR |
| 31 | cra 8, N° 19-41 | 77 | Carrera 7 # 156-56 |
| 32 | Cra 11 A No 93 A-62 | 78 | DG 22B 68C 25 |
| 33 | KR 10 18 24 | 79 | AV Cra 24 N 48-93 sur |
| 34 | Autop Norte 232 - 35 | 80 | CLL 33B N 69-59 |
| 35 | c Ccial 68 Av.Sreet Mall | 81 | cra 14, N° 89-48 |
| 36 | A 45 cra 54 a, # 127 | 82 | cra 7, # 27-18 |
| 37 | Avenida El Dorado No. 69C- 03 | 83 | cl 26, N° 13-19 |
| 38 | SUR KM 13 VIA SOACHA | 84 | cra 7, # 78-96 |
| 39 | AUTOPISTA SUR N°77A 18 | 85 | av 15, N° 104-33 |
| 40 | AV CARACAS N 35 - 55 | 86 | KR 19B 168 35 |
| 41 | AV DORADO 69 B - 45 | 87 | KR 13 61 52 |
| 42 | cl 98, # 70-90 | 88 | cra 45, # 24B-27 |
| 43 | cra 62, N° 98-12 | 89 | Sur av Cra 14, N° 10-09 |
| 44 | CALLE 100 - 11 A - 35 | 90 | tv 93, N° 63-60 |
| 45 | CALLE 100 # 8 A - 55 | 91 | CALLE 80 KM 3.5 VIA SIBERIA TTC |
| 46 | CALLE 12 B - 8 A - 30 | | |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)

| 29 de Abril | | | |
|--------------------|--------------------------|---------------|----------------------------------|
| Número | Dirección | Número | Dirección |
| 1 | DHL Cra 85d #46a38 | 29 | Av Dorado 90 - 10 |
| 2 | av Calle, 72 no 69C - 24 | 30 | av Primero de Mayo, # 51D-15 Sur |
| 3 | AC 72 68H 04 | 31 | cl 98, # 70-90 |
| 4 | Av Boyaca No 9 - 02 | 32 | CALLE 100 # 8 A - 55 |
| 5 | av el Dorado, N° 68B-85 | 33 | Calle 17 # 129-11 |
| 6 | AV ESPERANZA 77A - 45 | 34 | CALLE 28 NO. 13A - 15 |
| 7 | Calle 31A N° 6 - 90 | 35 | Calle 38 A Sur 34-05 |
| 8 | CALLE 42A SUR NO 86-15 | 36 | CALLE 67 A N 113 - 60 |
| 9 | Calle 53 # 21-77 | 37 | Carrera 22 # 73-34 |
| 10 | Calle 58 D Sur No 51-35 | 38 | CLL 67 # 7 - 37 |
| 11 | Calle 72 No 10 - 70 | 39 | Calle 53 Nro 10 39 |
| 12 | CARRERA 13 No 3915 | 40 | cra 19, N° 20-02 Sur |
| 13 | Carrera 53 A # 127-35 | 41 | CRA 40 # 24 A - 59 |
| 14 | carrera 54A Nro 127A-45 | 42 | Cra 53 No. 100 - 25 |
| 15 | CARRERA 7 24-89 | 43 | CRA 7 N 27 - 18 |
| 16 | Carrera 7 N° 77-65 | 44 | cra 73d, # 35C-28 Sur |
| 17 | CARRERA 75 NO 23F-37 | 45 | CRA11 94-47 |
| 18 | CARRERA 7A # 54 - 27 | 46 | carrera 59a # 79-30 |
| 19 | cl 48, # 27 - 21 | 47 | Frente a Estación Banderas |
| 20 | cl 72, # 6-30 | 48 | cl 53, N° 27-16 |
| 21 | CL 95 49 03 | 49 | cra 7, N° 83-29 |
| 22 | cra 15, # 119-24 | 50 | CC Iserra 100 |
| 23 | Cra 17 A # 116-15 | 51 | cra 10, N° 24-49 |
| 24 | KR 7 14 08 | 52 | Calle 185 No. 45- 03 |
| 25 | AV 68 N 75 A - 50 | 53 | KR 10 26 71 |
| 26 | av Chile, N° 8-97 | 54 | tv 93, N° 63-60 |
| 27 | AV CLL 81 N 73a - 81 | 55 | CALLE 80 KM 3.5 VIA SIBERIA TTC |
| 28 | AV DORADO 69 B - 45 | 56 | KM 22 AUT NORTE VEREDA CANAVITA |

Fuente: Autoras, 2016 (Basado en Big Data de DHL)


```

C:\Users\ASUS\Documents\IBM\ILOG\CPLEX_Studio1261(32b)\cplex\examples\x86_window
Elapsed time = 437.71 sec. (113500.75 ticks, tree = 163.10 MB, solutions = 8)
3000 1699      839.6854  301      946.0000      829.0679      737587      12.36%
3066 1765      841.4702  253      946.0000      829.0679      746001      12.36%
3082 1781      842.1345  301      946.0000      829.0679      748571      12.36%
3249 1948      876.5841  180      946.0000      829.0679      764342      12.36%
3280 1979      845.0106  212      946.0000      829.0679      769536      12.36%
3320 2017      850.4208  239      946.0000      829.0679      775790      12.36%
3484 2181      850.3163  216      946.0000      829.0679      788897      12.36%
3532 2229      853.4991  214      946.0000      829.0679      792605      12.36%
3580 2277      860.5865  205      946.0000      829.0679      798670      12.36%
3756 2448      921.0377  116      946.0000      829.0679      820549      12.36%
Elapsed time = 485.33 sec. (125293.00 ticks, tree = 244.15 MB, solutions = 8)
3831 2515      866.6135  152      946.0000      829.0679      828360      12.36%
3899 2578      866.8497  154      946.0000      829.0679      835193      12.36%
4010 2681      835.0778  328      946.0000      829.0679      846246      12.36%
4236 2885      842.3684  393      946.0000      829.0679      864474      12.36%
4244 2893      844.3571  398      946.0000      830.4496      867010      12.21%
4256 2905      834.4662  369      946.0000      830.4496      869597      12.21%
4373 3022      836.0749  339      946.0000      830.4496      883400      12.21%
4403 3052      840.8507  283      946.0000      830.4496      888308      12.21%
4433 3082      841.8051  325      946.0000      830.4496      893092      12.21%
4690 3338      852.9156  237      946.0000      830.4496      917323      12.21%
Elapsed time = 550.56 sec. (141922.83 ticks, tree = 338.28 MB, solutions = 8)
4870 3511      842.4588  257      946.0000      830.4496      944209      12.21%
5189 3829      849.6680  252      946.0000      830.4496      978110      12.21%
* 5332+ 3964      940.0000      830.4496      11.65%
5418 3972      831.6734  415      940.0000      830.5835      1000916      11.64%
* 5463+ 4015      931.0000      830.5835      10.79%
5485 4039      831.6617  399      931.0000      830.5835      1015809      10.79%
5701 4081      834.5362  364      931.0000      831.2453      1041313      10.71%
5961 4341      850.5949  285      931.0000      831.5733      1064112      10.68%
6233 4612      842.2822  308      931.0000      831.5733      1087122      10.68%
6323 4702      853.2791  303      931.0000      831.5733      1100831      10.68%
6551 4930      846.2545  365      931.0000      831.6821      1123434      10.67%
6962 5334      834.4098  326      931.0000      831.6821      1152154      10.67%
Elapsed time = 714.39 sec. (181090.51 ticks, tree = 519.38 MB, solutions = 10)
7045 5417      851.7815  252      931.0000      831.6821      1164698      10.67%
7311 5683      841.9589  322      931.0000      831.7552      1187702      10.66%
7559 5931      862.3662  229      931.0000      831.7552      1204616      10.66%
7881 6253      847.9216  318      931.0000      831.7552      1236072      10.66%
8169 6539      871.9867  184      931.0000      831.8148      1260779      10.65%
8310 6676      855.0478  270      931.0000      831.8148      1274443      10.65%
8626 6977      834.3732  387      931.0000      831.8148      1306700      10.65%
8694 7044      843.2994  301      931.0000      831.8148      1327406      10.65%
8860 7202      838.5014  353      931.0000      832.0266      1360467      10.63%
8906 7248      865.0283  174      931.0000      832.0266      1374892      10.63%
Elapsed time = 875.90 sec. (220172.78 ticks, tree = 654.58 MB, solutions = 10)
9164 7498      877.0119  220      931.0000      832.0266      1407455      10.63%
9351 7685      842.1811  302      931.0000      832.0266      1429900      10.63%
9619 7953      882.0536  130      931.0000      832.0266      1461512      10.63%
9782 8116      847.0986  237      931.0000      832.1376      1481812      10.62%
9978 8310      884.1434  156      931.0000      832.1376      1498795      10.62%
10287 8618      846.0744  307      931.0000      832.1376      1526455      10.62%
10451 8780      871.6280  202      931.0000      832.1376      1543424      10.62%
10969 9275      853.1356  264      931.0000      832.2556      1585693      10.61%
11168 9461      849.3844  242      931.0000      832.2556      1606992      10.61%
11382 9674      854.9236  264      931.0000      832.2556      1626193      10.61%
Elapsed time = 1066.94 sec. (258993.16 ticks, tree = 826.04 MB, solutions = 10)
11734 10012      881.3727  252      931.0000      832.3003      1653355      10.60%
12066 10332      917.7368  169      931.0000      832.3003      1678271      10.60%
12335 10595      852.7077  253      931.0000      832.3931      1709794      10.59%
12463 10722      864.7408  202      931.0000      832.3931      1734751      10.59%
12596 10853      866.5232  185      931.0000      832.3931      1761421      10.59%
12795 11051      890.0071  149      931.0000      832.3931      1794917      10.59%
12902 11155      844.8375  303      931.0000      832.3931      1815578      10.59%
12974 11226      855.3712  256      931.0000      832.3931      1828183      10.59%
13369 11617      865.3515  217      931.0000      832.4316      1876867      10.59%
13477 11722      874.7731  203      931.0000      832.4316      1892571      10.59%

```

Fuente: Autoras, 2016 (Microsoft Visual Studio Express 2013 software libre)

