

1-1-2017

## **Diseño de un modelo de gestión de transporte verde que permita reducir la huella de carbono por consumo de combustible en la empresa Exturiscol S.A.S**

Daniel Gerardo Rodríguez Rodríguez  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Yesid Libardo Castilla León  
*Universidad de La Salle, Bogotá*

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial)

---

### **Citación recomendada**

Rodríguez Rodríguez, D. G., & Castilla León, Y. L. (2017). Diseño de un modelo de gestión de transporte verde que permita reducir la huella de carbono por consumo de combustible en la empresa Exturiscol S.A.S. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_industrial/35](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/35)

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](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE TRANSPORTE VERDE QUE  
PERMITA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO DE  
COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA EXTURISCOL S.A.S.**

**AUTORES**

**DANIEL GERARDO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ  
YESID LIBARDO CASTILLA LEÓN**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.**

**2017**

**DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE TRANSPORTE VERDE QUE  
PERMITA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO POR CONSUMO DE  
COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA EXTURISCOL S.A.S.**

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

**AUTORES**

**DANIEL GERARDO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ**

**YESID LIBARDO CASTILLA LEÓN**

**DIRECTOR**

**Ing. ANDRÉS MAURICIO HUALPA ZUÑIGA**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.**

**2017**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Jurado

---

Firma Jurado

---

Firma del Director

## **DEDICATORIA**

Con la culminación de este proyecto se termina una gran etapa de la vida, está llena de nuevas experiencias, he aprendido que cada error es la base para seguir adelante y no desfallecer en el intento.

A mis padres les doy las gracias por todo el esfuerzo que hicieron para que yo saliera adelante, por la educación y el apoyo brindado.

A mis tías las cuales con su apoyo y esfuerzo, por ser mis guías en cada experiencia vivida y ante todo los valores inculcados. Mil Gracias.

*Daniel Gerardo*

## **DEDICATORIA**

Con la terminación de mi proyecto de grado culmino así una etapa, agradezco primeramente a Dios que me regala todo, después a mis padres y a mi hermana que siempre me ha apoyado en todas mis etapas escolares, que sin ellos esto no hubiera sido posible.

Agradezco a aquellas personas que me motivaron a terminar mi proyecto y a seguir adelante con mi plan de vida.

*Yesid Castilla.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
1.GENERALIDADES	
1.1. Descripción del Problema.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	20
1.3. Justificación del Problema.....	20
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. General.....	22
1.4.2. Específicos.....	22
1.5. Metodología.....	23
1.6. Marco Teórico.....	23
1.6.1. Modelo de Gestión.....	23
1.6.2. VRP (Vehicle Routing Problem).....	24
1.7. Marco Conceptual.....	25
1.7.1. Modelo de Gestión Verde.....	25
1.7.2. Transporte Verde.....	26
1.7.3. Huella de Carbono.....	26
1.8. Marco Legal.....	28
1.9. Antecedentes.....	30
2. IDENTIFICAR NIVELES DE EMISIONES GENERADAS POR EL SISTEMA ACTUAL.	
2.1. Estado actual del Sistema General de Exturiscol S.A.S.....	35
2.2. Diagramas de flujo en Exturiscol S.A.S.....	37
2.3. Tipo de vehículos utilizados en la operación de EXTURISCOL S.A.S.....	40
2.4. Trazado de ruta actual de Exturiscol S.A. S.....	41
2.5. Variables para ruteo.....	43
2.6. Análisis de distancias para los tipos de vehículo.....	44
2.6.1. Análisis de consumo de combustibles para los tipos de vehículo.....	45
2.6.2. Cálculo de emisiones para los tipos de vehículo.....	46
2.7. Análisis estadístico de Emisiones.....	52

2.7.1. Micro bus.....	52
2.7.2. Busetas.....	57
2.7.3. Buses.....	62
2.8. Conclusión parcial.....	68
<b>3. MODELO DE GESTIÓN DE TRANSPORTE VERDE.</b>	
3.1. Etapa Diagnóstica.....	69
3.1.1. Diagnóstico ambiental inicial.....	69
3.2. Etapa Evaluativa.....	73
3.2.1. Identificación procesos críticos en el mapa de procesos.....	73
3.2.2. Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.....	76
3.3. Etapa propositiva.....	76
3.3.1. Política ambiental.....	76
3.3.2. Objetivos y programas a desarrollar.....	77
3.3.3. Programa para la disminución de distancias mediante un modelo de ruteo.....	78
3.3.3.1. Formulación matemática y programación del modelo de ruteo.....	78
3.3.3.2. Resultados y control del modelo de ruteo.....	83
3.3.4. Programa para la reducción de consumo de combustible.....	90
3.3.4.1. Resultados y control.....	92
3.3.5. Programa para la disminución de la huella de carbono.....	93
3.4. Manual para el modelo de gestión de transporte verde.....	94
3.4.1. Procedimientos.....	97
3.5. Conclusión parcial.....	99
<b>4. EVALUACION DE DISMINUCION DEL IMPACTO DE LA HUELLA DE CARBONO.</b>	
4.1. Resultados y control para disminución de la huella de carbono.....	100
4.2. Lista de chequeo.....	104
4.3. Evaluación económica.....	104
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1. Conclusiones.....	106
5.2. Recomendaciones.....	107
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>111</b>

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Número de rutas contratadas por Exturiscol S.A.S.
- Tabla 2. Publicaciones relacionadas como antecedentes para este estudio.
- Tabla 3. Tipo de vehículos empleados en Exturiscol S.A.S.
- Tabla 4. Direcciones y secuencia del Movil 725.
- Tabla 5. Factores coeficientes para el cálculo de emisiones.
- Tabla 6. Emisiones totales de huella de carbono para los distintos tipos de vehículo.
- Tabla 7. Datos 22 móviles aprobados.
- Tabla 8. Promedio y desviación estándar datos microbuses 69 móviles.
- Tabla 9. Datos 22 móviles aprobados.
- Tabla 10. Promedio y desviación estándar datos microbuses.
- Tabla 11. Índice de correlación datos microbuses.
- Tabla 12. Promedio y desviación estándar datos busetas.
- Tabla 13. Índice de correlación datos busetas.
- Tabla 14. Promedio y desviación estándar datos buses.
- Tabla 15. Índice de correlación datos buses.
- Tabla 16. Intervalos correlación lineal entre dos variables.
- Tabla 17. Requisitos ambientales NTC ISO 14001 de 2015 y ISO 14067.
- Tabla 18. Lista de chequeo NTC ISO 14001 de 2015.
- Tabla 19. Lista de chequeo NTC ISO 14067 de 2013.
- Tabla 20. Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.
- Tabla 21. Matrices de distancia para el móvil 949.
- Tabla 22. % de reducción de Distancia Recorrida para contrato Colegio Nueva York.
- Tabla 23. % de reducción de Distancia Recorrida para contrato Fondo Nacional del Ahorro.
- Tabla 24. Tabla de % reducción distancias, combustible y HCP.
- Tabla 25. Egresos Proyecto 5 años.
- Tabla 26. Ingresos Proyecto 5 años.
- Tabla 27. Ingresos neto 5 años
- Tabla 28. Tasa Interna de retorno del proyecto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Problemas.

Figura 2. % de Modelo de Buses en EXTURISCOL S.A.S. desde el año 1993 al 2016.

Figura 3. Distribución parque automotor EXTURISCOL S.A.S.

Figura 4. Marcas por tipo de microbús.

Figura 5. Marcas por tipo de buseta.

Figura 6. Marcas por tipo de buses.

Figura 7. Diagrama % de participación de rutas por contratos.

Figura 8. Línea del tiempo documentos relacionados para el estudio.

Figura 9. Diagrama de flujo operación Exturiscol S.A.S.

Figura 10. Diagrama de flujo para el trazado de rutas.

Figura 11. Mapa de recorrido del Movil 725.

Figura 12. Diagrama Regresión Lineal Distancia recorrida Vs. Consumo de Combustibles.

Figura 13. Mapa de procesos en EXTURISCOL S.A.S.

Figura 14. Diagrama de flujo para la identificación de procesos críticos en EXTURISCOL S.A.S.

Figura 15. Red para el móvil 949.

Figura 16. Definición de la matriz de distancia para el móvil 949.

Figura 17. Resultados obtenidos optimización móvil 949.

Figura 18. Ruta actual para el móvil 949.

Figura 19. Ruta después de la optimización móvil 949.

Figura 20. Diagrama de flujo de caja proyecto.

## LISTA DE GRAFICAS

- Gráfica 1. Distancia recorrida para los tipos de vehículo para el año 2016.
- Gráfica 2. Promedio de distancia para los tipos vehículo 69 móviles. Año 2011 – 2016.
- Gráfica 3. Distancia recorrida para los tipos de vehículo seleccionados para el año 2016.
- Gráfica 4. Cantidad de combustible para los tipos de vehículo para el año 2016.
- Gráfica 5. Promedio de distancia por tipo vehículo. Año 2011 – 2016
- Gráfica 6. Consumo de combustible para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016.
- Gráfica 7. Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016
- Gráfica 8. Promedio de niveles de CO<sub>2</sub> por tipo vehículo Año 2011 – 2016
- Gráfica 9. Niveles de CO para los tipos de vehículo para el año 2016.
- Gráfica 10. Promedio de niveles de CO por tipo vehículo Año 2011 – 2016.
- Gráfica 11 Dióxido de azufre SO<sub>2</sub> para los 22 móviles para el año 2016.
- Gráfica 12. Niveles de SO<sub>2</sub> para los 22 móviles para el año 2016.
- Gráfica 13. Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016.
- Gráfica 14. Promedio de niveles de NO<sub>2</sub> por tipo vehículo Año 2011 – 2016
- Gráfica 15. Diagrama dispersión Distancia recorrida Vs. Consumo de Combustibles 22 móviles todos los tipos de vehículos.
- Gráfica 16. Diagrama dispersión Distancia recorrida Vs. Consumo de Combustibles buses seleccionados
- Gráfica 17. Dispersión de datos de distancias recorridas vs. Consumo de combustible Microbuses.
- Gráfica 18. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo con datos faltantes.
- Gráfica 19. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y CO
- Gráfica 20. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y Co
- Gráfica 21. Dispersión de datos entre distancia recorrida vs. Consumo de combustible en busetas.
- Gráfica 22. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo microbuses con datos faltantes.
- Gráfica 23. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y CO
- Gráfica 24. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>

Gráfica 25. Dispersión de datos Distancias recorridas y consumo de combustible Buses

Gráfica 26. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo microbuses con datos faltantes.

Gráfica 27. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y CO.

Gráfica 28. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>.

Gráfica 29. Distancia actual vs distancia propuesta colegio nueva york.

Gráfica 30. Distancia actual vs distancia propuesta fondo nacional del ahorro.

Gráfica 31. Distancia actual vs distancia propuesta fondo nacional del ahorro.

## RESUMEN

La empresa Exturiscol S.A.S. produce niveles de contaminación por huella de carbono, debido al desarrollo de su actividad de transporte especial de pasajeros dentro de la ciudad de Bogotá, se pretende plantear un modelo de gestión de transporte verde que permita la reducción significativa de la emisión de carbono por consumo de combustibles, para la primera fase se realizara el diagnóstico inicial, para plantear indicadores que permitan evaluar el impacto que tiene la operación actualmente, y así diseñar un modelo ideal de ruteo que determine la reducción de distancias y consumo de combustible. Todo en el marco de cumplimiento con las leyes internacionales que obligan a las organizaciones a reducir el impacto que tienen estas sobre el medio ambiente.

**PALABRAS CLAVES: Logística Verde, Emisiones, Modelo de Gestión, Estrategias, Huella de Carbono.**

## **ABSTRACT**

The company Exturiscal S.A.S. Produces levels of carbon footprint contamination, due to the development of its special passenger transport activity within the city of Bogotá, a model of green transport management that allows the significant reduction of the carbon emission by consumption of Fuels for the first phase are made the initial diagnosis for the indicators that allow the current impact of the operation, and thus design an ideal model of routing that determines the reduction of distances and fuel consumption. All within the framework of compliance with international laws that force organizations to reduce their impact on the environment.

**KEY WORDS: Green Logistics, Emissions, Management Model, Strategies, Carbon Footprint.**

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es un Modelo de gestión de transporte verde de que permite la reducción de la huella de carbono por consumo de combustibles en Exturiscol S.A.S. Los datos se obtenidos fueron:

Para la disminución de la huella de carbono se calcularon las emisiones contaminantes principales las cuales fueron: Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Dióxido de Nitrógeno para el año 2016.

Los tipos de vehículos evaluados para este desarrollo de cálculo de emisiones son microbuses, busetas y buses, donde los que a su vez los buses de hasta 45 pasajeros tienen un nivel mayor en la huella de Carbono con un valor de más de 1000 Toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2016.

Se desarrolló un programa de optimización del agente viajero (TSP) con el fin de establecer la mejor ruta en los contratos del Colegio Nueva York y Fondo Nacional del Ahorro.

En este modelo de gestión de transporte verde se basó en los requisitos de la NTC ISO 140001 de 2015 y la ISO 140067 de 2013, donde se establecieron parámetros para los cumplimientos de las mismas.

Se dio validez el modelo de gestión de transporte verde con el fin de ver la mejora a Exturiscol S.A.S.

## **1: GENERALIDADES.**

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

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.

### **1.1. Descripción del Problema**

En la actualidad las empresas de transporte de turismo, se encuentran en una gran brecha de sostenibilidad, el cual impacta fuertemente a la sociedad. El desarrollo de nuevas tecnologías y el uso indebido de los recursos naturales nos hace pensar posibles soluciones para mitigar el daño ambiental.

Exturiscol S.A.S, es una empresa que su principal fuente de ingresos es prestar servicios de transporte es por ello que se desarrolla una gran problemática mundial que cada día avanza sin control, y el rastro de las consecuencias de esta problemática de contaminación se evidencia en la salud pública y daño al ecosistema urbano.

El problema central se desarrolla teniendo en cuenta dos variables principales consumo de combustible y distancia recorrida del cual depende el consumo de combustible desde el lugar de origen (inicio) hasta el lugar de destino y viceversa, para las diferentes rutas a tener en cuenta. De igual manera los altos niveles de contaminación de CO<sub>2</sub> por consumo de combustible a la huella de carbono son factores claves para tomar decisiones inmediatas.

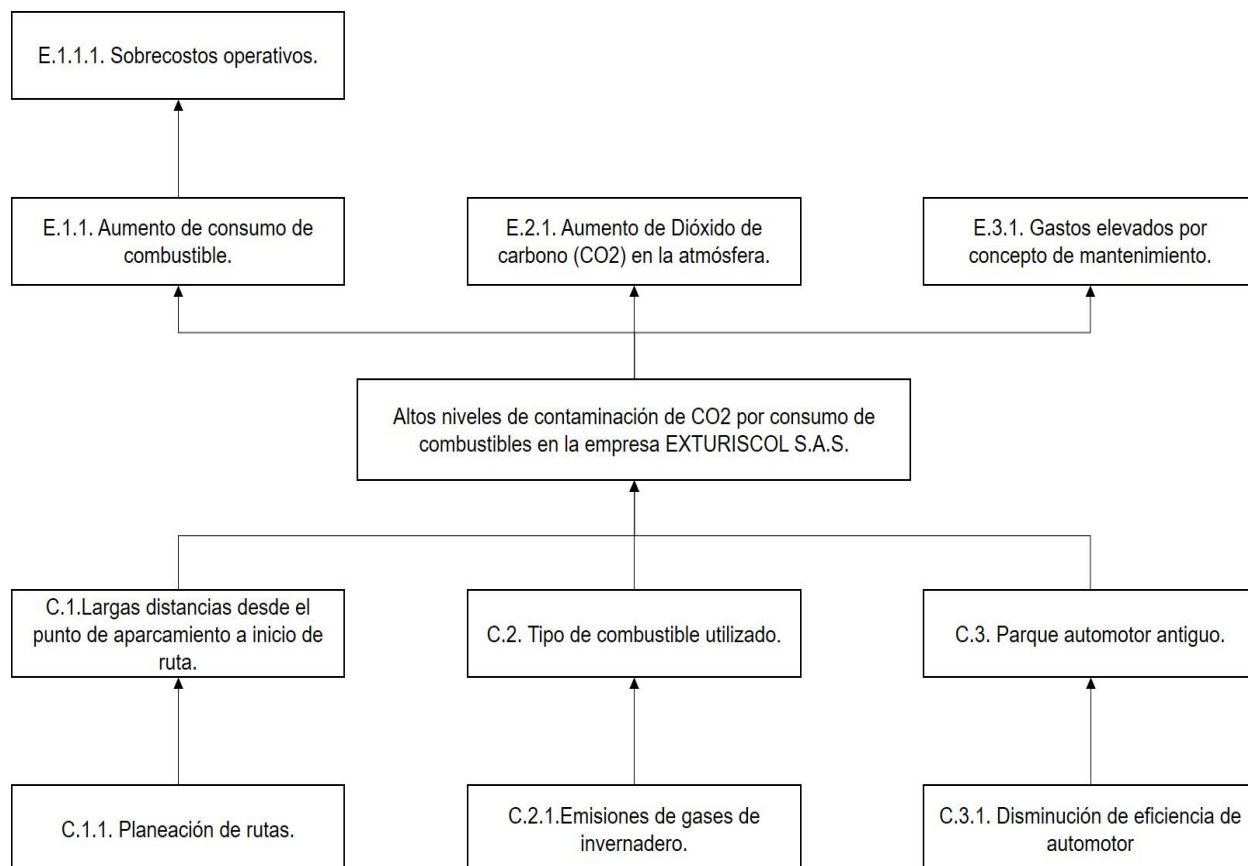


Figura 1. Arbol de Problemas.

En la Figura 1, se muestra los problemas asociados donde se identificó que altos niveles de contaminación en la empresa EXTURISCOL S.A.S., como fuente principal del impacto de huella de carbono y debido a las causas explícitos a continuación:

#### Causas

C.1. Largas distancias desde el punto de aparcamiento a inicio de ruta.

No existe una relación costo - beneficio del punto de aparcamiento del móvil a inicio de ruta, ni planeación de las rutas.

C.2. Tipo de combustible utilizado.

El tipo de combustible utilizado ACPM es de gran importancia dado que las emisiones que genera son altas afectando las ideales contradictorias con el medio ambiente y transporte verde.

### C.3. Parque automotor antiguo.

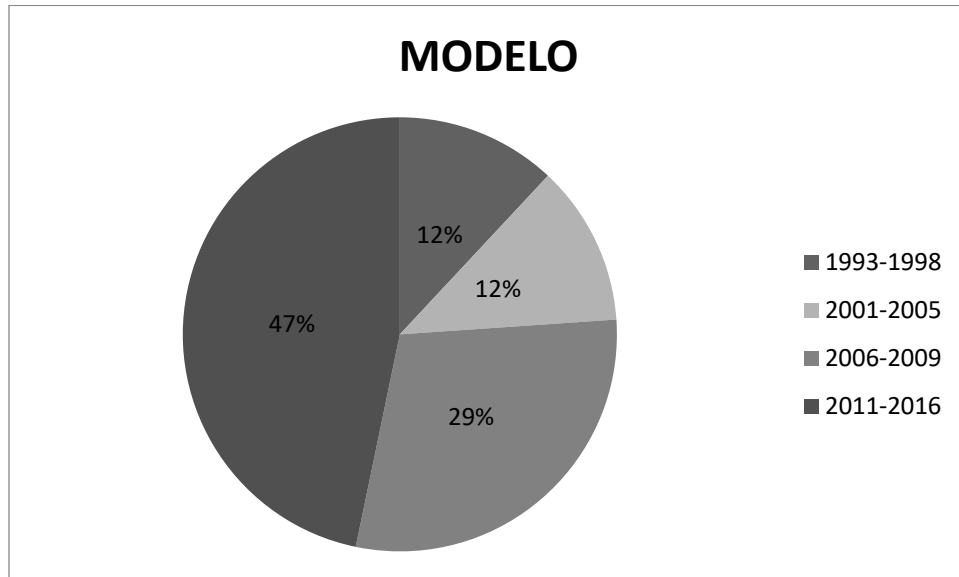


Figura 2. % de Modelo de Buses en EXTURISCOL S.A.S. desde el año 1993 al 2016.

Dado que el modelo del parque automotor influye en la eficiencia y contaminación de gases de CO<sub>2</sub>, se encontró que desde el año 1993 al 2009 corresponde al 53% de la flota.

Es por ello que el costo de mantenimiento sea elevado y EXTURISCOL S.A.S. no asuma el total de los gastos.

Se encontró que el promedio de distancia desde el punto de aparcamiento al finalizar la ruta se recorre aproximadamente de 40 km de distancia, esto es debido a la no planeación de rutas y adicionalmente hay inconvenientes de la ubicación de aparcamiento dando aumento a la huella de carbono por consumo de combustible directamente relacionado con la distancia recorrida.

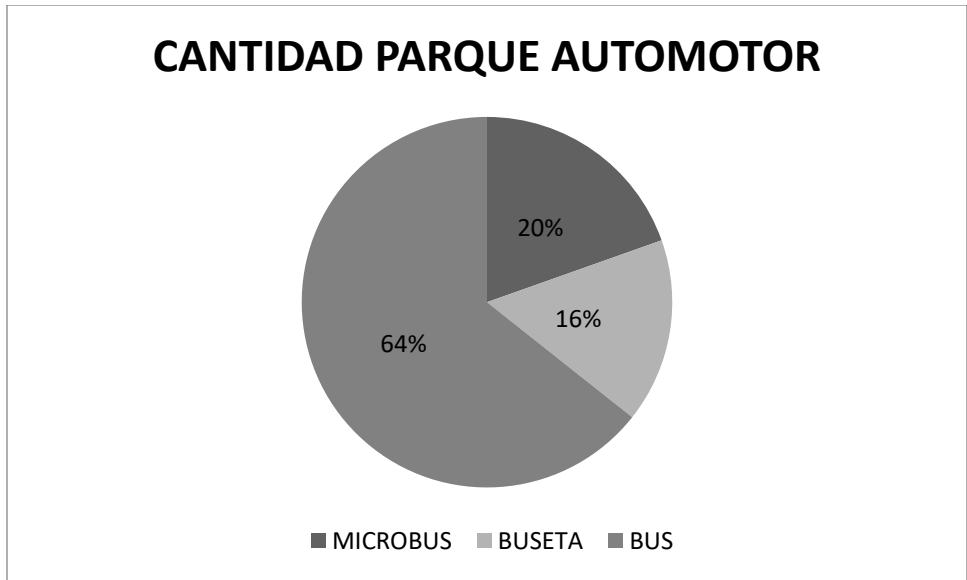


Figura 3. Distribución parque automotor EXTURISCOL S.A.S.

Con un total de 143 automotores registrados en EXTURISCOL S.A.S., se encontró que el 64% correspondiente a BUS con capacidad de entre 37 a 43 pasajeros.

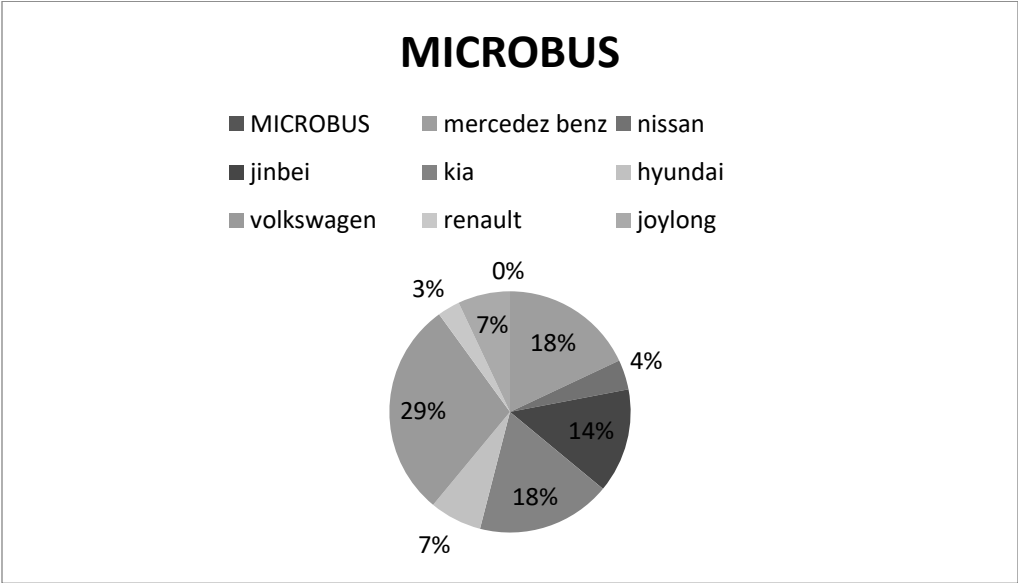


Figura 4. Marcas por tipo de microbús.

Para la distribución en microbús se tiene que la mayoría de modelos vienen de la marca Volkswagen con un 29%, seguido por Kia con un 18%.

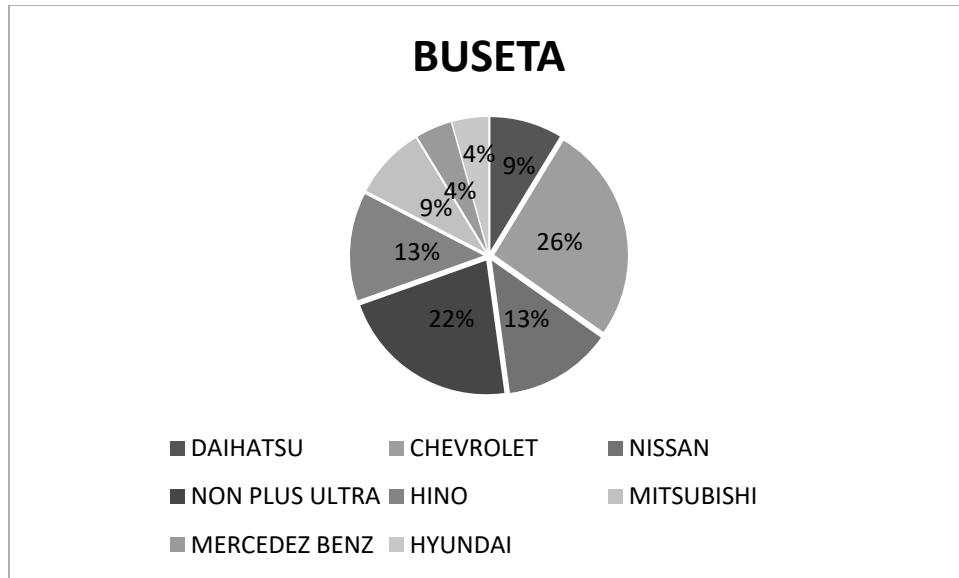


Figura 5. Marcas por tipo de buseta.

Para las busetas el constructor más importante es Chevrolet pues tiene una mayor confianza respecto a la fabricación de este tipo de busetas.

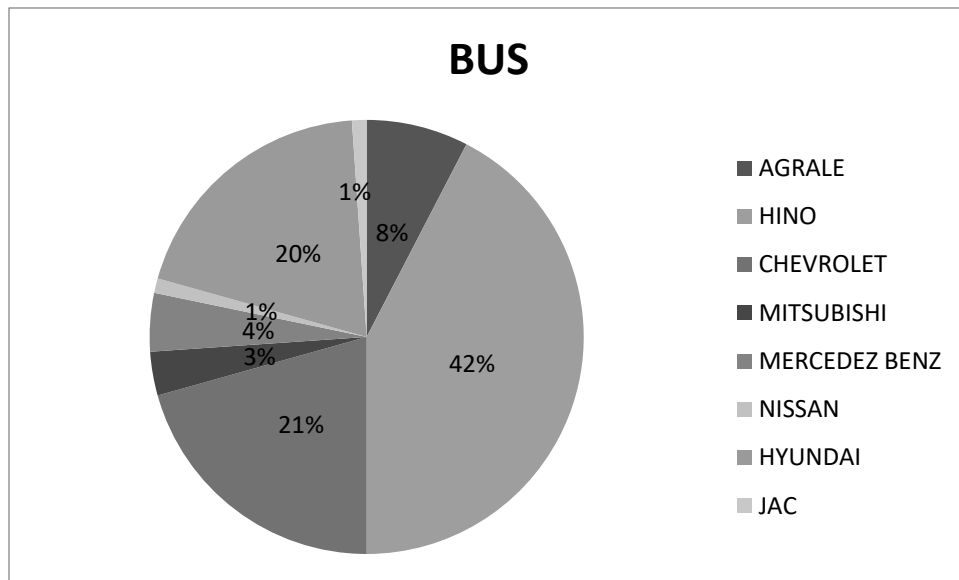


Figura 6. Marcas por tipo de buses.

Para los modelos de mayor tamaño tipo bus se emplean mayormente la marca HINO con un porcentaje de participación del 42%.

## **1.2. Formulación del Problema**

Se ve la necesidad de evaluar la medición por huella de carbono mediante distancias recorridas y consumos de combustibles con el fin de reducir los efectos generados por la empresa EXTURICOL S.A.S. ubicada en la ciudad de Bogotá, se pretende aplicar en su contrato significativo con el colegio nueva york, a partir de unos estudios preliminares se pretende revisar la operación diaria de cada uno de los buses que cubren este contrato, de realizar las mediciones respectivas para saber que tanto afecta el medio ambiente.

A partir de esto ¿es posible reducir emisiones de huella de carbono mediante un modelo de gestión de transporte verde en la empresa EXTURISCOL S.A.S.?

## **1.3. Justificación del Problema**

Con el desarrollo de este proyecto se pretende cambiar las estrategias logísticas que existen en la empresa Exturiscol S.A.S., para que su impacto sobre el ambiente sea menor puesto que es una empresa de servicio público, y al tener un parque automotor importante causa emisiones contaminantes además de lo que conlleva poseer un bus o buseta respecto a su mantenimiento.

Paralelo a esto se busca optimizar el uso de los recursos que la empresa utiliza para reducir costos en la operación de la flota, es decir mantener un logística sostenible e integral en la que con menores costos operativos se puede reducir el nivel de huella de carbono por consumo de combustibles que tiene la empresa sobre el aire en la ciudad de Bogotá.

La delimitación del proyecto se ha planteado para la ciudad de Bogotá y en la empresa Exturiscol S.A.S., ubicada en la carrera 11 # 71 - 40 Oficina 302, se ha tomado para el estudio el contrato más importante que posee en este momento la empresa que es con el colegio nueva york, el cual es de 48 móviles propios, se ha decidido así puesto que para los estudios que se han de realizar es mejor tomar una parte de la flota, los estudios incluirán las rutas que realiza cada bus, el coste de la gasolina para cada uno de ellos y mantenimiento de esta porción de flota a analizar.

En la siguiente tabla se muestra el número de rutas asignadas a los diferentes contratos ya existentes en Exturiscol S.A.S.

CONTRATOS FIJOS	# DE MOVILES POR CONTRATO
COLEGIO NUEVA YORK	48
GIMNASIO MODERNO	27
MONTESSORY	4
DEPORTES	9
MINISTERIO COMERCIO	10
EMILIO VALENZUELA	1
CLAUSTRO	12
SUPERINTENDENCIA FINANCIERA	18
FONDO NACIONAL DEL AHORRO	25
MINISTERIO DE TRANSPORTE	1
FEPROMEL	2
ICOLTRANS	1
COFRE	6
INCOLBEST	8
IMAL	3
GIMNASIO FEMENINO	17
TOTAL MOVILES	192

Tabla 1. Número de rutas contratadas por Exturiscol S.A.S.

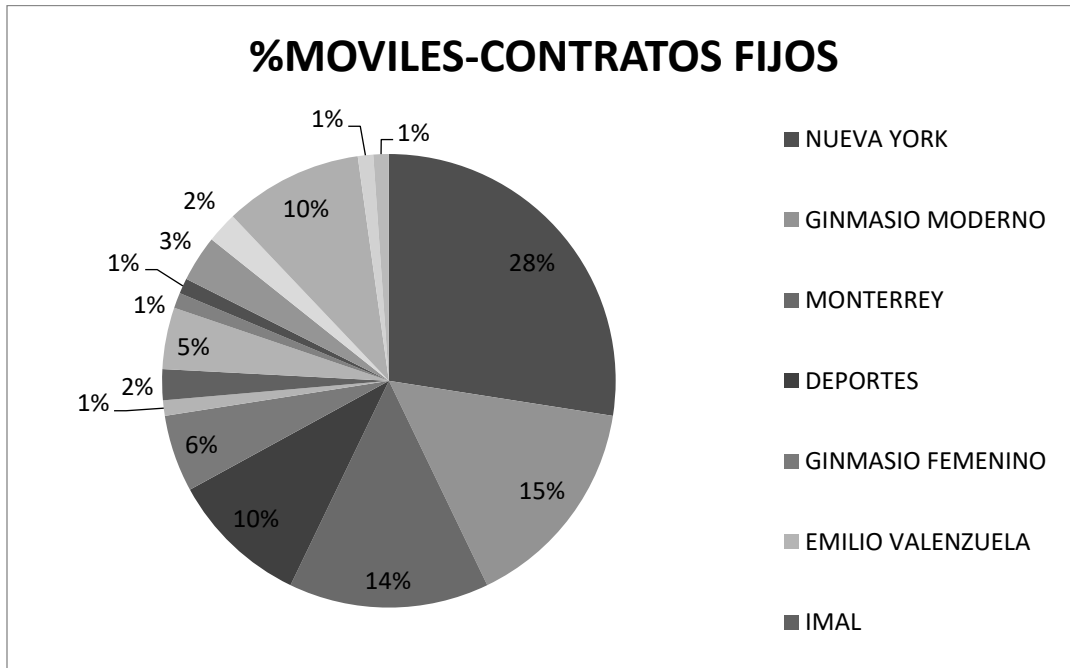


Figura 7. Diagrama % de participación de rutas por contratos.

En la Gráfica 6., se evidencia que el mayor número de rutas en modo de contrato es el Colegio Nueva York con un 25%, a comparación del Gimnasio Moderno con un 14%, de los contratos de Exturiscol S.A.S.

Se calcula el tamaño de muestra para proporción de una muestra piloto, el cual nos arroja la cantidad de móviles para la medición en cuanto a distancia y consumo de combustible. Dando una muestra de 50 buses, donde el error del 10% es debido a que la plataforma GPS Widetech tiene fallos en su sistema y daños en los GPS de algunos buses por mantenimiento.

Se evidencia que un recorrido promedio desde el lugar de aparcamiento hasta el destino (Colegio Nueva York), es de 12.2 Km de distancia. Para la elaboración del producto final y cálculo de huella de carbono se tomará el 100% de los contratos fijos de EXTURISCOL S.A.S.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

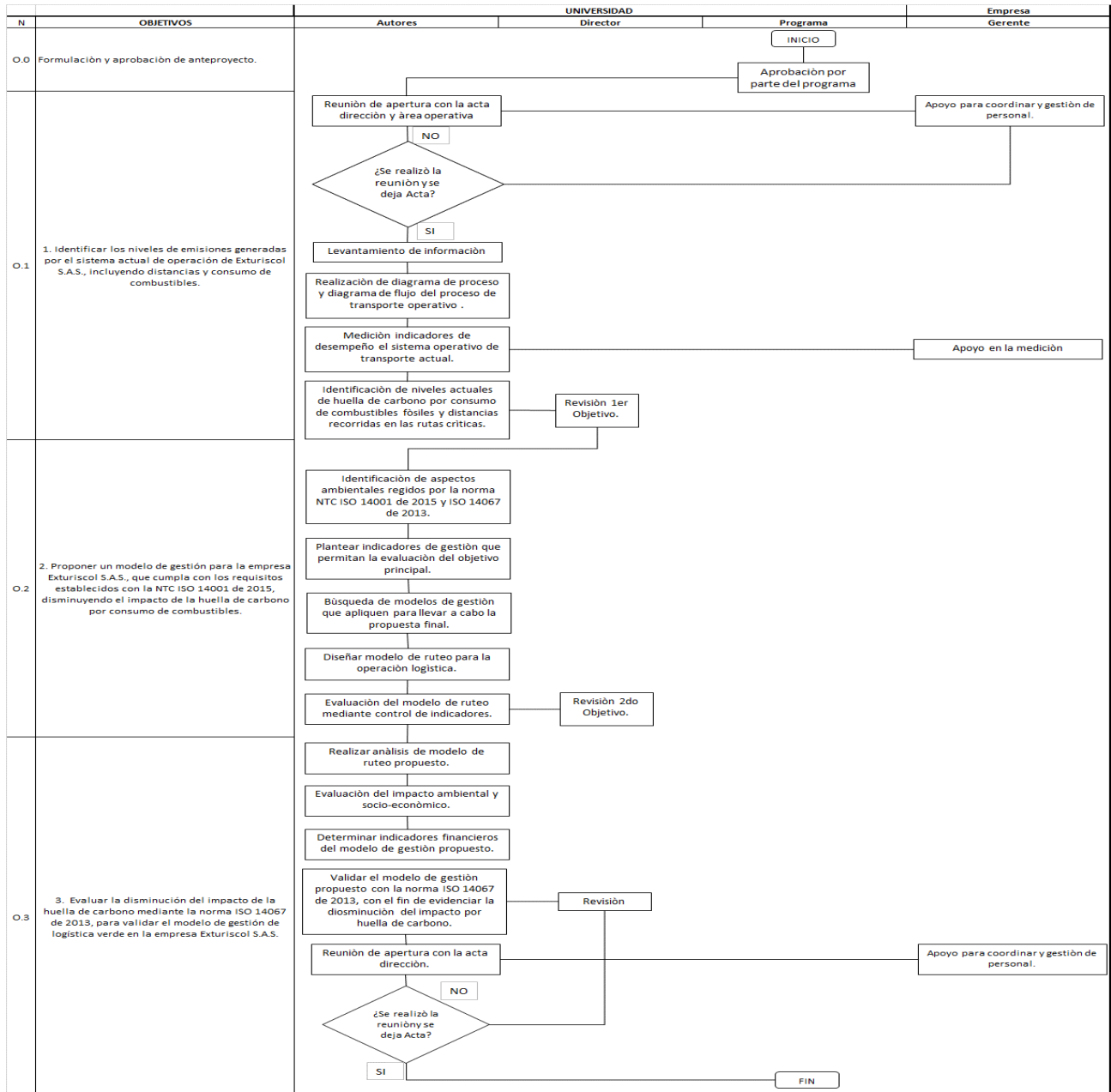
Diseñar un modelo de gestión de transporte verde empleando estrategias de cálculo de huella de carbono por consumo de combustibles para disminuir el impacto ambiental generado por la empresa Exturiscol S.A.S. para su operación en la ciudad de Bogotá D.C.

### **1.4.2. Específicos**

- Identificar los niveles de emisiones generadas por el sistema actual de operación de Exturiscol S.A.S., incluyendo distancias y consumo de combustibles.
- Establecer un modelo de gestión de transporte verde para la empresa Exturiscol S.A.S., que cumpla con los requisitos establecidos con la NTC ISO 14001 de 2015, disminuyendo el impacto de la huella de carbono por consumo de combustibles.
- Evaluar la disminución del impacto de la huella de carbono mediante la norma ISO 14067, para validar el modelo de gestión de logística verde en la empresa Exturiscol S.A.S.

## 1.5. 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 EXTURISCOL S.A.S. Dichas acciones tienen una secuencia lógica para dar cumplimiento a cada meta formulada.



## **1.6. Marco Teórico**

### **1.6.1. Modelo de Gestión**

Para la elaboración de un modelo de gestión se debe realizar por fases y estas a su vez deben involucrar compromiso por parte de estrategias que decidan implementarlo. El primero es evaluar, esta fase implica evaluar los riesgos, impactos y oportunidades de mejora que puedan existir, el segundo es definir una estrategia, objetivos y políticas de cualquier tipo a implementar, después se procede a implementar dichas estrategias en la cadena de valor de la organización, posteriormente se mide y controla el impacto y avances, además de aceptar los objetivos. Por último, se comunica los avances y las estrategias que involucren una mejora en los aspectos débiles. Esto es un proceso cíclico que debe establecerse para la continua retroalimentación y mejora de los procesos. Pérez (2008)

Es importante resaltar los modelos de gestión logísticos tales como lo son: El modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR-model: supply-chain operations reference-model), desarrollado por el Supply Chain Council of North America (1996), no tiene descripción matemática ni métodos heurísticos; es una herramienta estándar que analiza y mejora el desempeño de la cadena de suministro de las organizaciones usando KPI's (Key Performance Indicators). El SCOR identifica principalmente cinco procesos de gestión, tales como planificación, aprovisionamiento, manufactura, distribución/entrega y devolución. Cano, Orue, Martínez, Moreno y López, (2015).

Otros autores hacen referencia a un modelo logístico, basados en atributos de pymes como lo es Díaz (2008), el cual determina tres fases principales en la cadena de suministro: provisión, producción y distribución. Aunque se atribuye una unión de todos los participantes de la cadena de suministro, el autor sólo estudia algunos costos de la misma, dejando a un lado la relevancia de la gestión para el mejoramiento continuo del desempeño logístico de la cadena de suministro.

### 1.6.2. VRP (Vehicle Routing Problem)

Son un conjunto métodos exactos y heurísticos desarrollados para la VRP y algunas de sus principales variantes, haciendo referencia en las cuestiones prácticas comunes a de la misma. Toth & Vigo (2002)

El VRP se define a menudo bajo restricciones de capacidad y longitud de ruta. Cuando sólo hay restricciones de capacidad, el problema se denomina CVRP. La mayoría de los algoritmos exactos se han desarrollado con limitaciones de capacidad. Pero varios se aplican a múltiples problemas de distancia limitada. A diferencia de, La mayoría de las heurísticas consideran explícitamente ambos tipos de restricciones. El objetivo es minimizar el costo de transportar estos productos para nuestro caso en particular pasajeros. Numerosas variantes son originadas del VRP al incluir diferentes restricciones, dos variantes del problema me generan un particular interés: el TSP.

El uso de estos modelos y heurísticas se puede ver expresado en g-vrp por Erogan, miller - hooks (2012), en el cual los autores desarrollan soluciones para la implementación de vehículos alternos combinada con una deficiente infraestructura de reabastecimiento, se formula como un programa lineal entero mixto, empleando la heurística Clarke y Wright saiving modificada, el cual presenta una solución adecuada dependiendo de la ubicación de cliente y estación, además analiza la implicación de introducir tecnología.

Es así como mediante la implementación del g-vrp se desea encontrar soluciones a problemas de enrutamiento, esto mediante la aplicación del algoritmo evolutivo NSGA II el cual resuelve los puntos de referencia GVRP y realiza un análisis estadístico para evaluar y validar los resultados obtenidos, Jemai, Zekri, Mellouli (2012), en este artículo además se pretende señala el problema de encontrar rutas para vehículos que sirvan a un grupo de clientes al tiempo que minimiza la distancia recorrida total y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Es como implementando el modelo vrp podemos tratar de disminuir el impacto por consumo de combustibles, y es así como en este mundo globalizado los gobiernos ejercen controles sobre las empresas para la disminución de gases de efecto invernadero y emisiones de un sistema urbano de

captación y entrega bajo estas presiones cambiantes. Salimifard, Raeesi (2014) Un modelo, desarrollado por los autores en ArcGIS, se utiliza para evaluar estos para un estudio de caso específico que involucra una flota real con características operativas específicas. El problema es modelado como un problema de minimización de emisiones de enrutamiento de vehículos con ventanas de tiempo. Los análisis de las diferentes políticas externas y los cambios operacionales internos proporcionan información sobre el impacto de estos cambios en el costo, la calidad del servicio y las emisiones.

A continuación, se muestra la formulación matemática para el agente viajero.

$$\text{Min } f = \sum_{(i,j) \in E} C_{ij} * x_{ij} \quad (1.0)$$

Sujeto a

$$\sum_{j \in \Delta+(j)} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in V \quad (1.1)$$

$$\sum_{i \in \Delta-(i)} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in V \quad (1.2)$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad \forall (i,j) \in E, i \neq 0, j \neq 0 \quad (1.3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in E$$

Parámetros:

$C_{ij}$ : Distancia entre el origen tipo  $i$  para cada destino  $j$  dada en (Km)

$N$ : Cantidad de nodos.

VARIABLES:

$X_{ij}$ : Variable binaria.  $i=1, 2, \dots, m$ .  $j= 1, 2, \dots, n$ .

$U_v$ : Variable ficticia real que define la etapa en que se visita el nodo del conjunto  $V$ .

## **1.7. Marco Conceptual**

### **1.7.1. Modelo de Gestión Verde**

Está definido por fases y enfocado a la contribución al medio ambiente, este guía de gestión verde se evidencia definido en la GTC 104 de (2009), donde se presenta un marco integrado de principios, prácticas y criterios para la implementación de las mejores prácticas en la gestión del riesgo ambiental. El modelo basado en Pérez (2008) se enfoca en fases la primera es evaluar los riesgos del proyecto ambientales y búsqueda de oportunidades de mejora (Establecer contexto, Identificar riesgos, Analizar los riesgos, evaluar los riesgos y tratar los riesgos) Este proceso sistemático de comunicación y consulta, monitoreo y revisión siendo el panorama de la gestión del riesgo ambiental descrito en la GTC 104 de 2009. La segunda fase es la definición de estrategias y objetivos a implementar, a su vez la implementación de prácticas ambientales internas y externas de la empresa la siguiente fase es la implementación y evaluación mediante indicadores y por último la comunicación.

A su vez la implementación de prácticas ambientales internas y externas de la empresa.

### **1.7.2. Transporte Verde**

Es claro que hoy en día los niveles de contaminación en las metrópolis ha llegado a niveles muy elevados, esto se debe en parte a la gran cantidad de parque automotor que existe, existen tres grandes soluciones relacionadas al transporte verde, la primera es actualización y correcto uso del transporte público, la segunda es implementar cambios respecto al parque automotor particular de tal manera que cambien el uso de combustibles fósiles, por tipos de energía más amigable con el medio ambiente, y por último que los corredores viales tengan el menor impacto en su entorno. Angheluta & Costea (2011).

El transporte verde pretende causar el menor impacto posible dentro del entorno, esto se logra mediante utilización de medios que no contaminen tanto, o el cambio a energías limpias, como lo

son el uso de carros eléctricos o a gas, que puede representar un ahorro en un futuro, además de contaminar menos.

Algunas otras alternativas son el teleférico el cual emplea electricidad, o como se ha implementado en la mayoría de ciudades importantes del mundo buses híbridos los cuales funcionan con 70% electricidad y tan solo 30% diésel, es decir que disminuyen la contaminación por huella de carbono, debido a que poseen un sistema de monitoreo que monitorea su funcionamiento e impacto.

### **1.7.3. Huella de Carbono**

Es un indicador que mide las emisiones de CO<sub>2</sub> y gases de invernadero emitidos por el producto y/o servicio prestado, el impacto del consumo de los recursos naturales utilizados para conservar la vida humana y servicios prestados que directa o indirectamente se prestan para el desarrollo de la humanidad

Es decir que la misma es empleada para medir los impactos que dejan las distintas actividades en las que una organización se desempeña, en el medio ambiente. Y permite un cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero descrito en el documento análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia de informe de Fedesarrollo (2013).

Una de las definiciones más acertadas está dada por Wiedman & Minx (2007), para los cuales la huella de carbono es la acumulación de CO<sub>2</sub> directa o indirectamente, que genera una actividad en el ciclo de vida de un producto.

El objetivo de la huella de carbono es conocer la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero que produce una organización en su actividad y de qué manera esta puede buscar alternativas para mitigar el efecto de las mismas en el medio ambiente, todo a través del cálculo de dichas emisiones cuando se está realizando la actividad. En la actualidad las empresas procuran tener certificados de regulación de las emisiones, pues en este mundo globalizado los gobiernos de los países se ven obligados a exigir a las empresas operaciones que sean menos contaminantes.

Otra definición que se obtiene del termino por parte de Pons (2009) es la cantidad de emisiones que produce una empresa al realizar una actividad, pero habla acerca de la composición de la huella carbono que aparte de CO<sub>2</sub>, existen otros gases carbonados tales como CH<sub>4</sub>, pero al ser gases de invernadero contribuyen además a la “huella climática”

El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, dicha puede ser provocada por el hombre en el desarrollo de alguna actividad, o por parte de la naturaleza. Estos impactos producidos por el hombre pueden implicar aspectos positivos como negativos. De igual manera este impacto es de gran importancia dado que en la actualidad el medio ambiente es una prioridad y la búsqueda de soluciones para el mejoramiento continuo y nivel de calidad de vida de la población.

### 1.8. Marco Legal

El ministerio de transporte, como entidad gubernamental se encarga de dar a conocer la normatividad que rige el transporte de pasajeros, carga e infraestructura respecto al caso a trabajar en cuestión, caso transporte terrestre de pasajeros.

<p>LEY 105 DE 1993</p>	<p>“por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones.” Reglamentada en el decreto 105 de 1995.</p>
<p>LEY 336 DE 1996</p>	<p>"Por la cual se adopta el estatuto nacional de transporte". Que en su capítulo número 1, artículo 1 cito a continuación, “La presente ley tiene por objeto unificar los principios y los criterios que servirán de fundamento para la regulación y reglamentación del transporte público aéreo, marítimo, fluvial, férreo, masivo y terrestre y su operación en el territorio nacional, de conformidad con la Ley 105 de 1993, y con las normas que la modifiquen o sustituyan.”</p>

LEY 769 DE 2002	"Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones". Y su modificación y adiciones en la ley 1005 de 2006.
-----------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Además, existen decretos y regulaciones que afectan el transporte especial como lo son:

DECRETO 348 DE 2015	“por el cual se reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor especial y se adoptan otras disposiciones”.
DECRETO 948 DE 1995	“Reglamentación parcial en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.”

RESOLUCIÓN 7126 DE 1995	“Por la cual se establecen las características y especificaciones técnicas y de seguridad para los vehículos de transporte público colectivo de pasajeros.”
RESOLUCIÓN 000479 DE 2010	“Por la cual se expide el Reglamento Técnico para vehículos de servicio público colectivo y especial de pasajeros con capacidad entre 10 y 79 pasajeros, no incluido el conductor, y se dictan otras disposiciones.”

Para el control, regulación y vigilancia de estas normativas se encuentra la superintendencia de puertos y transporte.

<b>PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE LOGISTICO INTERMODAL</b>	<p>El Gobierno Nacional, de la mano de las autoridades sectoriales y entidades expertas, estructuró el Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMTI) como una visión estratégica del país sobre las necesidades en infraestructura y transporte, que asegure el crecimiento económico y potencie su participación dentro de las dinámicas globales.”</p>
----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Respectos a los aspectos de prestación del servicio por parte de la empresa EXTURICOL. S.A.S., se puede decir que la empresa cuenta con la normativa actualizada para la parte de calidad, NTC ISO 9001-2015, la cual se cumple a conformidad para los procesos realizados dentro de la empresa, lo cual garantiza la satisfacción del cliente y el cumplimiento de las conformidades.

### **1.9. Antecedentes**

Para la realización del estado del arte se realizaron las respectivas búsquedas en distintas bases de datos, de las cuales el porcentaje de búsqueda en dichas bases fue de 60% empleando scielo.org, un 25 % empleando la base de datos Science direct, y un 15 % empleando otras fuentes bibliográficas como lo es springer. En dichas bases de datos se pudo encontrar dichos artículos relacionados con logística verde y en la parte de transporte, los temas para realizar la búsqueda fueron transporte verde, huella de carbono, impacto en la cadena de suministro, respecto a estos artículos seleccionados el 55% de ellos relaciona directamente el transporte verde en su tópico principal, dichos artículos se organizaron en una matriz que incluye autor, año, problemática y variables. Presentada a continuación.

Autor y año	Problemática	Variables
TORRES-RABELLO & H. CHÁVEZ, 2010	Encontrar nuevas soluciones en logística verde, debe ser el nuevo reto para el futuro.	Cadena de valor, mercado estratégico, costos de transportar.

MIGUEL LOPEZ, 2010	Solución de problemas logísticos en una vía en específico madrid-lyon mediante la utilización de indicadores claves de desempeño	Indicadores de desempeño, sostenible, cadena de suministro.
ANGHELUTA & COSTEA, 2011	Contaminación de CO2 en las grandes metrópolis, y el impacto de la logística sobre el mismo.	Costos de mantenimiento, impacto de emisiones, costo de sanear.
LIN & HO, 2011	Que en las industrias chinas se adopten prácticos verdes, encontrando la manera de balancear la operación con un desarrollo sostenible.	Ventajas, indicadores, regulación.
BESKOVNIK & TWRDY, 2011	Se plantea políticas verdes en las empresas, comprendiendo los aspectos positivos que este tiene.	Costo de transportar, cadena de valor.
GOMEZ, 2011	Aplicar un GSCM en una empresa de suministros eléctricos, con el fin de aplicar las normativas que le aplican.	Cadena de abastecimiento, inventarios, distribución.
DEKKERA, 2011	Operación esa investigación de logística inversa, y contribuciones en su aplicación.	Transporte, operación en logística inversa.
UBEDA & FAULIN, 2011	Implementación de prácticas verdes en una importante empresa de alimentos de España, y cambios en la flota de transporte.	Medio ambiente, transporte de carga.
CHOUDHARY & SETH, 2011	Implementar en las fábricas de autos la cadena de suministro	cadena de suministro, sostenibilidad ambiental, logística inversa

	verde, para cumplir con los estándares propuestos.	
K LAI, CWY WONG - OMEGA, 2012	Demostrar rentabilidad, y buenas prácticas de manufactura, en las empresas chinas combinado con logística verde, para ser competitivo y conservando los recursos	cadena de valor, administración logística
ZHANGA & ZHAO, 2012	Características que influyen en los envases, dependiendo del gobierno.	Empaque, logística inversa, costos de almacenar.
PISHVAEE, TORABI, & RAZMI, 2012	Se planteó la utilización de un modelo matemático fuzzy para una red logística la cual permita la reducción de dióxido de carbono.	Emisiones de dióxido de carbono, programación difusa, diseño de redes.
MORÉ JARAMILLO, GIRET, 2013	Caso de estudio de investigación Movilidad sostenible en Bogotá D.C., Metro, viabilidad y reducción de emisiones	Emisiones de dióxido de carbono, Movilidad, Sostenibilidad, ambiental.
GÓMEZ MONTOYA, CORREA ESPINAL, HERNÁNDEZ, 2014	Reducción de emisiones en logística de transporte y problemas de ruteo, mediante la utilización de una meta heurística, y algoritmo genético.	Algoritmo genético, ruteo, TIC.
HERNANDEZ, 2014	Alternativas de transporte sostenible	Transporte verde, nuevas tecnologías, Disminución emisión de gases

CHACIN, QUINTERO, JOSEFINA, 2015	Relevancia que posee la economía circular y logística verde en la productividad y competitividad de las empresas.	Economía circular, estrategias de protección medioambiental.
THOMPSON, 2015	Proponen el uso de vehículos innovadores que acerquen mayor cantidad de carga, que con el uso de no combustibles fósiles, sean el futuro.	Logística inversa, vehículos innovadores.
REZG, AMEKNASSI, 2016	Se plantea la implementación de un modelo de programación, que interviene cadenas de suministro estratégico.	Integración de la cadena de suministro, emisiones de gases Green house.
PAMUCAR, GIGOVIC, CIROVIC, 2016	Optimización de rutas verdes para centros logísticos, que incluye un método multi -criterio y algoritmo disjkstra.	Algoritmo disjktra, logística verde.

*Tabla 2. Publicaciones relacionadas como antecedentes para este estudio.*

Las empresas de transporte son uno de los principales exponentes de contaminantes, de todo tipo que causan un impacto en el ambiente, uno de los principales es la huella de carbono, puesto que la cantidad de automóviles en el mundo ha ido en aumento considerable en los últimos 15 años, esto sin duda ha causado un deterioro del paisaje urbano en la ciudad, además de un deterioro en la salud de los ciudadanos que la habitan, debido a la mala planeación de las ciudades estos impactos ambientales son cada vez más fuertes, es por este motivo que uno de los retos más importantes que se plantea en el mundo es la logística verde, que pretende la planeación y control de recursos, según eso se han empleado varias maneras como en una propuesta que hace López (2010) en un corredor verde entre Lyon- Madrid en el cual plantea el uso de indicadores claves de desempeño para medir lo que realmente se hizo y que cumpla con los estándares de la Unión Europea en cuanto a sostenibilidad, respecto a la huella de carbono que deja el transporte de carga, este es un problema de ruteo que como plantean Gómez, Correa, Hernández (2014) en su proyecto de “Transporte verde: eficiencia y reducción de CO<sub>2</sub> integrando gestión, tecnologías de información y

comunicaciones”, se pueden solucionar implementando algoritmo genético que permita que el problema de rutas se reduzca y por medio de esto las emisiones contaminantes también, además de resolver problemas con la flota de transporte utilizando un meta heurístico.

Es así como en soluciones en logística verde en Estambul Angheluta & Costea (2011), estos plantean que implementar la logística inversa puede ser más costoso al principio pero que a largo plazo puede traer más beneficios, no solo a la operación en la que se desempeñen las empresas, si no que en general a toda la ciudad, y que dichas soluciones innovadoras se pueden aplicar incluso a ciudades en crecimiento. En general los autores plantean aplicar logística inversa en los diferentes ámbitos de la industria pues esto a largo plazo le da prestigio pues hoy en día se deben cumplir con estándares internacionales que reduzcan los impactos ambientales, y dependiendo de la ubicación cumplir con las respectivas regulaciones, es decir que para competir en un mercado global se debe aplicar estas practicas que reduzcan el daño sobre el medio ambiente.

A continuación, se muestra una línea del tiempo en donde podemos observar la evolución de los artículos, a lo largo del tiempo y se observa que el tema es muy reciente y esto se debe a la necesidad de aplicar prácticas de logística verde en las organizaciones, para disminuir el impacto de las mismas en el ambiente.

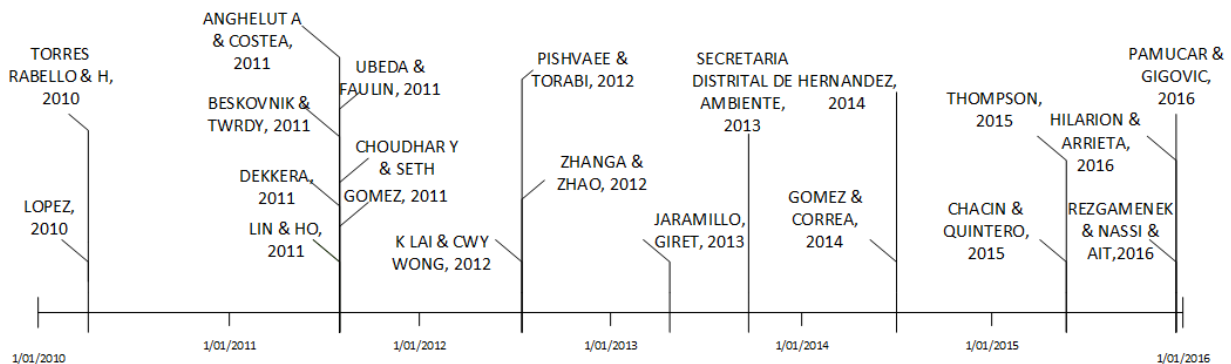


Figura 8. Línea del tiempo documentos relacionados para el estudio.

## **2. IDENTIFICACIÓN DE NIVEL DE EMISIONES GENERADAS POR EL SISTEMA ACTUAL DE OPERACIÓN**

Para el desarrollo del proyecto, lo primero que se realizó fue una reunión de apertura con la alta dirección y área operativa de la empresa, a la cual se les informo acerca del proyecto que pretendíamos implementar dentro de la empresa, este incluye como principio básico la reducción de la huella de carbono por consumo de combustible, en la operación de EXTURISCOL S.A.S. Posteriormente a esto se realizó una entrevista a la encargada del suministro de información, quien suministró los procedimientos de operación, para los cuales se elaboró diagramas de proceso y flujo, que posteriormente permitieron la identificación de los procesos críticos.

Además, se realizó la identificación de niveles actuales de huella de carbono por consumo de combustibles fósiles y distancias recorridas en las rutas, para continuar con la medición mediante indicadores del desempeño del sistema de operación actual.

### **2.1. Estado del Sistema General de Exturiscol S.A.S.**

Para conocer cuál era el estado actual de la empresa se propuso una entrevista con el encargado para que nos diera a conocer su punto de vista frente a la situación de la empresa respecto al modelo de gestión de transporte verde que se pretende aplicar.

#### **A. ¿Cuál es la situación actual de la flota de Exturiscol S.A.S.?**

Exturiscol S.A.S. cuenta con un parque automotor de 192 móviles a comparación de empresas del sector, desde modelos de los años 90 hasta la actualidad, se han ido renovando la flota poco a poco y el mantenimiento siempre es correctivo dado la magnitud de la flota.

## **B. Descripción general de los procesos en Exturiscol S.A.S.**

Exturiscol S.A.S. tiene un mapa de procesos claro donde se dividen los procesos en tres grandes categorías: los procesos de alta dirección, los procesos de la realización del servicio y los procesos de apoyo, todos estos siempre enfocados en los requisitos del cliente.

El proceso de alta dirección está conformado por la Planeación Gerencial, en esta parte se planean estrategias, imparten directrices, verifican indicadores y retroalimenta la empresa.

Los procesos de la realización del servicio, son la gestión comercial y la planeación y operación del servicio. Aquí es donde se reciben los requisitos de los clientes, se programan los vehículos y se ejecuta el servicio. Finalmente tenemos los procesos de apoyo en donde está la gestión de recursos humanos, la gestión de calidad, el servicio al cliente, las compras y el mantenimiento de vehículos sistemas e infraestructura. Todos estos procesos se encargan de complementar los demás procesos generando un servicio de calidad que cumple con la normatividad vigente, a través de un recurso humano capacitado y un parque automotor renovado, seguro y cómodo.

## **C. ¿Cuáles son los procesos críticos actuales en Exturiscol S.A.S.?**

Los dos procesos más críticos de Exturiscol S.A.S. son: la planeación y operación del servicio y el mantenimiento de vehículos sistemas e infraestructura. Estos procesos afectan de forma directa la satisfacción del cliente y la eficiencia económica de la organización, debido a que el primero es el encargado de planear, ejecutar, hacer seguimiento y retroalimentar el servicio, no puede presentar fallas; pues esto generaría que el servicio llegue tarde, con una capacidad equivocada, a un lugar equivocado o que no llegue. En cuanto al segundo proceso, es el encargado de que los equipos (vehículo) estén en perfectas condiciones para prestar el servicio, entonces si este proceso no funciona operaciones pudo haber planeado mucho el servicio, pero no va a tener recursos para ejecutarlo.

## **D. ¿Compromiso de Exturiscol S.A.S. frente al medio ambiente?**

Exturiscol S.A.S. siempre se ha preocupado por el entorno en el que realiza sus operaciones; bien sean personas (comunidades) o recursos naturales. Es por esto que el medio ambiente y la afectación que ejercemos en ella es una de las preocupaciones. En concordancia con esto, sus planes de mantenimiento siempre están enfocados en la disminución de gases que los vehículos emiten ya que este es el mayor impacto en el medio ambiente. A demás de esto cumplimos con todos los requisitos que nos exige la ley en medidas de protección a los recursos naturales.

#### **E. ¿Opinión frente a la medición de Huella de Carbono?**

La medición de carbono es un recurso muy importante en el cual las empresas de servicio de transporte terrestre automotor pueden apoyarse como punto de partida para tomar medidas tanto preventivas como correctivas, con el fin de mejorar el impacto que están teniendo sobre el planeta tierra.

#### **F. ¿Qué espera Exturiscol S.A.S. frente al modelo de gestión propuesto?**

Exturiscol S.A.S. espera que este modelo de gestión permita mejorar el proceso de prevención y mitigación del impacto ambiental que causa la empresa con el rodamiento de sus vehículos. Esperamos que nos brinde herramientas que nos permitan crear nuevas acciones preventivas o correctivas que alimenten nuestro sistema.

### **2.2. Diagramas de flujo en Exturiscol S.A.S.**

Se realizó un análisis de la situación actual de la empresa y para esto se elaboró el diagrama de flujo críticos de la empresa, el cual permitió identificar cuáles son los procesos que se desarrollan en la operación de Exturiscol S.A.S y en cuáles se pretende intervenir para la aplicación del modelo de gestión verde que disminuya los niveles de emisión por huella de carbono.

A continuación, se observa el diagrama de flujo de la operación de la empresa, en donde se especifican los distintos procesos.

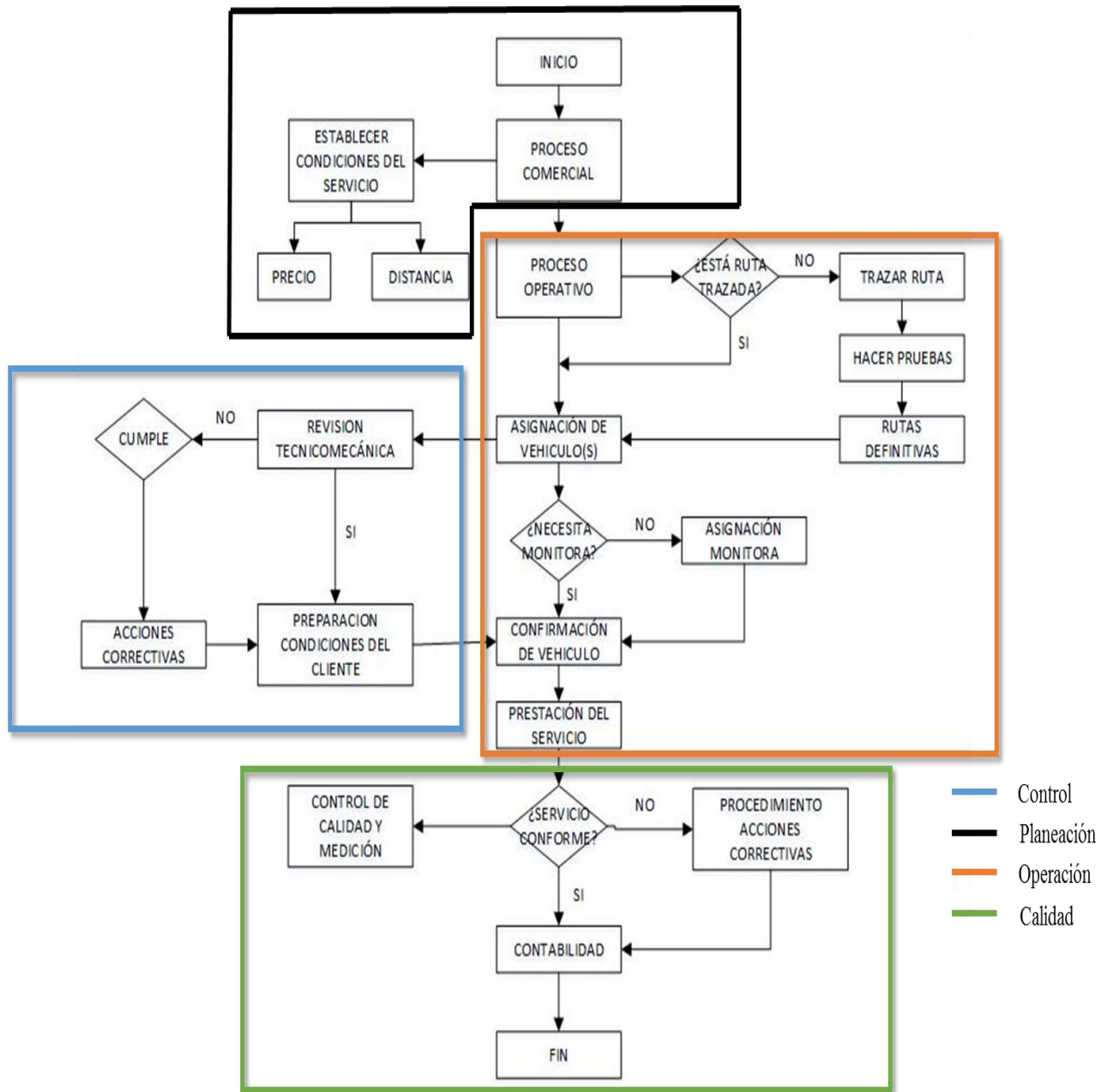


Figura 9. Diagrama de flujo operación Exturiscol S.A.S.

En el diagrama anterior se observan los distintos procesos que componen la operación general de la empresa en los cuales según las convenciones se dividen en 4 grandes procesos compuestos por una planeación (color negro), una operación (color naranja), un control (color azul) y un proceso de calidad identificado por el color verde. A continuación se presenta el diagrama de flujo para el trazado de rutas.

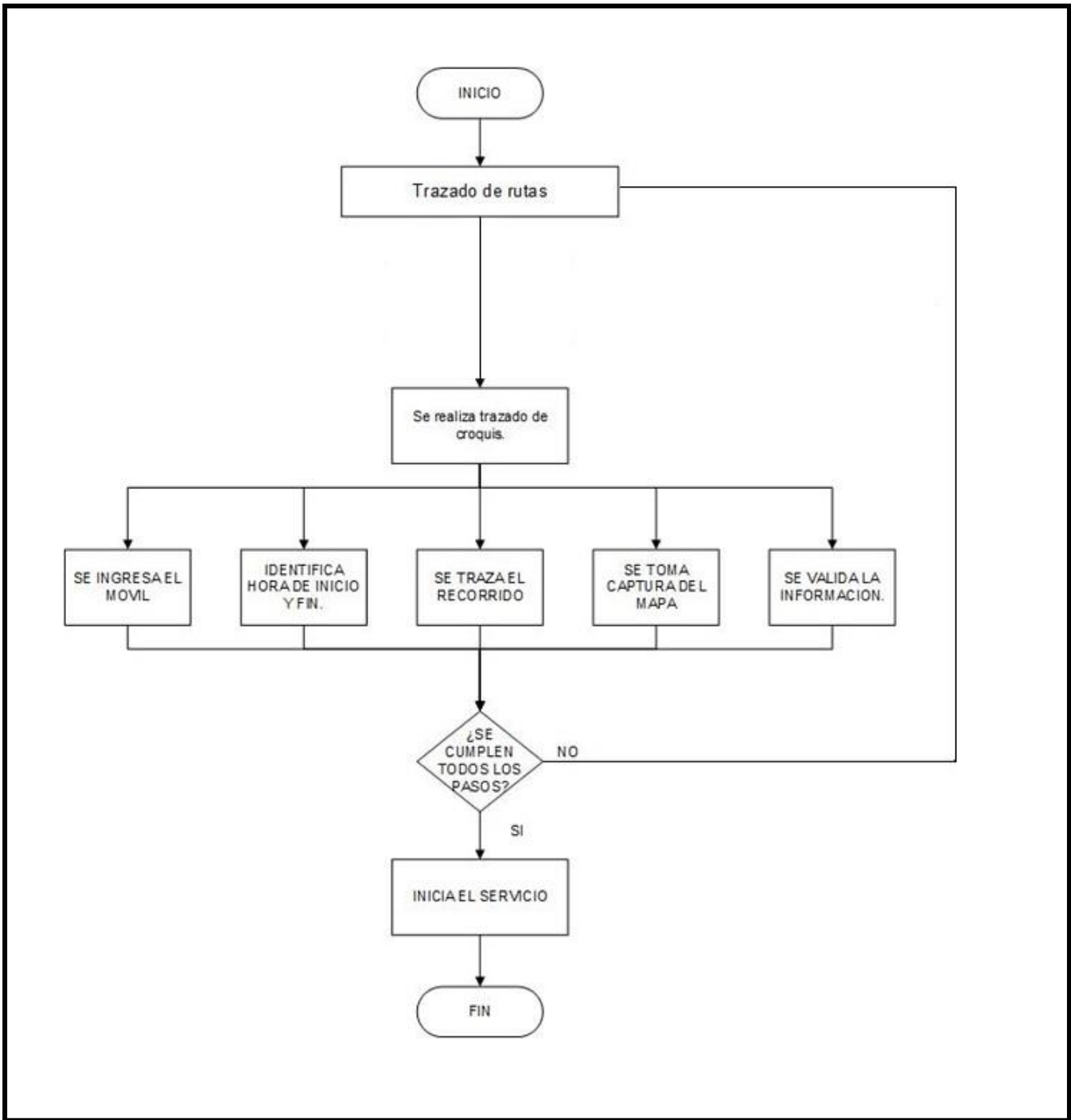


Figura 10. Diagrama de flujo para el trazado de rutas.

Del diagrama de flujo anterior se puede observar el procedimiento que se emplea en la empresa para el trazado de las rutas, proceso en el cual se interviene debido a que la hora de inicio y fin en que se realiza el servicio será evaluada posteriormente en el modelo de ruteo

### 2.3. Tipo de vehículos utilizados en la operación de EXTURISCOL S.A.S.

Los tipos de vehículos empleados en la empresa son tres tipos: buses, busetas y microbuses. A continuación, se presenta el tipo de vehículo, su capacidad, modelo, cantidad por modelo y número de móvil.

Tabla 3. Tipo de vehículos empleados en Exturiscol S.A.S.

Tipo de Vehículo	Imagen	Capacidad	Modelos	Cantidades por Modelos	# Móvil
Buses		43 pasajeros	1993	3	557,559,757
			1994	1	569
			1997	1	418
			2003	1	446
			2004	2	209,1036
			2005	3	194,236,950
			2006	3	198,424,789
			2007	3	329,604,665
			2008	2	753,1001
			2009	2	1479,1500
			2011	3	1150,1250,1332
			2012	4	1194,1350,1579,1980
			2014	9	1192,1292,1294,1333,1394,1492,1541,1692,1753
			2015	5	1563,1751,1952,1984,1992
	1	1037			
	Total	44			
Busetas		23 pasajeros	1996	1	379
			2003	3	144,195,520
			2005	2	471,563
			2007	2	314,969
			2008	1	889
			2010	1	843
			2013	1	805
				Total	12
Microbuses		11 pasajeros	2005	1	725
			2007	1	150
			2010	1	324
			2012	1	984
			2013	4	311,663,941,949
			2014	3	321,731,743
			2015	2	916,155
	Total	13			

En la tabla anterior se puede observar los distintos tipos de vehículos que se emplean en la operación, además de la capacidad con la que cuentan para realizar el servicio y por último se puede ver los distintos modelos desde el más antiguo bus modelo 1993, hasta los últimos modelos 2016.

#### 2.4. Trazado de ruta actual de Exturiscol S.A. S.

Se recopilaron datos al interior de la empresa y se logró determinar que en este momento la empresa no posee un modelo ruteo, pues la información se encuentra desorganizada y no digitalizada, generando que se extravié datos históricos de los móviles. Por este motivo se tomaron diferentes datos para realizar la identificación de niveles de emisión y su posterior análisis estadístico para los dos contratos más grandes de la empresa que son el colegió Nueva York y el Fondo Nacional del Ahorro (FNA).

A continuación, se presenta el recorrido que realiza el móvil 725, empleando la herramienta de geolocalización WIDETECH. En la tabla 4 se pueden identificar las direcciones que visita, así como las distintas paradas que realiza para recoger pasajeros.

*Tabla 4. Direcciones y secuencia del Móvil 725.*

# Móvil	Dirección	Secuencia
725	Cra. 11 #71-20	1
	Calle 68 cra 15	2
	Cra. 102 #66-45	3
	Cra. 7 con 170	4
	Av. Boyaca cra.153	5
	Cll 130c Tv 120A	6

Posteriormente se observa la imagen de la ruta generada por el programa y la secuencia que sigue el vehículo a lo largo del día, por último, donde termina su labor el conductor.

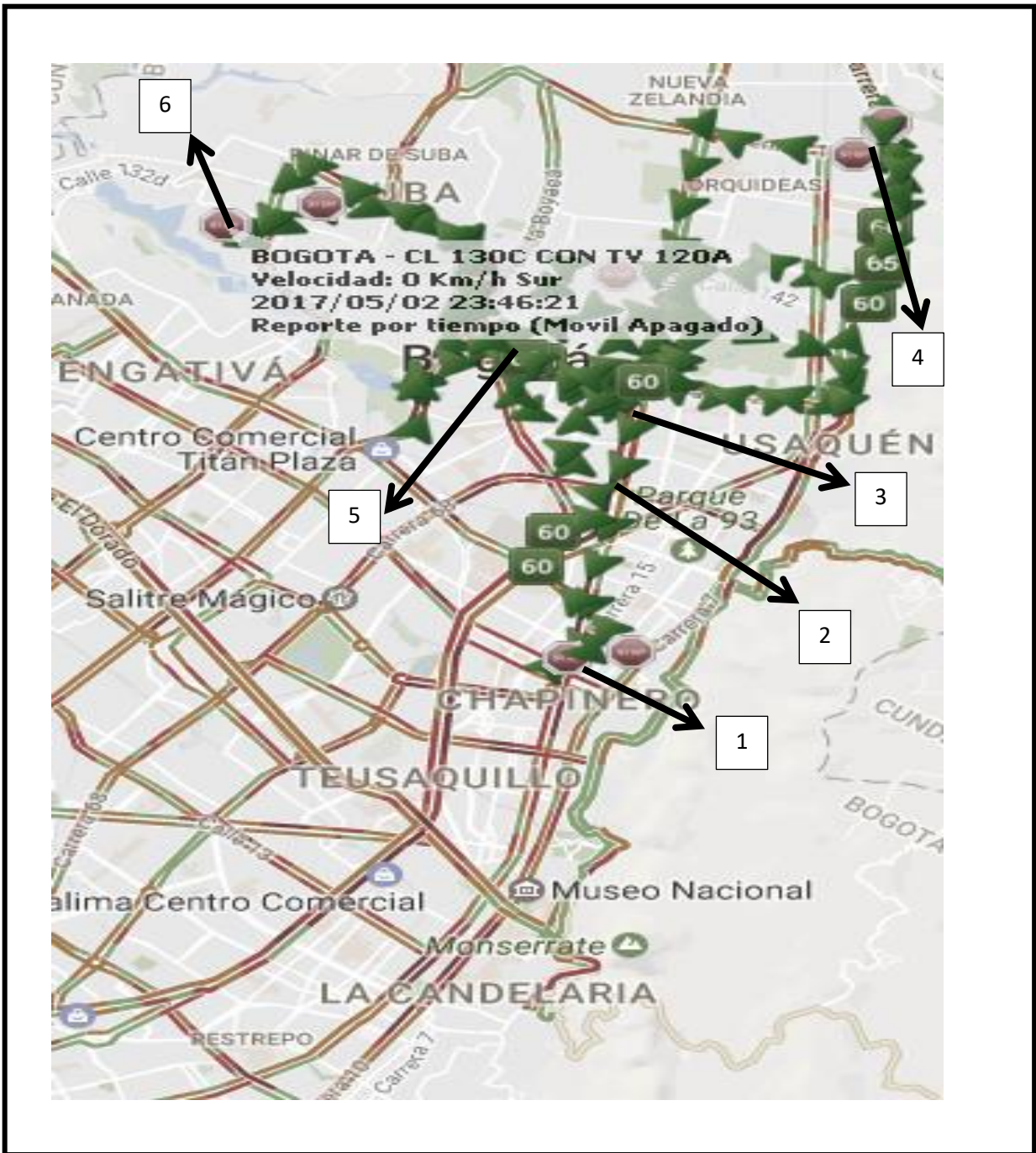


Figura 11. Mapa de recorrido del Móvil 725.

Fuente: <https://gps.widetech.co/Site/OnLine.aspx>

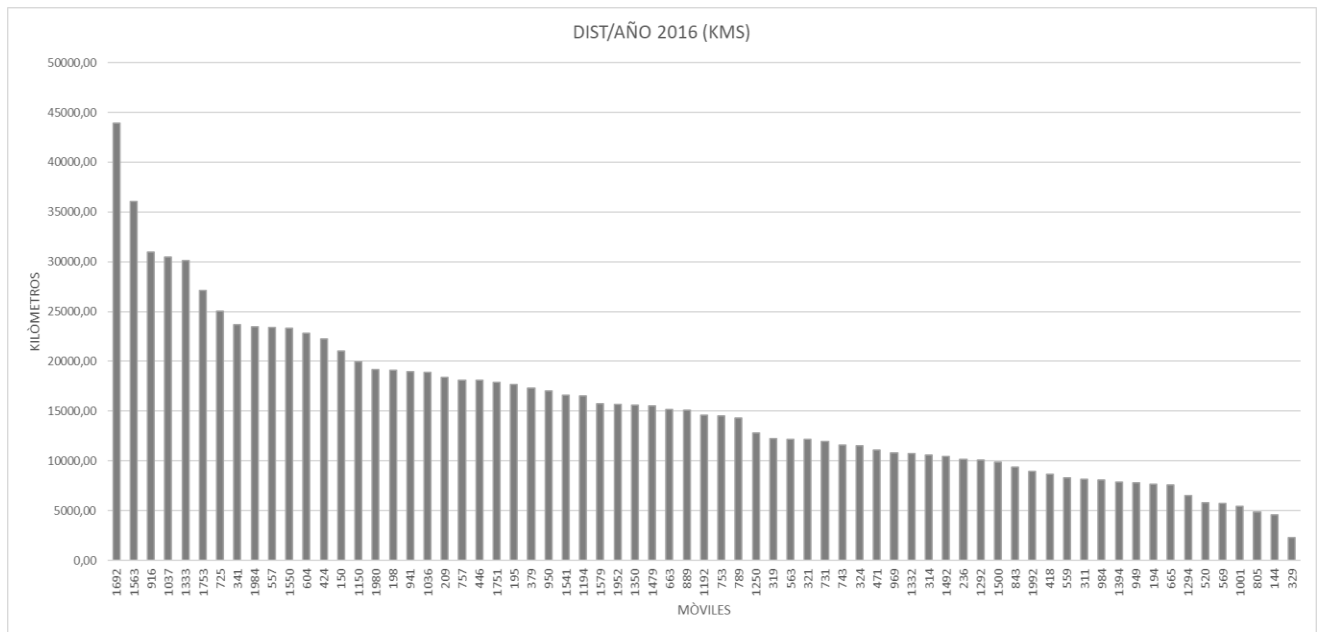
En la figura 11 se muestra el recorrido generado por el móvil 725, donde la distancia recorrida es de 114,5 Km en un día, se identifica intercepciones y exceso de velocidad cuando el vehículo toma la carrera 7ma y la autopista norte sentido norte-sur, lo que hace que las distancias y consumo de combustible aumenten considerablemente. Cabe aclarar que dicho móvil no tiene un recorrido planificado.

## 2.5 Variables de ruteo.

Las variables que intervienen en el dimensionamiento del modelo de ruteo en Exturiscol S.A.S. Son distancias recorridas como variable independiente y consumo de combustible como variable dependiente. Una variable sobre la cual no se tiene control alguno es el tráfico en la ciudad de Bogotá D.C. donde en horas de alta afluencia vehicular colapsa el sistema de transporte. Para este caso se recolectaron los datos entre las 5 y las 7 de la mañana los días miércoles.

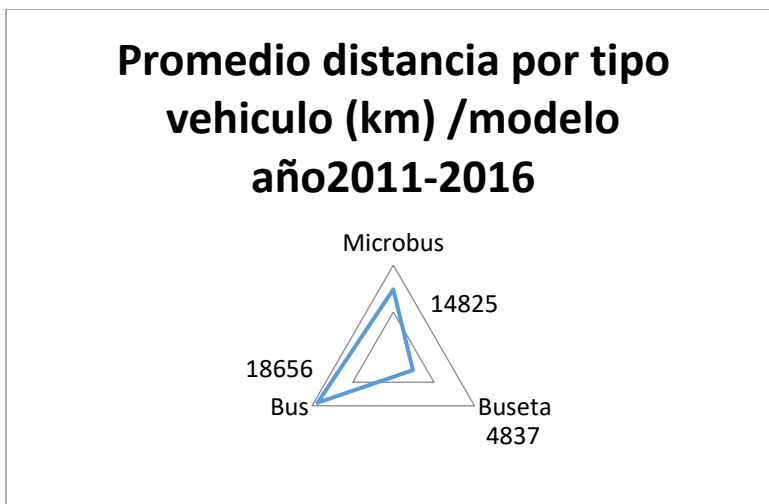
## 2.6. Análisis de distancias para los tipos de vehículo.

La empresa Exturiscol S.A.S. aportó la información solicitada, esto mediante el uso de la plataforma Widetech la cual proporciona la ruta recorrida por el móvil en el día. Para el tratamiento de los datos, se clasifica por tipo de vehículo y se filtra la información para dicho cálculo, A continuación, se muestra la gráfica para el tipo de vehículo microbús, empleando móviles modelo 2005 hasta 2016, en donde se observan las distancias recorridas.



Gráfica 1. Distancia recorrida para los tipos de vehículo para el año 2016.

La gráfica 1 se muestra los móviles por todos los tipos de vehículo, los móviles 916, 1333, 1692, 1563 y 1037, de los cuales 3 de 4 móviles anteriormente nombrados son buses recorren mayores distancias debido al estado de vehículo y el cumplimiento de las rutas para cada contrato de Exturiscol S.A.S.



Gráfica 2. Promedio de distancia por tipo vehículo 69 móviles. Año 2011 – 2016

En la gráfica 2 se muestra el promedio de distancia recorrida por los modelos 2011 al 2016, en donde se tiene que el tipo de vehículo “bus”, recorre la mayor distancia promedio 18656 Km al año tomando como referencia el año 2016 entre contratos fijos y contratos ocasionales, a diferencia de los microbuses y las busetas debido a su capacidad y comodidad.

### 2.6.1 Análisis de consumo de combustibles.

En Exturiscol S.A.S. se realiza una clasificación de los datos suministrados por la empresa por consumo de combustible, con el fin de analizar los valores y obtener de qué tipo de vehículo y modelo consume principalmente la mayor cantidad de combustible.

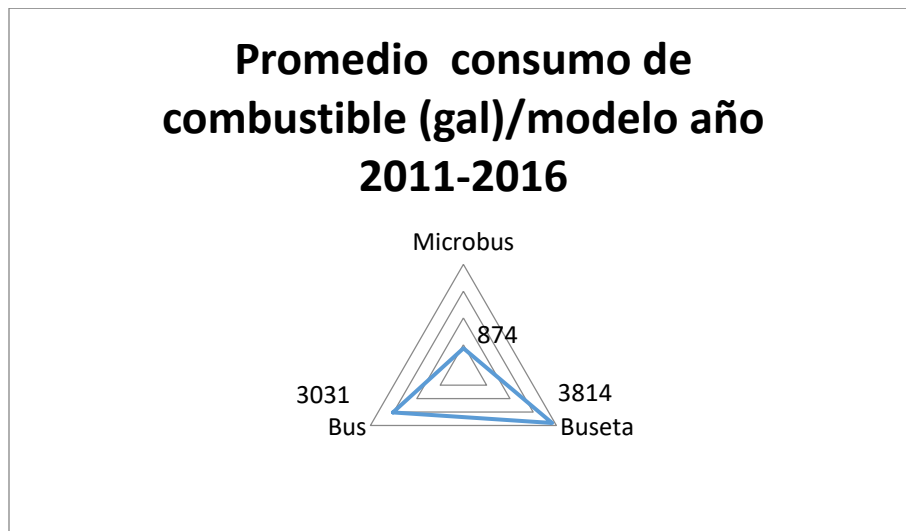
En la siguiente grafica se presenta el consumo de combustible para los diferentes tipos de vehículo que emplea la empresa.



Gráfica 4. Cantidad de combustible para los tipos de vehículo 69 móviles para el año 2016

La gráfica 4 nos muestra la cantidad de galones de combustible consumidos para todos los tipos de vehículos, en donde los móviles 557 y 1333 sobre salen de los demás. Se concluye que los buses tienen mayor consumo debido a que los contratos exigen este tipo de vehículo buses, además que los modelos son del 2011 al 2016.

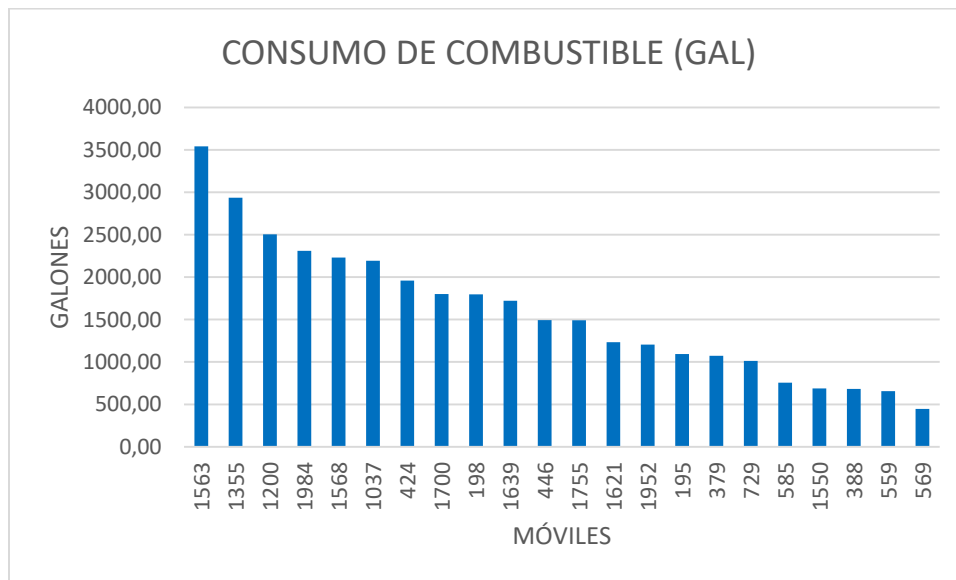
Posteriormente se muestra los datos promedio por tipo de vehículo y modelo de la cantidad de consumo de combustible.



Gráfica 5. Promedio de distancia por tipo vehículo. Año 2011 – 2016

En la gráfica 5 se tiene el consumo promedio de combustible (Gal) para los modelos de vehículos entre los años 2011 y 2016, donde se evidencia mayor consumo promedio del tipo de vehículo buseta de 3813 galones al año 2016 y los microbuses y buses.

Teniendo en cuenta la gráfica 1, se identifica que los datos de distancia no son coherentes en su orden para los móviles presentados en la gráfica 2. Esto se debe a que en la etapa diagnóstico se detectó que la empresa no registra de manera completa los consumos de combustibles de cada móvil, por lo cual se requirió hacer un filtro de datos para los móviles que cuenten con la totalidad de la información, para así evitar que datos atípicos afecten los cálculos en el indicador de huella de carbono actual, puesto que el factor de consumo de combustible está ligado a este tipo de emisiones. A partir del filtro anterior se obtiene una muestra de 22 móviles con datos completos en los cuales se presenta el consumo de combustible para el año 2016 en la gráfica siguiente:



Gráfica 6. Consumo de combustible para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016

En la anterior grafica se observa el consumo de combustible empleado por los móviles seleccionados para el análisis, el cual denota que los que más consumen son los buses y los que menos son los móviles 569 y 559 los cuales son busetas.

## 2.6.2 Cálculo de emisiones para los tipos de vehículo.

Para el tratamiento de los datos, se clasifica por tipo de vehículo y se filtra la información para dicho cálculo, se evalúa el nivel de emisiones de Huella de Carbono (CO<sub>2</sub>), Dióxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), en la siguiente tabla se muestra los factores, los cuales se realizó el cálculo. A continuación, se muestra el análisis para el tipo de vehículo (microbús), donde se muestra la totalidad de los móviles filtrados en el año 2016. Posterior a esto se presenta los coeficientes para el cálculo de emisiones.

			<b>CO</b>	<b>SO2</b>	<b>NO2</b>
<b>Microbuses</b>	<b>Ligeros</b>	<b>Euro I y II</b>	23,7	1,7	10,8
		<b>Euro III y IV</b>	0,2	0,0	0,1
		<b>Euro HEV</b>	0,1	0,0	0,0
<b>Busetas</b>	<b>Medianos</b>	<b>Euro I y II</b>	4,8	0,4	8,4
		<b>Euro III y IV</b>	0,1	0,0	0,1
		<b>Euro V</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Buses</b>	<b>Pesados</b>	<b>Euro I y II</b>	4,4	0,4	7,6
		<b>Euro III y IV</b>	0,4	0,1	0,7
		<b>Euro V</b>	0,1	0,0	0,1

*Tabla 5. Factores coeficientes para el cálculo de emisiones. Fuente. LEY 16 2002.*

### Nivel de contaminación

Niveles de CO = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo de CO \* La distancia recorrida

Niveles de SO<sub>2</sub> = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo SO<sub>2</sub> \* La distancia recorrida

Niveles de NO<sub>2</sub> = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo NO<sub>2</sub> \* La distancia recorrida

A continuación, se muestra los niveles de contaminación por huella de carbono actual generado por la operación de la empresa.

### Niveles de contaminación por huella de carbono actuales:

Ecuación:

$$\text{Nivel contaminación por huella de carbono actual} = 2,61 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times \text{distancia recorrida total actual};$$

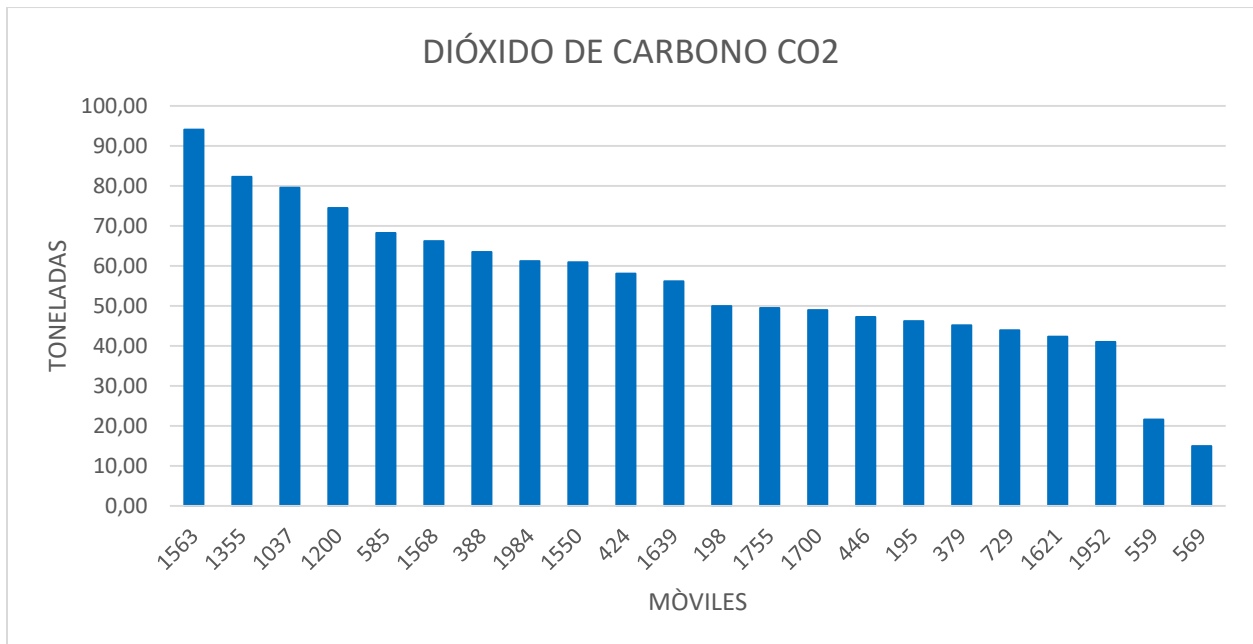
(Cálculo de las emisiones de huella de carbono a partir de los factores de conversión Diésel)

$$\text{Nivel huella de carbono actual} = 2,61 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 465687.03 \text{ km}$$

$$\text{Nivel huella de carbono actual} = 1215.44 \text{ Ton de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}}$$

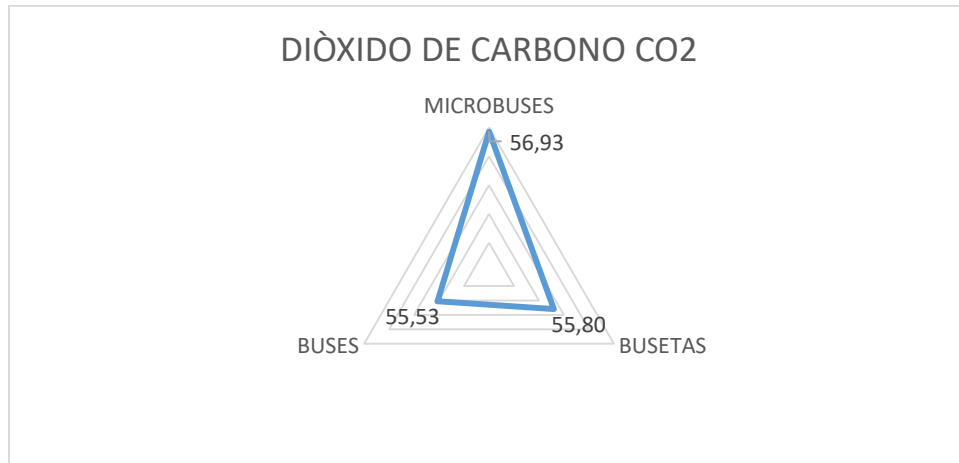
Actualmente los niveles de contaminación son de 1215.44 ton de CO<sub>2</sub> al año, para la muestra que tomamos de los contratos del colegio y el fondo nacional de ahorro, algunos móviles presentaron inconvenientes en la medición dado por el número de nodos se extendía en el colegio nueva york, este nivel es el generado por los 22 móviles que se filtraron y corresponden al año 2016.

#### A. Dióxido de carbono:



Gráfica 7. Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016

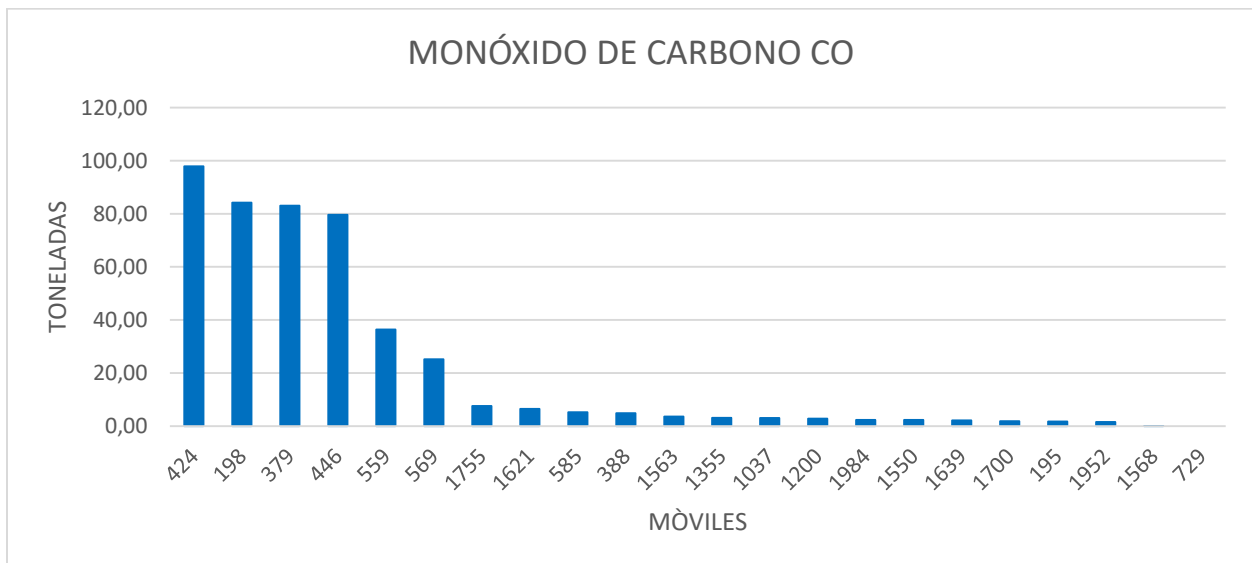
En esta grafica se observa los niveles de huella de carbono generados por los 22 móviles en el año 2016 en donde los más contaminantes son los buses, en especial por su modelo, para los demás tipos de vehículo mantiene niveles relativamente bajos.



Gráfica 8. Promedio de niveles de CO<sub>2</sub> por tipo vehículo Año 2011 – 2016

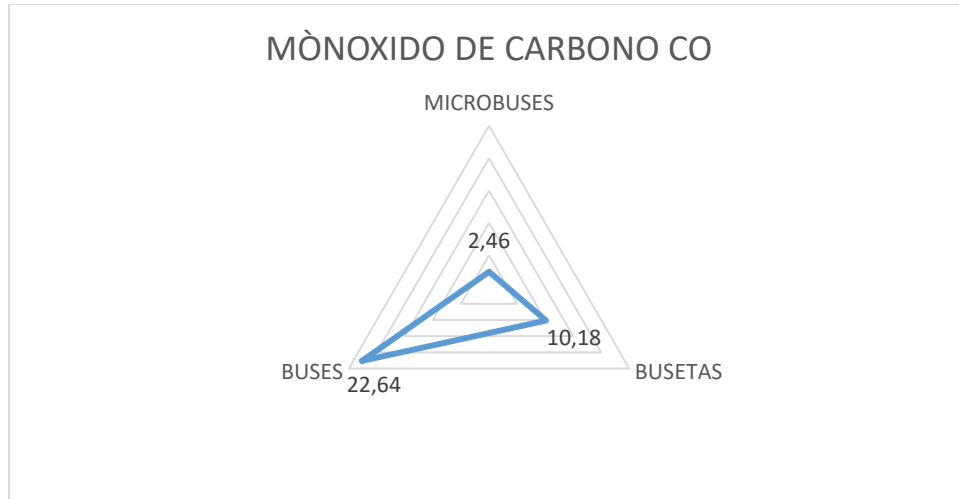
En la gráfica 8 se tiene los niveles de CO<sub>2</sub> para los modelos de vehículos donde se tiene el tipo de vehículo microbuses es de 57 Toneladas de CO<sub>2</sub>/Lt, el cual es el más contaminante y aporta gran parte a la medición por huella de carbono.

#### B. Monóxido de carbono:



Gráfica 9. niveles de CO por tipo vehículo Año 2011 – 2016

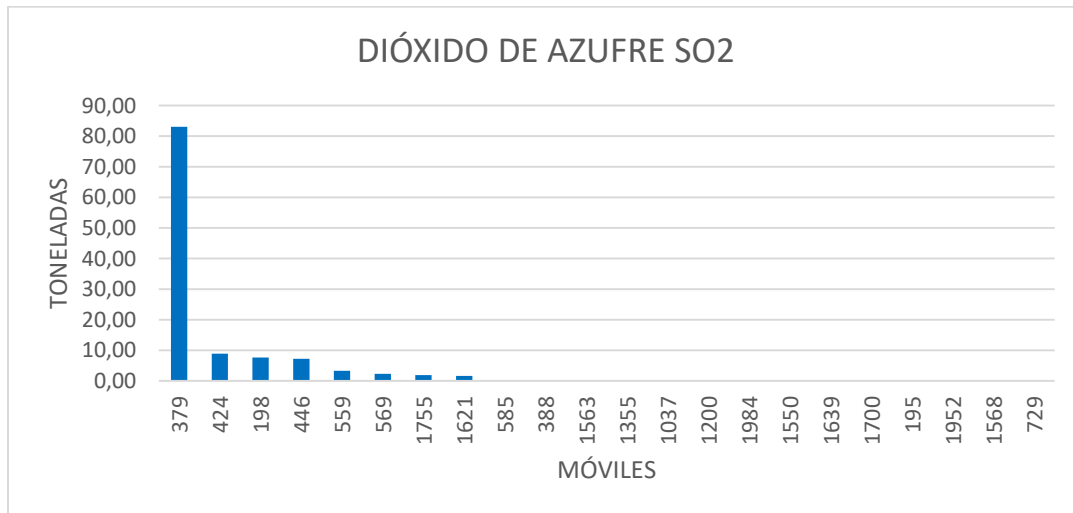
En la gráfica anterior se puede ver como los que mayores niveles de contaminación por CO generan son los buses, esto debido a que los modelos son antiguos y aún se encuentran en servicio y estos al no manejar los estándares actuales se encuentran generando los picos más altos de contaminación.



Gráfica 10. Promedio de niveles de CO por tipo vehículo Año 2011 – 2016.

En la gráfica 10 se muestra el promedio de niveles de monóxido de carbono donde los buses aportan el 22.64 Toneladas de CO, el cual lleva poca diferencia con los demás tipos de vehículos.

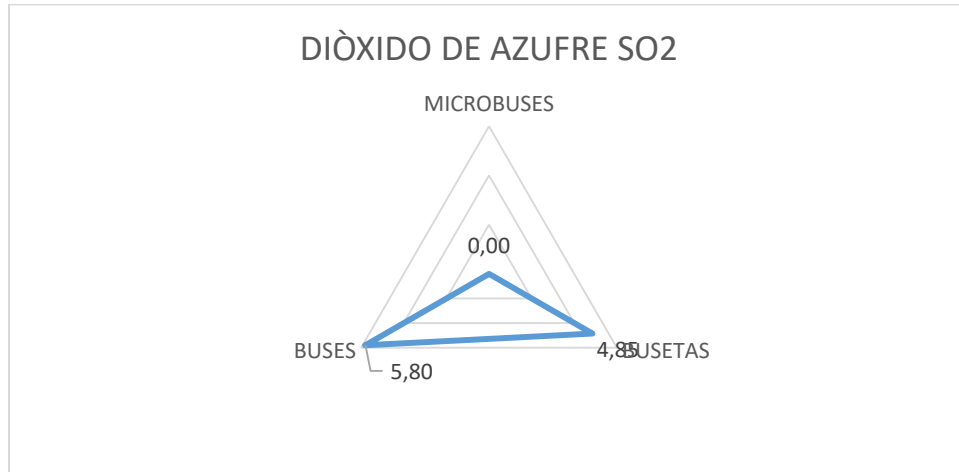
### C. Dióxido de Azufre



Gráfica 11. Dióxido de azufre SO2 para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016

En la gráfica 11 se puede ver que los niveles de SO2, son mínimos en la mayoría de los móviles, pero existe un pico muy alto para el móvil 379, el cual es una buseta y tal cual se muestra en la tabla 3 de tipos de

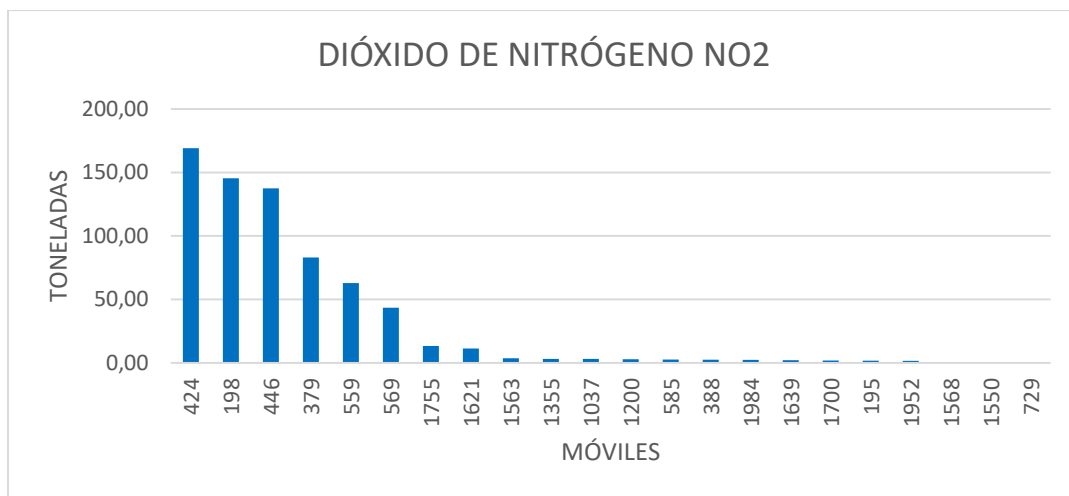
vehículos, esta corresponde a un modelo de 1996, lo que hace entender que por su antigüedad es más contaminante, debido a que los mantenimientos no mitigan lo suficiente el impacto de la misma.



Gráfica 12. Niveles de SO<sub>2</sub> por tipo de vehículo microbús para el año 2016.

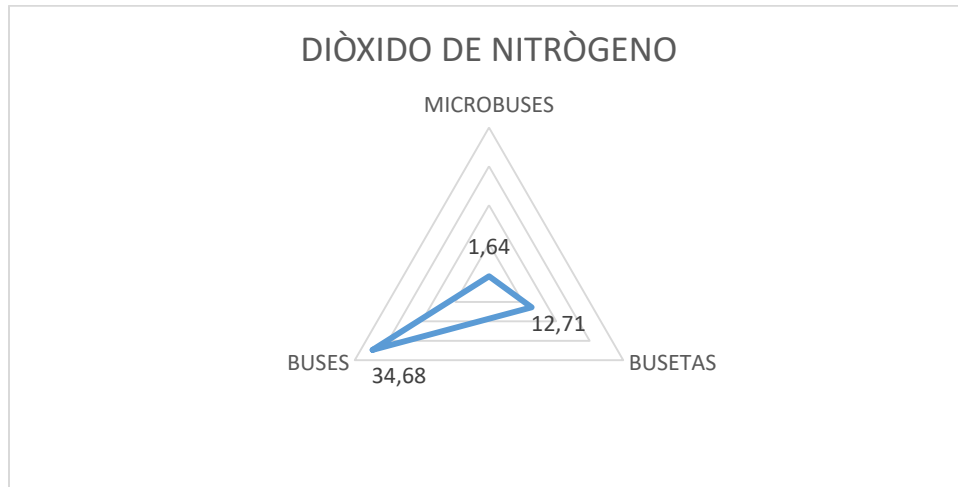
En la gráfica anterior se evidencia los promedios de NO<sub>2</sub> para los modelos recientes, y en donde el tipo de vehículo que más emisiones genera es los buses con 5.80 ton en promedio, teniendo en cuenta que para este promedio existen más datos válidos para unos tipos de vehículo que para otros. En el caso de los microbuses donde los valores promedio del dióxido de azufre es 0 es debido a que los móviles son modelos 2015.

#### D. Dióxido de Nitrógeno



Gráfica 13. Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> para los 22 móviles tipos de vehículo para el año 2016

En la gráfica anterior se observa los móviles más contaminantes en donde los buses son los que producen en mayor medida este componente y esto obedece a que de 424 al móvil 559 pertenecen a modelos de 1993 a 2003, móviles que tienen mucha antigüedad.



Gráfica 14. Promedio de niveles de NO<sub>2</sub> por tipo vehículo Año 2011 – 2016

En la gráfica 14 se muestra el promedio de niveles de dióxido de nitrógeno donde las busetas aportan el 34.68 toneladas de NO<sub>2</sub>, es decir que para este tipo de vehículo es el más contaminante en este aspecto.

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de las emisiones promedio generadas por el concepto del cálculo de huella de carbono, donde los niveles de CO<sub>2</sub> se relacionan directamente con dicha medición, adicionalmente se muestran las demás emisiones contaminantes.

TIPO DE VEHICULO	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
MICROBUSES	56,93	2,46	0,00	1,64
BUSETAS	55,80	10,18	4,85	12,71
BUSES	55,53	22,64	5,80	34,68

Tabla 6. Emisiones promedio de huella de carbono para los distintos tipos de vehículo.

En la tabla anterior se muestra los totales de distancias recorridas, consumo de combustibles en unidades de cantidad, y emisiones (Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub>, por tipo de vehículo; donde los buses con mayor distancia recorrida son los buses con 425515.72 kms en el año 2016, proporcionalmente la cantidad de galones consumidos es de 33118 en este mismo año fue superior en los buses.

Respecto a las distintas emisiones de huella de carbono generadas por los vehículos se puede concluir que para CO<sub>2</sub> el tipo de vehículo con niveles altos de emisión son los microbuses, para CO son los buses son los que más generaron CO en la muestra de 22 móviles, al igual que para SO<sub>2</sub> en donde es también el mayor participante, mientras que para NO<sub>2</sub> con 34.68 Toneladas de NO<sub>2</sub> /lt los buses son la que mayores emisiones generaron a diferencia de los demás tipos de vehículo.

El dióxido de Carbono es alto en el tipo de vehículo buses dado que es directamente proporcional por la cantidad de kilómetros recorridos al año, las demás emisiones como son el Monóxido de Carbono, Dióxido de Azufre y el Dióxido de Nitrógeno se encuentran en promedios altos en los microbuses en especial el monóxido de carbono presente en dichas emisiones el cual tiene valor de 340 Ton al año.

## **2.7. Análisis estadístico de Emisiones.**

Se realizó el análisis y clasificación a la flota de Exturiscol S.A.S., donde se logra determinar que solo 69 corresponden al 35% de los móviles anteriormente nombrados los cuales cumplen con las condiciones y datos para el análisis estadístico. Los datos se clasifican según tipo de vehículo: Microbuses, Busetas y Buses. Para este análisis se tomara de manera individual cada uno de ellos.

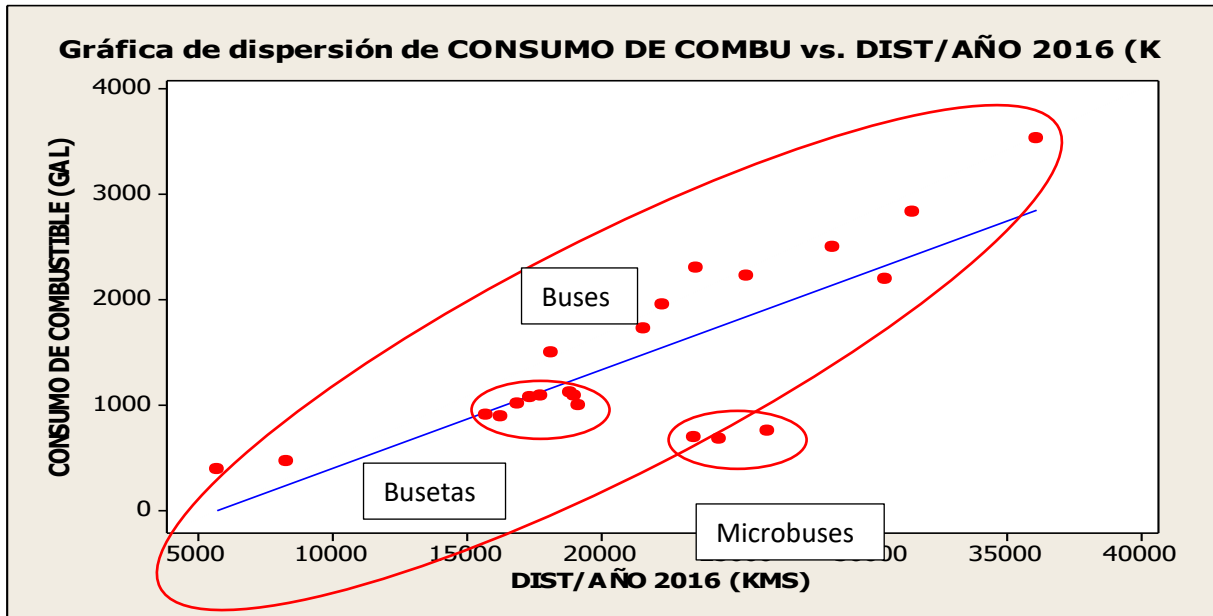
## **Gráficas de Dispersión**

A continuación, se muestra el diagrama de dispersión de distancia recorrida vs cantidad consumida de combustible, para todos los 22 vehículos en Exturiscol S.A.S. que clasificaron para la certeza del análisis.

TIPO DE VEHICULO	MÓVIL	DIST/AÑO 2016 (KMS)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GAL)	RENDIMIENTO (KMS/GAL)	DIÓXIDO DE CARBONO CO2	MONÓXIDO DE CARBONO CO	DIÓXIDO DE AZUFRE SO2	DIÓXIDO DE NITRÓGENO NO2
BUS	1563	36050,27	3541,05	10,18	94,09	3,61	0,00	3,61
BUS	1355	31527,27	2936,2	10,74	82,29	3,15	0,00	3,15
BUS	1037	30486,60	2193,68	13,90	79,57	3,05	0,00	3,05
BUS	1200	28536,21	2503,21	11,40	74,48	2,85	0,00	2,85
MICROBUS	585	26149,87	756,33	34,57	68,25	5,23	0,00	2,61
BUS	1568	25369,87	2230,54	11,37	66,22	0,00	0,00	0,00
MICROBUS	388	24321,13	681,79	35,67	63,48	4,86	0,00	2,43
BUS	1984	23444,58	2309,27	10,15	61,19	2,34	0,00	2,34
MICROBUS	1550	23348,10	686,89	33,99	60,94	2,33	0,00	0,00
BUS	424	22249,18	1958,70	11,36	58,07	97,90	8,90	169,09
BUS	1639	21514,47	1721,36	12,50	56,15	2,15	0,00	2,15
BUS	198	19137,17	1795,97	10,66	49,95	84,20	7,65	145,44
BUS	1755	18962,14	1492,12	12,71	49,49	7,58	1,90	13,27
BUS	1700	18756,19	1800,36	10,42	48,95	1,88	0,00	1,88
BUS	446	18095,40	1493,05	12,12	47,23	79,62	7,24	137,53
BUSETA	195	17702,32	1092,35	16,21	46,20	1,77	0,00	1,77
BUSETA	379	17306,38	1071,74	16,15	45,17	83,07	83,07	83,07
BUSETA	729	16823,21	1012,53	16,62	43,91	0,00	0,00	0,00
BUS	1621	16214,32	1233,27	13,15	42,32	6,49	1,62	11,35
BUS	1952	15701,74	1205,13	13,03	40,98	1,57	0,00	1,57
BUS	559	8269,06	656,34	12,60	21,58	36,38	3,31	62,84
BUS	569	5721,54	445,55	12,84	14,93	25,17	2,29	43,48
	TOTAL	465687,03	34817,43	342,32	1215,44	455,22	115,98	693,50
	PROMEDIO	21167,59	1582,61	15,56	55,25	20,69	5,27	31,52

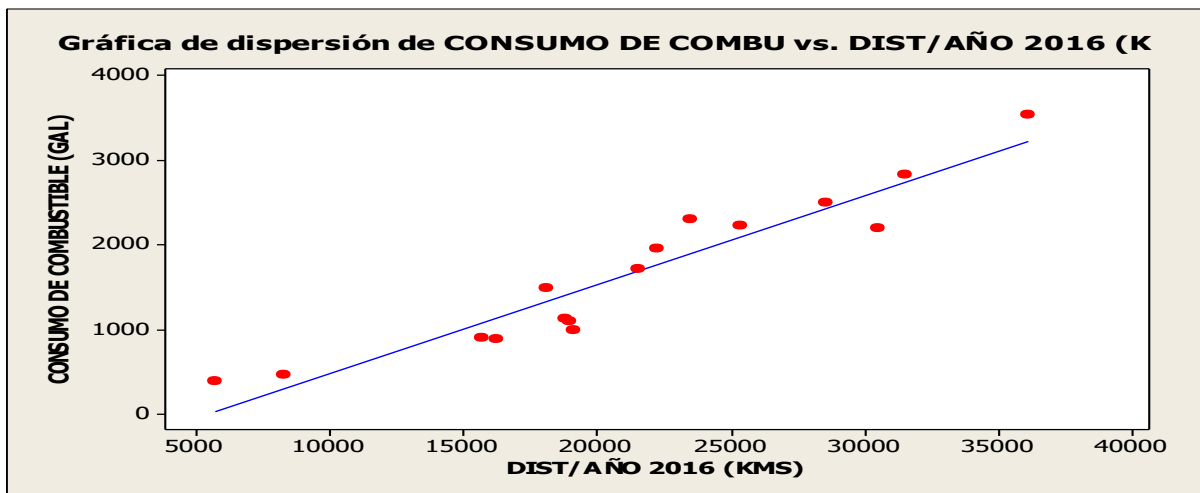
Tabla 7. Datos 22 móviles aprobados

A continuación, se muestra el diagrama de dispersión de distancia recorrida vs cantidad consumida de combustible, para todos los 22 vehículos en Exturiscol S.A.S. que clasificaron para el análisis.



Gráfica 15. Diagrama dispersión Distancia recorrida Vs. Consumo de Combustibles 22 móviles todos los tipos de vehículos.

En la gráfica 15, se evidencia los datos de dispersión entre distancia recorrida y consumo de combustible, con un  $R^2$  de 0.6366 de todos los tipos de vehículos, en donde se observa unos puntos más cercanos a la línea de tendencia, además se subdividen en tipos de vehículos, donde los microbuses se alejan debido a que al ser modelos más recientes, tienen mejores rendimientos que los modelos antiguos (antes del 2005).



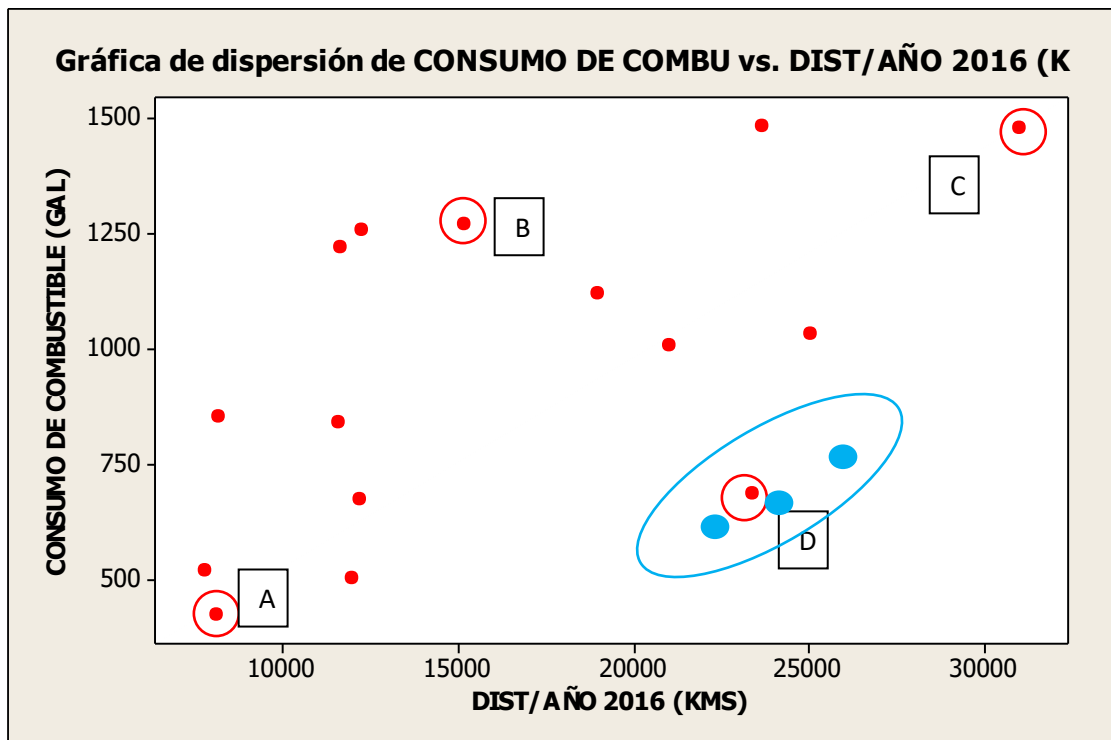
Gráfica 16. Diagrama dispersión Distancia recorrida Vs. Consumo de Combustibles buses seleccionados

En la gráfica 16, se evidencia los datos de dispersión entre distancia recorrida y consumo de combustible, con un  $R^2$  de 0.9011 de los buses.

En general en la tabla anterior donde se muestra los 22 móviles que cumplen con datos verídicos, y por el valor de los  $R^2$  es posible determinar un valor total de Dióxido de Carbono de 1215,4 Toneladas con un promedio de 55,25 Toneladas por móvil seleccionado. El valor de  $R^2$  de 0.9545 de las busetas y  $R^2$  de 0.8409.

### 2.7.1 Microbuses.

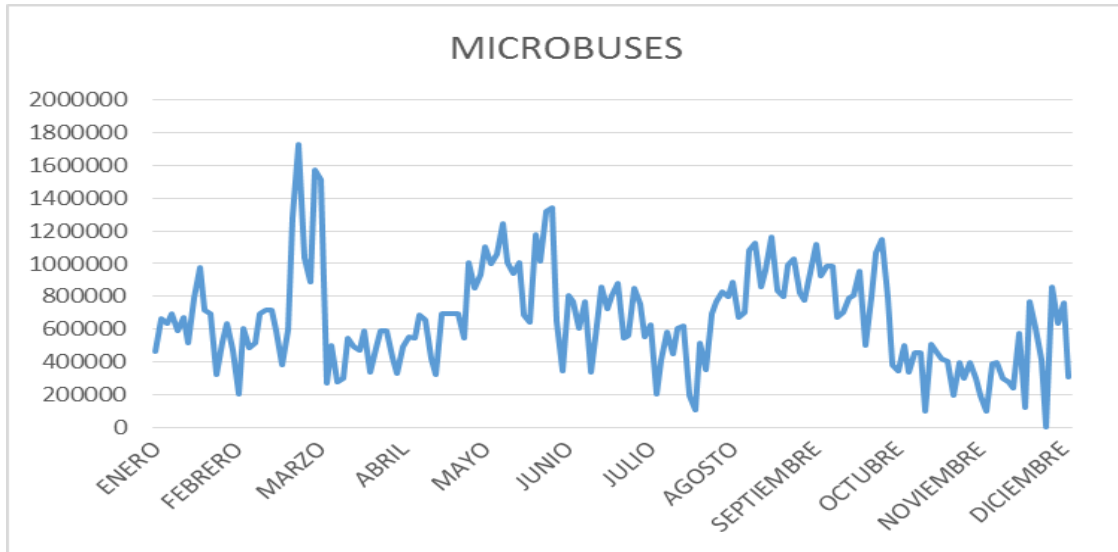
En la siguiente figura se muestran los datos de las variables independientes: distancias y las variables dependientes: consumo de combustible de los microbuses.



Gráfica 17. Dispersión de datos de distancias recorridas vs. Consumo de combustible Microbuses.

Se tiene en la gráfica 17 la línea de tendencia para predecir el consumo de combustible según las distancias recorridas, donde se evidencia un comportamiento atípico debido a fallas en la plataforma Widetech y/o fallas técnicas de los móviles. Se identifican los puntos A, B, C y D donde se tienen anomalías, el punto A identifica en la gráfica el punto mínimo esto debido fallo del registro en la plataforma Widetech y por un consumo combustible debido al no pago exclusivo de la empresa. El punto B, se tiene un mayor consumo de combustible de 1250 galones al año y una distancia de 15000 km aproximadamente debido a fallos y faltantes de información de algunos

meses. El punto C es el punto más alejado de la mayoría de los demás debido al registro continuo de la información. Por último, el punto D, es un dato atípico donde se evidencia una distancia recorrida y un bajo consumo de combustible debido a que hubo insuficiencia en la información. Los puntos azules son los móviles de tipo microbuses que poseen la información válida y concisa de los 22 móviles seleccionados para la muestra.



Gráfica 18. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo con datos faltantes.

En la gráfica 18, se tiene el consumo de combustible detallado por mes de los microbuses con la información suministrada por la empresa Exturiscol S.A.S. De igual se observan datos atípicos relacionados con el mes debido a la falta de información solicitada, puesto que hicieron datos faltantes en algunos meses.

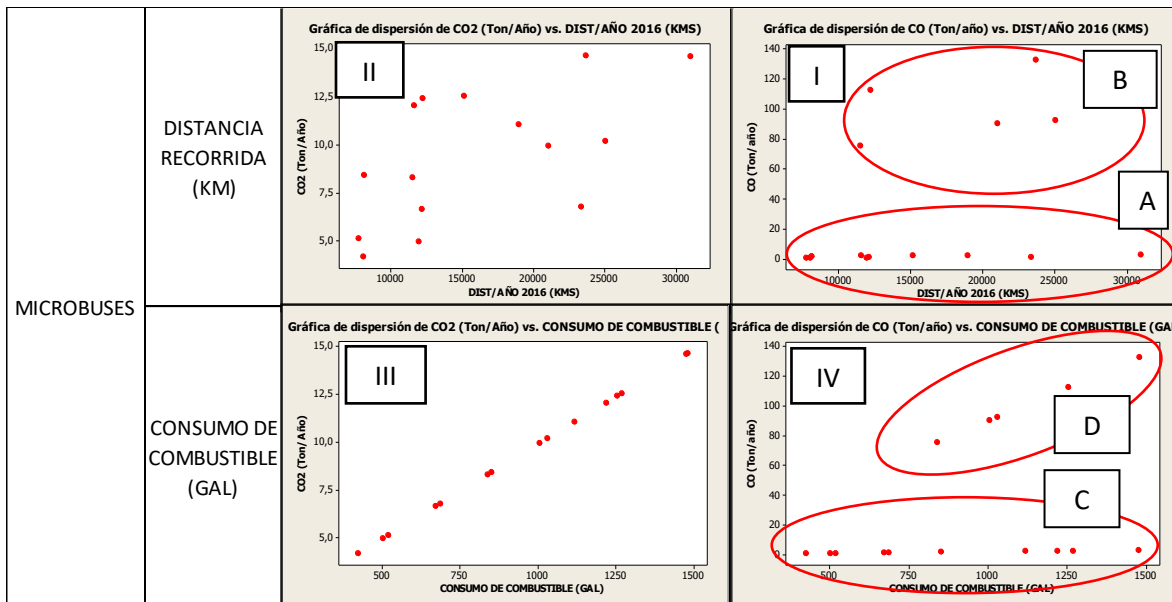
En la siguiente tabla se calcula el valor promedio y desviación estándar de los datos de las variables distancia recorrida y consumo de combustible.

Distancia Recorrida (km)		Consumo de Combustibles (GAL)
Media	16121	957
Desviación Estándar	7215	348

Tabla 8. Promedio y desviación estándar datos microbuses 69 móviles.

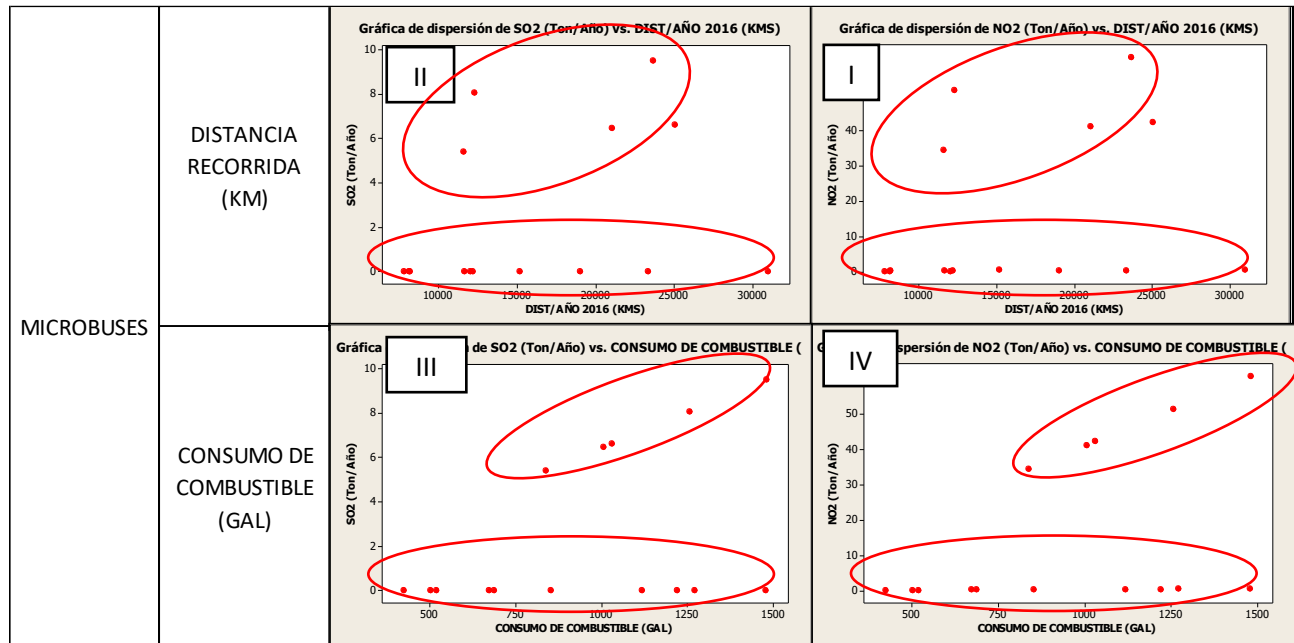
Con un promedio de distancia recorrida de 16121 kilómetros y una desviación estándar de 7215 kilómetros en el año 2016, de igual manera se tiene el promedio de consumo de combustible de 957 galones con una desviación estándar de 348 galones para el tipo de vehículo microbuses.

En la siguiente tabla se muestra la dispersión de los datos de las variables independientes distancias recorridas y consumos de combustible vs. Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> y Monóxido de Carbono.



Gráfica 19. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y CO

En la gráfica 19 en cuadrante I: Distancia recorrida vs. CO, en el cuadrante se evidencia que los datos en la parte inferior están dados por los factores relacionados en la tabla 5 donde disminuyen. En el punto A, se evidencian datos que por los factores de los modelos del microbús anteriores al 2005. En el punto B, se tienen valores mínimos en la gráfica de dispersión debido a que son modelos después al 2005. II: Distancia recorrida vs. CO<sub>2</sub> se tiene un comportamiento atípico debido a la falta de datos suministrados por la empresa. Seguido del cuadrante. III: Consumo de Combustible vs. CO<sub>2</sub> se muestra que los datos se relacionan de manera lineal y es posible predecir las emisiones mediante el dato de consumo de combustible. Por último en el cuadrante IV: Consumo de combustible vs. CO donde se tiene los datos atípicos debido a que los factores reducen los niveles de dióxido de carbono; de esta manera se logra identificar en el cuadrante IV conjuntos de puntos C y D, en el Conjunto C se logra establecer niveles de dióxido de nitrógeno los cuales aumentan en los modelos anteriores al 2005. Y finalmente en el conjunto D se establece niveles bajos debido a que los microbuses son modelos recientes.



Gráfica 20. Dispersion de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO2 y Co

En la gráfica 20 se observa los cuadrantes I y II de distancias recorridas vs. SO2 y NO2 donde en la parte inferior se tienen los datos bajos debido a que los factores disminuyen mediante la clasificación de los modelos. En los cuadrantes III y IV se tienen una semejanza en la gráfica de dispersión de los datos de consumo de combustible vs. SO2 y NO2 esto es debido a la clasificación Euro presentada en la tabla 5, la cual expresa que los modelos anteriores al 2010 tiene mayor un nivel de emisión mayor. El general se evidencia un comportamiento atípico en los conjuntos superior e inferior en la gráfica 17 debido a los modelos anteriores al 2005 y modelos después del 2005 se mira tendencias distintas.

			Dióxido de Carbono CO2	Monoxido de Carbono CO	Dióxido de Azufre SO2	Dióxido de Nitrógeno
Microbuses	Distancia Recorrida	0,593	0,59	0,299	0,292	0,295
	Consumo de Combustible		1	0,439	0,428	0,433

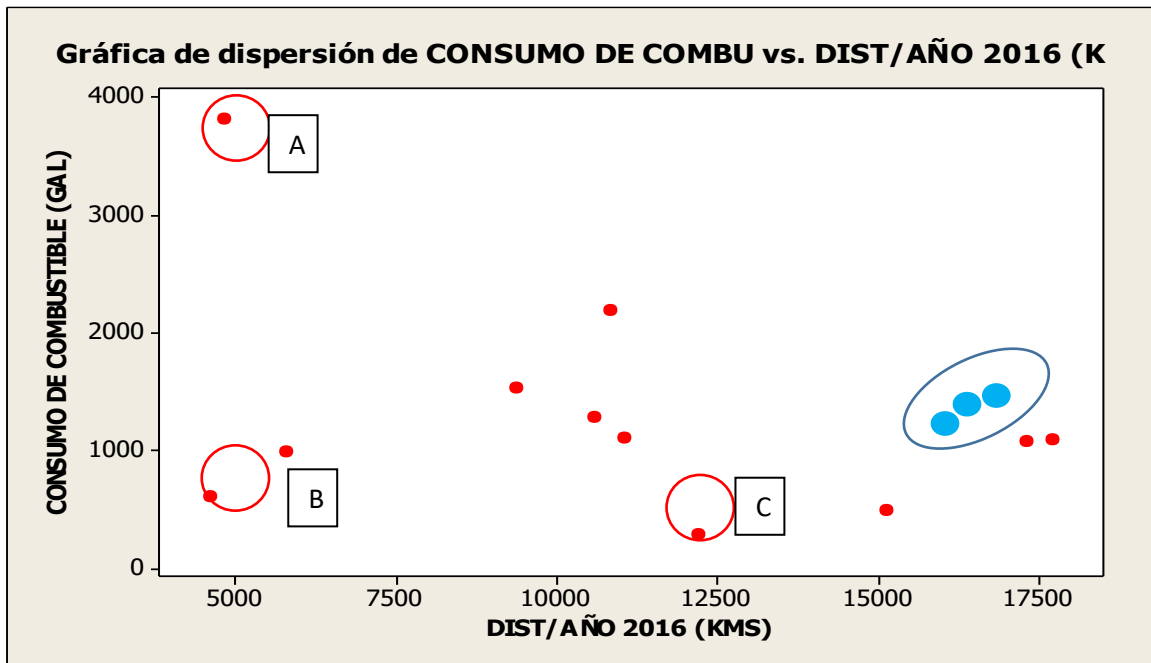
Tabla 11. Índice de correlación datos microbuses.

En la tabla 11 se muestra el índice de correlación de los datos en el tipo de vehículo microbús, donde se logra identificar un valor de correlación fuerte y directa de distancia recorrida vs. Consumo de combustible el cual tiene un valor de 0.593 y la relación existente es positiva y moderada es decir que es posible predecir el consumo de combustible teniendo la distancia recorrida en los microbuses por el valor de la correlación.

Se evidencia que los datos de correlación de Consumo de Combustible vs. Dióxido de Carbono es 1.0 debido a que es directamente proporcional y su relación es positiva perfecta de manera que por cada galón consumido de combustible se genera 1 kg de CO<sub>2</sub>.

Las demás emisiones como Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> tienen en índice de correlación con distancias recorridas valores que oscilan entre 0.22 y 0.299 el cual su relación positiva débil. De igual manera se tiene las emisiones ya antes mencionadas vs. Consumo de combustible los cuales sus valores de índice de correlación se encuentran en un rango de 0.428 y 0.439. Estos valores de emisiones (CO, SO<sub>2</sub>, No<sub>2</sub>) tienen una correlación positiva débil con los datos obtenidos de distancias recorridas y consumo de Combustibles.

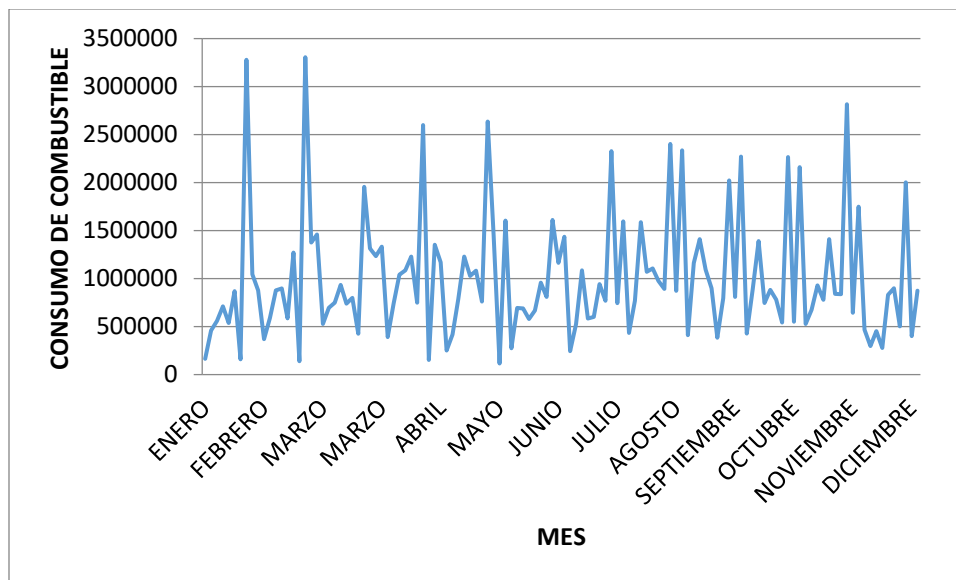
### 2.7.2 Busetas.



Gráfica 21. Dispersión de datos entre distancia recorrida vs. Consumo de combustible en busetas.

En la gráfica 21 se muestra una gráfica de dispersión de consumo de combustible vs distancia recorrida y en el cual se observan valores dispersos y algunos atípicos, y no asemeja una tendencia específica, esto debido a los factores anteriormente nombrados que afectaron el análisis estadístico. Se identifican los puntos de intersección A, donde es un punto de menor distancia recorrida con 5000 km al año y un consumo de combustible alto a comparación de los demás puntos ocasionado por falta sincronización de la plataforma Widetech. El punto B, son niveles bajos entre distancias recorridas y consumo de combustibles esto se debe a falta de información. Posteriormente el punto C, tiene una distancia recorrida considerable de aproximadamente 12000 km al año y un consumo extremadamente bajo debido a que el móvil tomo el combustible fuera de la empresa EXTURISCOL S.A.S.

Con respecto a la gráfica 18 se evidencia una tendencia negativa y no es posible predecir los valores de consumo de combustible debido a la dispersión de datos.



Gráfica 22. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo microbuses con datos faltantes.

En la gráfica 22, se tiene el consumo de combustible detallado por mes de las busetas, con la información suministrada por la empresa Exturiscol S.A.S. De igual se observan datos atípicos relacionados con el mes debido a la falta de información solicitada, además se observa picos altos

en los meses de febrero, marzo, abril y mayo esto debido a los tipos de contratos que se manejan en la empresa que al ser con colegios genera que los picos más altos sean en las temporadas escolares.

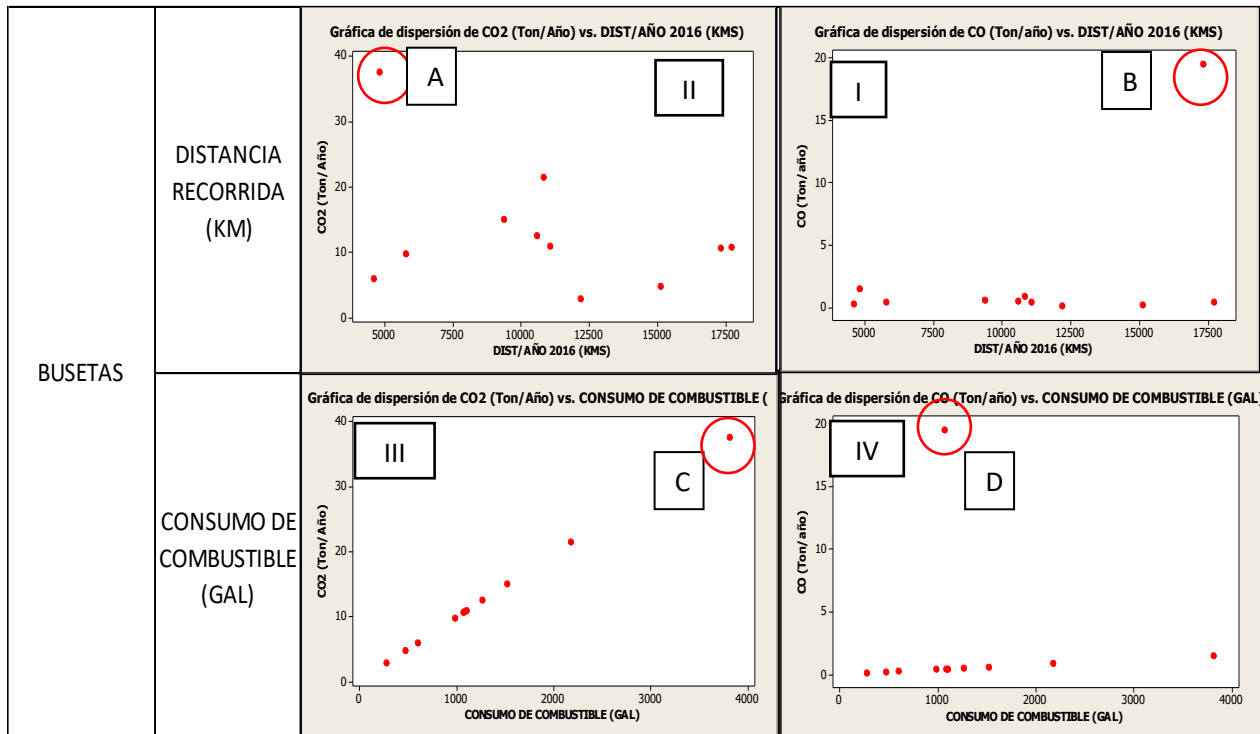
En la siguiente tabla se calcula el valor promedio y desviación estándar de los datos de las variables distancia recorrida y consumo de combustible.

Distancia		Combustibles
Media	10855	1309
Desviación Estándar	4599	978

Tabla 12. Promedio y desviación estándar datos busetas.

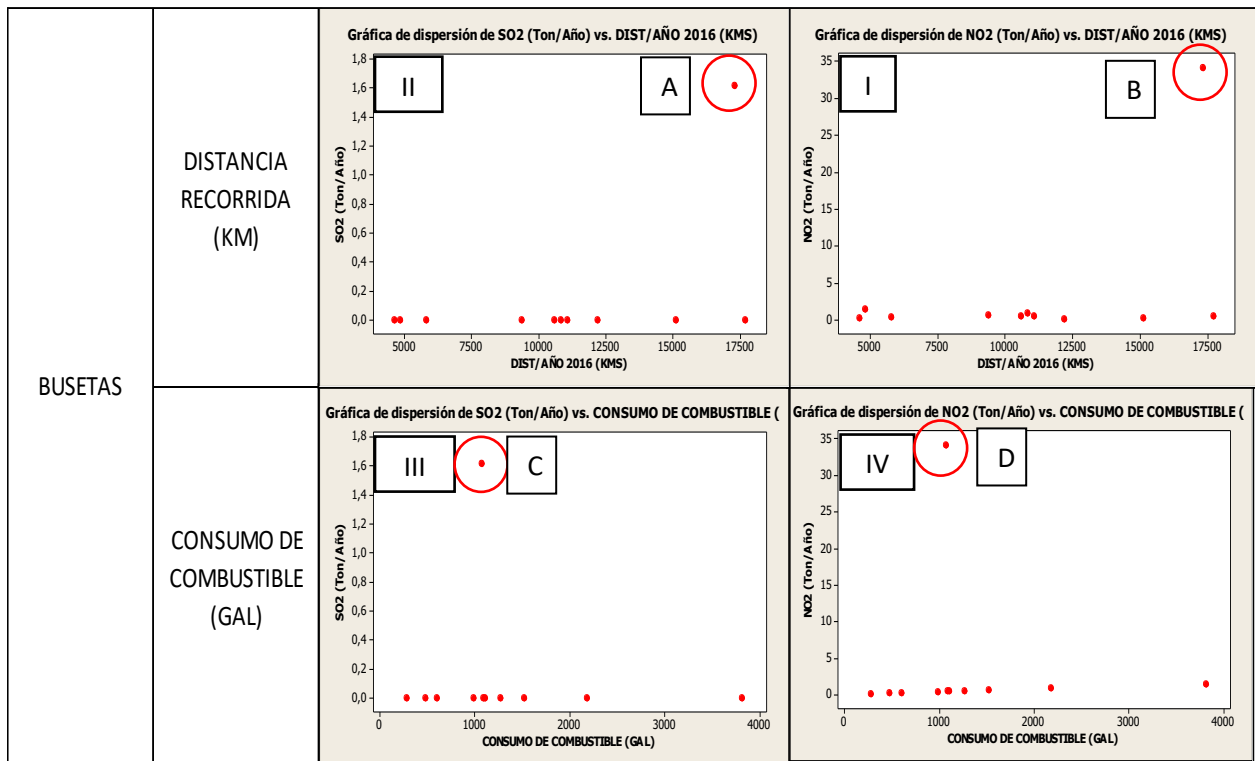
Con un promedio de distancia recorrida de 10855 kilómetros y una desviación estándar de 4599 kilómetros en el año 2016, de igual manera se tiene el promedio de consumo de combustible de 1309 galones con una desviación estándar de 978 galones para el tipo de vehículo busetas.

En la siguiente tabla se muestra la dispersión de los datos de las variables independientes distancias recorridas y consumos de combustible vs. Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub> y Monóxido de Carbono



Grafica 23. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO<sub>2</sub> y Co

En la gráfica 23 en cuadrante I: Distancia recorrida vs. CO, en el cuadrante se evidencia que los datos en la parte inferior están dados por los factores relacionados en la tabla 5 donde disminuyen. Se identificó el punto B, el cual evidentemente es un punto de modelo anterior al 2005 el cual el factor determino dicha emisión. II: Distancia recorrida vs. CO2 se tiene un comportamiento atípico debido a la falta de datos suministrados por la empresa. El punto A, tiene lo mismo debido a que en estos tipos de vehículos busetas se tiene por modelo anterior al 2005. Seguido del cuadrante III: Consumo de Combustible vs. CO2 se muestra que los datos se relacionan de manera línea y es posible predecir las emisiones mediante el dato de consumo de combustible. Se tiene un punto C el cual se debe a que dicha emisión de CO2 frente al consumo de combustible es alta el cual posible que la información sea correcta. Por último en el cuadrante IV: Consumo de combustible vs. CO existe una tendencia con un solo dato atípico identificado con el punto D, el cual sucede por un móvil que es de modelo anterior al 2005.



Grafica24. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con SO2 y NO2

En la gráfica 24 se observa los cuadrantes I y II de distancias recorridas vs. SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> donde en la parte inferior se tienen los datos bajos debido a que los factores disminuyen mediante la clasificación de los modelos. Se identificaron los puntos A y B con ubicación parecida dado que tiene relación dicho punto con la distancia recorrida esto se debe al factor en el cálculo de emisiones. En los cuadrantes III y IV se tienen una semejanza en la gráfica de dispersión de los datos de consumo de combustible vs. SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> esto es debido a la clasificación Euro presentada en la tabla 5, la cual expresa que los modelos anteriores al 2010 tiene mayor un nivel de emisión mayor, con una evidente reducción de los datos atípicos. De igual manera se presentan los puntos C y D, donde el consumo de combustible con las diferentes emisiones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> generan esos valores atípicos dado los modelos anteriores al 2005.

			Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	Monóxido de Carbono CO	Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno NO <sub>2</sub>
Busetas	Distancia Recorrida	-0,385	-0,385	0,442	0,465	0,452
	Consumo de Combustible		1	-0,016	-0,08	-0,044

Tabla 13. Índice de correlación datos busetas.

En la tabla 13 se muestra el índice de correlación de los datos en el tipo de vehículo busetas, donde se logra identificar un valor de correlación negativa débil de distancia recorrida vs. Consumo de combustible el cual tiene un valor de -0.385, de manera que este valor negativo sucede porque la distancia recorrida de las busetas es menor y tienen un alto consumo de combustible, teniendo una relación inversamente entre dos variables.

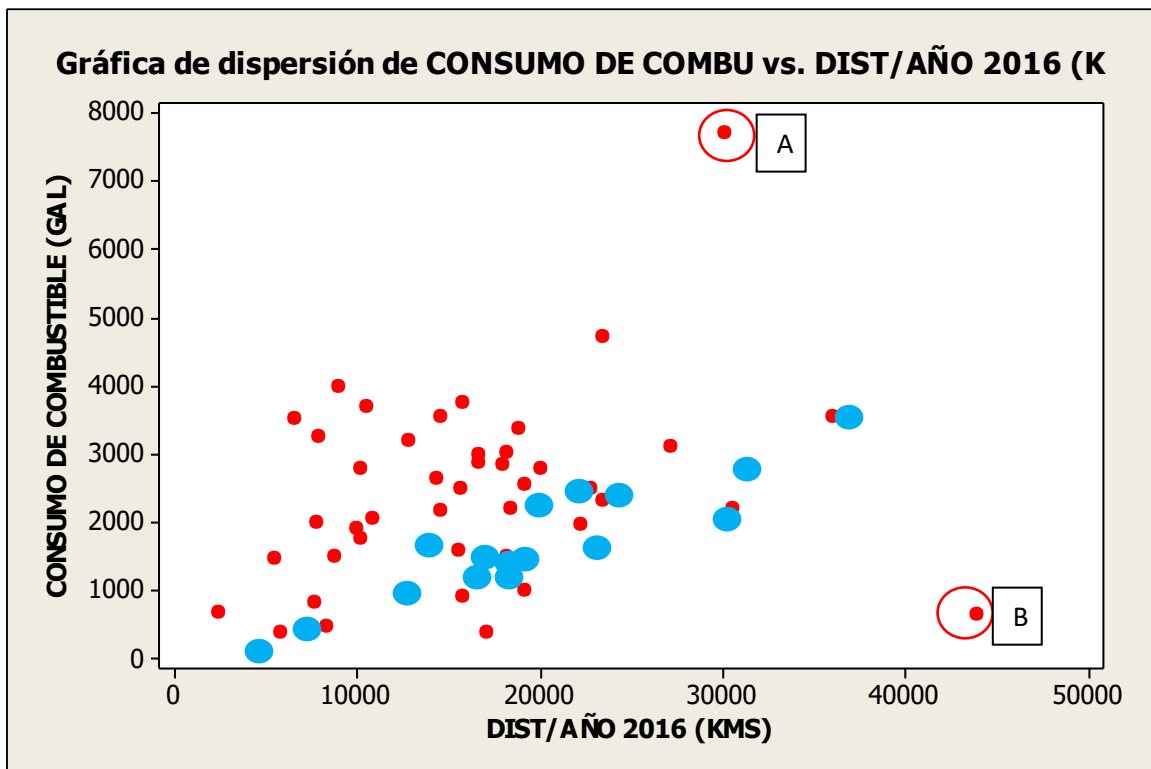
Se evidencia que los datos de correlación de Consumo de Combustible vs. Dióxido de Carbono es 1.0 debido a que es directamente proporcional y que tienen relación 1:1, es decir que por cada Galón de combustible consumido se está generando 1 Kg de CO<sub>2</sub>.

Las demás emisiones como Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> tienen en índice de correlación con distancias recorridas valores que oscilan entre

0.442 y 0.465 el cual se tiene una correlación positiva débil. De igual manera se tiene las emisiones ya antes mencionadas vs. Consumo de combustible los cuales sus valores de índice de correlación se encuentran en un rango de -0.01 y -0.08 lo cual los datos son negativa moderada y existe una relación inversa, donde existe una relación de menor distancia y mayor consumo de combustible lo que indica que las busetas tienden a contaminar mucho más.

### 2.7.3 Buses.

Los valores de los tipos de vehículos buses de gran capacidad de hasta 44 pasajeros, donde se tienen en el cálculo 43 móviles que hacen más del 50% de la población medida de huella de carbono.

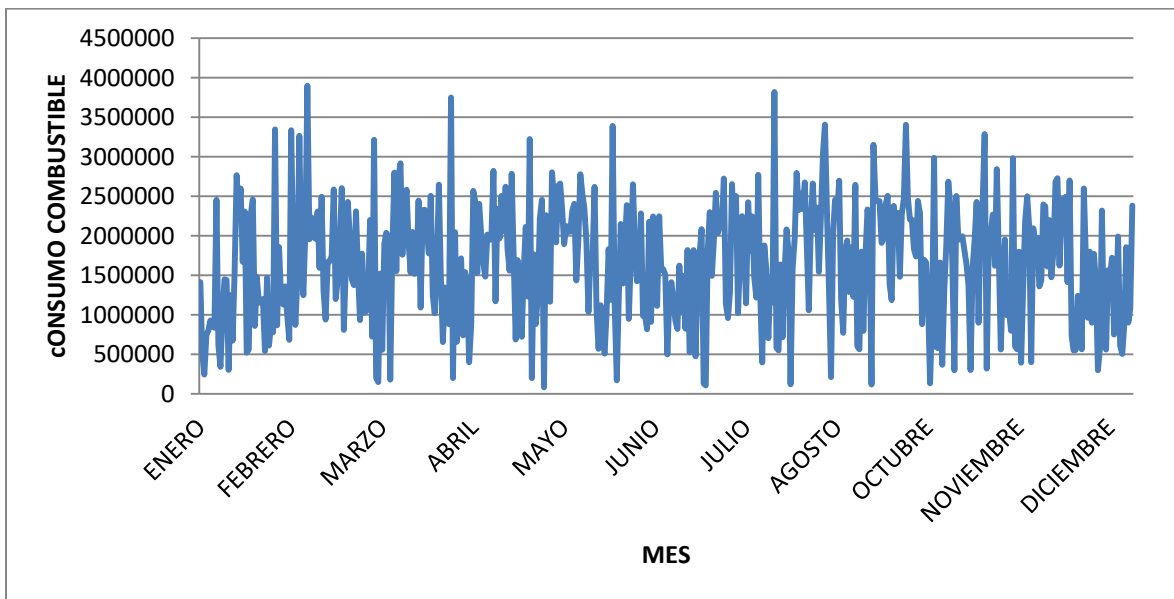


Gráfica 25. Dispersión de datos Distancias recorridas y consumo de combustible Buses

En la gráfica 25 se muestra una gráfica de dispersión de consumo de combustible vs distancia recorrida en el cual se observan valores dispersos y algunos atípicos, hay un 80% de los datos que se asemejan a una tendencia lineal y el otro restante pertenece a datos atípicos. De igual manera se tiene datos dispersos los cuales están generando alteraciones en la medición. Se identificaron

puntos A y B, en donde el punto A es el que mayor consumo de combustible tiene frente a los demás datos el cual se considera un punto el cual los valores de distancia recorrida hubo faltantes. Finalmente, el punto B se tiene que tiene mayor distancia recorrida y un mínimo consumo de combustible frente a los demás datos esto debido a que los valores de la empresa EXTURISCOL S.A.S. están incompletos. De manera que se presentan los datos de color azul los cuales muestran los móviles seleccionados para la muestra de la medición mostrando una tendencia lineal.

En la anterior gráfica 25 se muestra una leve línea de tendencia, la cual indica que los valores se agrupan en un sector y no es posible predecir el dato de consumo de combustible mediante la distancia recorrida. Dado que el valor de correlación entre distancia recorrida es de 0,261 positiva débil.



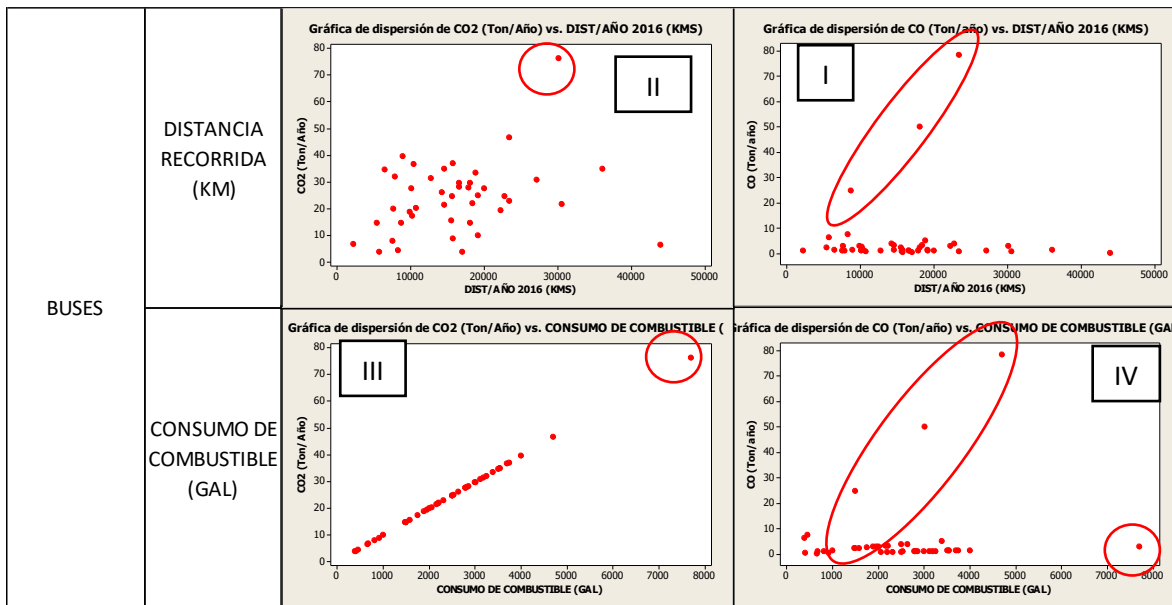
Gráfica 26. Consumo de Combustible por mes de tipo de vehículo microbuses con datos faltantes.

En la gráfica 26, se tiene el consumo de combustible detallado por mes de las buses, con la información suministrada por la empresa Exturiscol S.A.S. De igual se observan datos atípicos relacionados con el mes debido a la falta de información solicitada, además se observa picos altos en los meses del año debido a los tipos de contratos manejados. Al tener la mayoría de tipo de buses en la flota de Exturiscol S.A.S. se obtiene la mayoría de variaciones en el promedio y desviación presentada a continuación.

Distancia		Combustibles
Media	16248	2434
Desviación Estándar	8477	1351

Tabla 14. Promedio y desviación estándar datos buses.

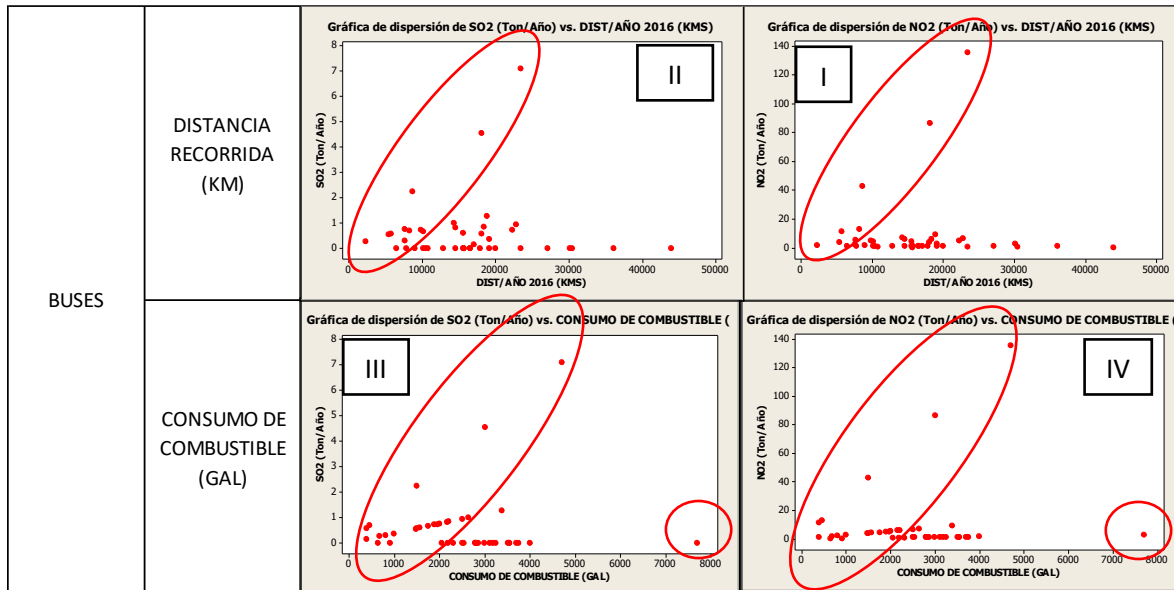
Con un promedio de distancia recorrida de 16248 kilómetros y una desviación estándar de 8477 kilómetros en el año 2016, de igual manera se tiene el promedio de consumo de combustible de 2434 galones con una desviación estándar de 1351 galones para el tipo de vehículo microbuses.



Gráfica 27. Dispersión de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con CO2 y CO.

En la gráfica 27 en el cuadrante I: Distancia recorrida vs. CO, en el cuadrante se evidencia que los datos en la parte inferior están dados por los factores relacionados en la tabla 5 donde disminuyen y tienden a agruparse. Se identificó una serie de datos que tienen un comportamiento positivo con respecto a la mayoría de los datos esto se debe a los factores y cálculos realizados anteriormente. II: Distancia recorrida vs. CO2 se tiene un comportamiento atípico debido a la falta de datos suministrados por la empresa. Se identifica un punto de máximo de distancia recorrida esto debido a que los datos están completos a diferencia de los demás de CO2. Seguimiento del cuadrante III: Consumo de Combustible vs. CO2 se muestra que los datos se relacionan de manera línea y es posible predecir las emisiones mediante el dato de consumo de combustible. La mayoría de los datos se agruparon en tendencia lineal positiva, hay un dato identificado atípico que seguramente

se refleja por que la información de los datos esta concisa. Por último en el cuadrante IV: Consumo de combustible vs. CO existen datos atípicos los cuales se agrupan el 80% de los datos y el restante sigue una tendencia errónea. Se encuentra dos conjuntos de datos los cuales por la medida del factor es posible que se genera CO a los modelos anteriores al 2005 a diferencia de los demás datos los cuales se agrupan y se debe a que la mayoría de los datos son modelos recientes.



Gráfica 28. Dispersion de datos distancias recorridas vs. Consumo de combustible con SO2 y NO2.

En la gráfica 28 se observa los cuadrantes I y II de distancias recorridas vs. SO2 y NO2 donde en la parte inferior se tienen los datos bajos debido a que los factores disminuyen mediante la clasificación de los modelos y tienen una tendencia en la parte inferior pero no significativa. En los cuadrantes III y IV se tienen una semejanza en la gráfica de dispersión de los datos de consumo de combustible vs. SO2 y NO2 esto es debido a la clasificación Euro presentada en la tabla 5, y además los puntos se organizan en una tendencia agrupada pero tiene valores dispersos debido a la falta de información de la empresa, se encuentran dos puntos atípicos debido al nivel alto de distancia recorrida. En general de la gráfica 24 se muestra un comportamiento similar en las zonas reflejadas en la tabla, el cual se debe al cálculo y nivel de factor por modelos de buses anteriores al 2005 para niveles de emisiones SO2 y NO2.

			Dióxido de Carbono CO <sub>2</sub>	Monóxido de Carbono CO	Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub>	Dióxido de Nitrógeno NO <sub>2</sub>
Buses	Distancia Recorrida	0,261	0,261	0,068	0,039	0,063
	Consumo de Combustible		1	0,213	0,14	0,196

Tabla 15. Índice de correlación datos buses.

En la tabla 15 se muestra el índice de correlación de los datos en el tipo de vehículo buses, donde se logra identificar un valor de correlación positiva débil, de distancia recorrida vs. Consumo de combustible el cual tiene un valor de 0.261 el cual es un valor bajo para realizar la predicción de los valores de consumo de combustibles teniendo las distancias recorridas.

Valores de $r$	Tipo y grado de correlación
-1	Negativa perfecta
$-1 < r \leq -0.8$	Negativa fuerte
$-0.8 < r < -0.5$	Negativa moderada
$-0.5 \leq r < 0$	Negativa débil
0	No existe
$0 < r \leq 0.5$	Positiva débil
$0.5 < r < 0.8$	Positiva moderada
$0.8 \leq r < 1$	Positiva fuerte
1	Positiva perfecta

Tabla 16. Intervalos correlación lineal entre dos variables. Fuente: <http://www.mcgraw-hill.com> correlación regresión.

Se evidencia que los datos de correlación fuerte y directa de Consumo de Combustible vs. Dióxido de Carbono es 1.0 debido a que es directamente proporcional relacionado con las emisiones de CO<sub>2</sub>, donde es posible afirmar que por cada galón de combustible consumido se está generando 1 Kg de CO<sub>2</sub>.

Las demás emisiones como Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre SO<sub>2</sub> y Dióxido de Nitrógeno NO<sub>2</sub> tienen en índice de correlación positivo débil con distancias recorridas valores que oscilan entre 0.039 y 0.068 cercanas a 0. De igual manera se tiene las emisiones ya antes mencionadas vs. Consumo de combustible los cuales sus valores de índice de correlación se

encuentran en un rango de 0.14 y 0.213. Estos valores de emisiones (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) tienen bajo índice y tienen muy poca relación con los datos obtenidos de distancias recorridas y consumo de Combustibles, Es decir que las emisiones de CO, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> no se pueden predecir dado que teniendo el valor de distancias recorridas y consumo de combustibles dada el nivel de correlación existente.

## **2.8. Conclusión parcial.**

En el capítulo anterior se identifica los valores actuales de emisiones contaminantes generadas por el sistema de operación de Exturiscol S.A.S, para los cuales los buses generan más de 1110.6 Toneladas de CO<sub>2</sub>, el nivel de mayor impacto de monóxido de carbono CO es realizado por los microbuses alrededor de las 452.89 toneladas y los buses generan mayor contaminación de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> en el año 2016, esto corresponde a la muestra de los 22 móviles.

Dado el índice de correlación hallado entre consumo de combustible y niveles de Dióxido de Carbono se encontró que los diferentes tipos de vehículos tienen una relación 1:1, es decir 1 Galón de combustible genera 1 Kg de CO<sub>2</sub>, además de que los niveles actuales de emisiones de CO<sub>2</sub> son de 1215.14 Ton de  $\frac{\text{CO}_2}{\text{litro}}$ .

La mayoría de los índices de correlación de Monóxido de Carbono CO, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno vs. Distancias recorridas y Consumo de Combustibles, tiene un nivel positivo débil donde no se puede predecir dichas emisiones contaminantes anteriormente planteadas, por este motivo se realizó un filtro en el cual se seleccionaron 22 móviles, que al poseer los datos completos se utilizaron para realizar el análisis para la obtención de los niveles actuales de huella de carbono.

El tipo de vehículo bus es el que más genera emisiones esto se debe a que al tener una mayor cantidad de móviles estos poseen mayor cantidad de modelos antiguos, los cuales no cuentan con los lineamientos actuales y cuyos mantenimientos no logran mitigar de manera efectiva las emisiones contaminantes.

### 3. MODELO DE GESTIÓN DE TRANSPORTE VERDE

#### 3.1. Etapa diagnóstica.

En esta etapa se realiza un diagnóstico inicial el cual evalúa e identifica los aspectos ambientales que se verán involucrados en la conformación del modelo de gestión de transporte verde, para eso además se establecieron las listas de chequeo para las Norma ISO 14001: 2015 y ISO 14067: 2013 y conocer que aspectos se cumplen.

##### 3.1.1 Diagnóstico ambiental inicial.

Se inició la fase de planeación del modelo de gestión de transporte verde bajo los requisitos de la Norma ISO 14001: 2015 y ISO 14067: 2013 para la empresa EXTURISCOL S.A.S., donde se estudió las zonas de impacto de la operación y se determinó para el estudio la ciudad de Bogotá, se identificaron requisitos ambientales de cada norma para aplicarlas a este diseño del modelo, dado el impacto generado actualmente por el nivel de huella de carbono.


Posteriormente se elaboró una matriz de identificación de aspectos ambientales, en la cual se encuentran los requisitos más importantes a tener en cuenta, para la elaboración del modelo.


IDENTIFICACION ASPECTOS AMBIENTALES	
NTC-ISO14001	ISO 14067
"La protección del medio ambiente, mediante la prevención o mitigación de impactos ambientales adversos." "La mitigación de efectos potencialmente adversos de las condiciones ambientales sobre la organización."	"Especificación técnica establece los principios, los requisitos y las directrices para la cuantificación y comunicación de la huella de carbono de un producto (HCP)"
Aplicación del ciclo PHVA en el sistema de gestión ambiental (SGA)	La aplicación de la HCP contribuye en gran medida al cumplimiento de objetivos

	planteados por la organización en cuanto a lo que corresponde con la GEI
Para dar cumplimiento a la elaboración de un SGA se debe : "establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental, que incluya los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional."	HCP: "Suma de emisiones de gases de efecto invernadero y remociones en un sistema producto , expresadas como CO <sub>2</sub> equivalente y con base en un análisis de ciclo de vida utilizando una sola categoría de impacto, la de cambio climático."
Esta norma indica los aspectos contenidos en un sistema de gestión ambiental y como el cumplimiento de los mismos puede significar el éxito de la organización, debido a que su ejecución mitiga los efectos de la operación en el ambiente y se pueden alcanzar beneficios financieros, además de posicionar a la organización en vanguardia respecto a prácticas ambientales se refiere.	Esta normativa proporciona normativas índices y directrices para evaluar la huella de carbono y así poder desarrollar reglas para los distintos productos que existen por huella de carbono.

*Tabla 17. Requisitos ambientales NTC ISO 14001 de 2015 y ISO 14067.*

A continuación, se muestra la lista de chequeo, que permitirá validar el modelo de gestión de transporte verde, la cual contiene los requisitos ambientales regidos por las normas ISO 14001: 2015 y ISO 14067: 2013, estos pasos se han de cumplir para la elaboración del modelo en cuestión. Para la siguiente tabla se muestra la lista de chequeo correspondiente a la norma ISO 14001: 2015.

		EXTURISCOL S.A.S.			Código: FRA-001	
		LISTA DE CHEQUEO NTC ISO 14001:2015			Versión: 1.0	
		Elaborado por: Daniel Rodríguez y Yesid Castilla	Revisado por: Andrés Mauricio Hualpa Zuñiga	Aprobado: Gerencia	Fecha: 12/07/2017	
No.	SECCIÓN	REQUISITO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES	
			SI	NO		
4.CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN						
1	4.1 Comprensión de la organización y su contexto.	La empresa tiene que determinar las cuestiones externas e internas que son relevantes para el propósito perseguido que afecta a la capacidad de conseguir los resultados deseados en el Sistema de Gestión Ambiental.		X	No cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental	
2	4.3 Determinación del alcance del Sistema de Gestión Ambiental.	La organización determina los límites y la aplicabilidad del SGA		X	No cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental	
3	4.4 Sistema de Gestión Ambiental.	La organización establece, documenta, implementa, mantiene y mejora continuamente un SGA de acuerdo a los requisitos de la norma NTC-ISO 14001		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental	
4		La organización determina como cumplirá los requisitos para establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un SGA		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental	
5. LIDERAZGO						
5	5.1 Liderazgo y compromiso.	La alta dirección demuestra liderazgo y compromiso con respecto al SGA	X		La política de calidad se tiene en la certificación ISO 9001:2015	
6		La alta dirección se asegura que se establezca la política ambiental y los objetivos ambientales; de la integración de los requisitos del SGA en los procesos de negocio de la organización; que los recursos necesarios estén disponibles y de que el SGA logre los resultados previstos.		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental	
7	5.2 Política ambiental.	Está definida la política ambiental de la Organización?	X		La política de calidad se tiene en la certificación ISO 9001:2015	
8		La alta dirección define la política ambiental de la organización y asegura que, dentro del alcance definido en su SGA, ésta es apropiada a la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental	

		EXTURISCOL S.A.S.			Código: FRA-001
		LISTA DE CHEQUEO NTC ISO 14001:2015			Versión: 1.0
		Elaborado por: Daniel Rodríguez y Yesid Castilla	Revisado por: Andrés Mauricio Hualpa Zuñiga	Aprobado: Gerencia	Fecha: 12/07/2017
No.	SECCIÓN	REQUISITO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
			SI	NO	
9	5.2 Política ambiental.	La política incluye un compromiso de mejora continua y prevención de Contaminación		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
10		La política incluye el compromiso de cumplir con los requisitos legales aplicables y con otros requisitos que la organización suscriba relacionados con sus aspectos ambientales	X		La política de calidad se tiene en la certificación ISO 9001:2015
11		¿Se documenta, implementa y mantiene?		X	Procedimientos en la certificación ISO 9001:2015
12		¿Se comunica a todas las personas que trabajan para la organización o en nombre de ella?	X		La política de calidad se tiene en la certificación ISO 9001:2015
13		¿L a alta dirección se asegura de que las responsabilidades y autoridades para los roles pertinentes se asignen y comuniquen dentro de la organización?		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
14		La alta dirección se asegura e informa que el SGA es conforme con los requisitos de esta norma internacional.		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
6. PLANIFICACIÓN					
15	6.1 Acciones para tratar riesgos.	La organización establece, implementa y mantiene los procesos necesarios para cumplir los requisitos de la norma y mantener documentada la información de riesgos y oportunidades que sean necesarios abordar		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
16	6.2 Objetivos medioambientales.	La organización comunica los aspectos ambientales significativos entre los diferentes niveles y funciones de la organización		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
17		La organización mantiene información documentada de sus aspectos e impactos ambientales asociados y significativos		X	Está en proceso de planeación el Sistema de Gestión Ambiental
8. OPERACIÓN					
18	8.1 Planificación y control operacional.	La empresa cuenta con un proceso donde prevenga errores. Usa tecnología para controlar los procesos y corregir resultados adversos y asegurar resultados coherentes.	X		ISO 9001:2015



		EXTURISCOL S.A.S.			Código: FRA-001
		LISTA DE CHEQUEO NTC ISO 14001:2015			Versión: 1.0
		Elaborado por: Daniel Rodríguez y Yesid Castilla	Revisado por: Andrés Mauricio Hualpa Zuñiga	Aprobado: Gerencia	Fecha: 12/07/2017
No.	SECCIÓN	REQUISITO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
			SI	NO	
19	8.1 Planificación y control operacional.	Establece, implementa y mantiene uno o varios procedimientos documentados para controlar situaciones en las que su ausencia podría llevar a desviaciones de la política, los objetivos y metas ambientales	X		Contiene la ISO 9001:2015
10. MEJORA					
20	10.1 Generalidades.	La organización considera los resultados del análisis y de la evaluación del desempeño ambiental, la evaluación del cumplimiento, las auditorías internas y la revisión por la dirección cuando se toman acciones de mejora.	X		Contiene la ISO 9001:2015
21	10.2 No conformidad y acciones correctivas.	La organización evalúa la necesidad de acciones para eliminar las causas de la no conformidad, con el fin de que no vuelva a ocurrir en ese mismo lugar o en cualquier otra parte	X		Contiene la ISO 9001:2015
22	10.3 Mejora continua.	La organización determina el ritmo, el alcance y los tiempos de las acciones que apoyan la mejora continua. El desempeño ambiental se puede mejorar aplicando el sistema de gestión ambiental como un todo o mejorando uno o más de sus elementos.	X		Contiene la ISO 9001:2015

Tabla 18. Lista de chequeo NTC ISO 14001 de 2015.

		EXTURISCOL S.A.S.			Código: FRA-002	
		LISTA DE CHEQUEO NTC ISO 14067:2013			Versión: 1.0	
		Elaborado por: Daniel Rodríguez y Yesid Castilla	Revisado por: Andrés Mauricio Hualpa Zuñiga	Aprobado: Gerencia	Fecha: 12/07/2017	
No.	SECCIÓN	REQUISITO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES	
			SI	NO		
7. INFORME DE ESTUDIO DE LA HCP (HUELLA DE CARBONO DEL PRODUCTO Y/O SERVICIO)						
1	7.1.	Los resultados y conclusiones del estudio de la HCP deben documentarse en el informe de estudio de la HCP de forma imparcial.		X	No tiene un sistema de gestión ambiental.	
2	7.2	Se deben documentar los valores del Gases de efecto invernadero por separado en el informe de estudio de la HCP originados por fuentes de carbón fósil.		X	No tiene un sistema de gestión ambiental.	
3		Unidades: se presentan en Toneladas				

*Tabla 19. Lista de chequeo NTC ISO 14067 de 2013.*

La tabla anterior muestra la lista de chequeo teniendo en cuenta los requisitos de la NTC ISO14067:2013, que aplican para la evaluación del modelo correspondiente a la empresa.

### **3.2. Etapa evaluativa**

Para esta etapa se realiza la identificación de procesos críticos que se han de intervenir mediante el mapa de procesos, el diagrama de flujo y la matriz de identificación de aspectos ambientales.

#### **3.2.1 Identificación procesos críticos en el mapa de procesos.**

Para el desarrollo de un modelo de gestión de transporte verde al interior de la organización, se debe tener en cuenta la planeación de las actividades a realizar, empezando por entender y localizar los procesos críticos, y después de esto evaluarlos, en este caso particular se pretende intervenir en los procesos de operación y de control, a continuación, se muestra las actividades que se van a evaluar y que además se pueden observar en el mapa de proceso.

# MAPA DE PROCESOS

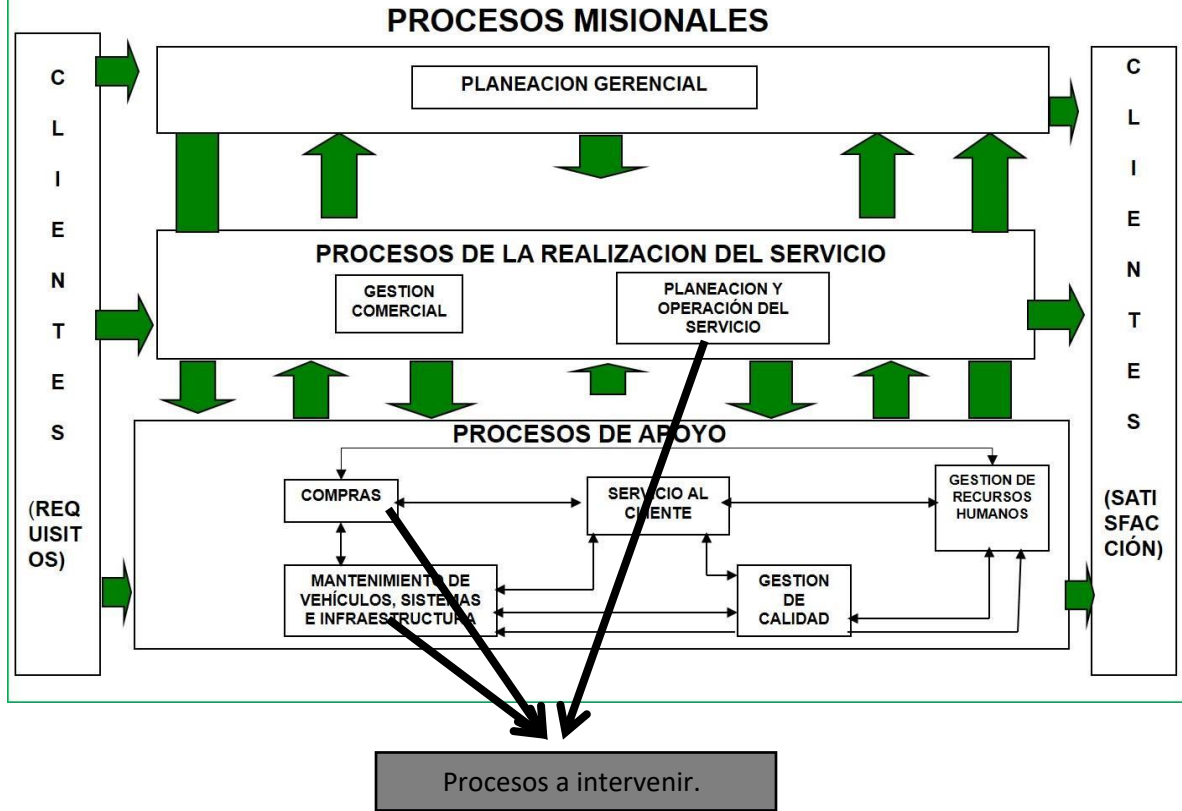


Figura 13. Mapa de procesos en EXTURISCOL S.A.S.

Se identifica los aspectos a intervenir en los procesos de apoyo, en la parte de compras y mantenimiento de vehículos, además en el proceso de la realización del servicio en donde se interviene la planeación y la operación del servicio.

Posterior a la identificación se elaboró un diagrama de flujo en el cual se separa e identifica las operaciones críticas y a intervenir.

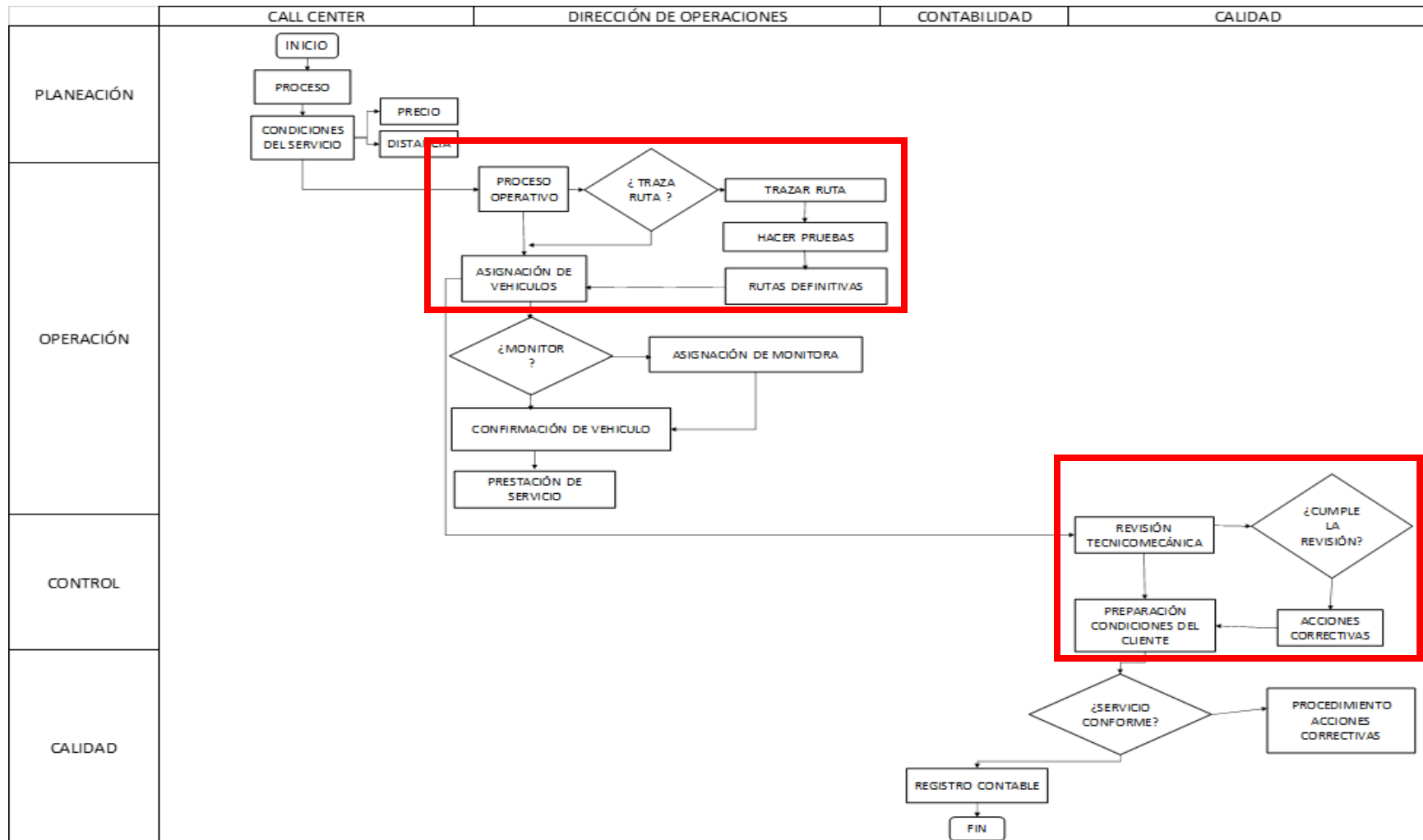


Figura 14. Diagrama de flujo para la identificación de procesos críticos en EXTURISCOL S.A.S.

En la figura 14 se puede observar el diagrama de flujo de la empresa y señalando en el mismo los procesos a intervenir tales cuales garanticen el cumplimiento del objetivo del proyecto, en particular los procesos seleccionados son el operativo que incluye el trazado de rutas y asignación de vehículos, y el proceso de control el cual involucra las revisiones a los móviles.

### 3.2.2 Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.

Para la elaboración de esta matriz se tuvieron en cuenta los dos procesos críticos identificados anteriormente en el mapa de procesos, después se determinó los valores en donde 5: es muy importante, 4: importante, 3: aceptable, 2: poco importante y 1: nada importante, basados en esto se elaboró la siguiente matriz.

Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales											
Actividad	Area	Elemento	Aspecto	Descripcion del aspecto	Impacto	Evaluacion				valor sig	lvl sig
						frecuencia	severidad	alcance	legal		
proceso operativo	Area administrativa	energia	consumo de electricidad	iluminacion	gasto energetico por operación	5	2	2	2	2,75	No significativo
		residuos	generacion de residuos por papel	papelaria	disminucion residuos	5	2,5	2	2	2,875	No significativo
proceso control	Area mantenimiento	energia	consumo de combustible	revisión del vehiculo	emisiones contaminantes	5	4	4	5	4,5	significativo
		aire	generacion de ruido	revisión del vehiculo	contaminacion por ruido	5	2	2	2	2,75	No significativo

Tabla 20. Matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.

### 3.3. Etapa propositiva.

Para esta etapa se plantea las políticas, los objetivos y programas que se han de desarrollar en el modelo de gestión verde para la empresa.

#### 3.3.1. Política ambiental.

La empresa EXTURISCOL S.A.S está comprometida con el desarrollo sostenible, en aras de la conservación del medio ambiente, esto basado en conceptos como el compromiso social y balances ambientales, los cuales evidencien el uso racional de los recursos, e implementen el mejoramiento continuo e innovación como pilares. Todo esto para cumplir con las normativas ambientales vigentes.

La compañía pretende ser pionera en Colombia en la búsqueda de opciones, que permitan que su operación sea más amigable con el medio ambiente, fomentando en sus empleados las buenas prácticas ambientales, como lo es la reducción de la huella de carbono por consumo de combustibles en todas sus operaciones en la ciudad de Bogotá.

## **ALCANCE**

Cumplimiento de los objetivos del sistema de gestión verde a todos los niveles operativos de EXTURISCOL S.A.S.

### **3.3.2. Objetivos y programas a desarrollar.**

- Implementar el sistema de gestión de transporte verde dentro de la empresa, que permita el desarrollo e implementación de aspectos ambientales regidos en la norma ISO 14067 de 2013, que sea acorde con las necesidades actuales de la empresa.
- Elaborar programas que permitan la disminución de distancias recorridas por los móviles, el consumo de combustible de los mismos y además la reducción de las emisiones por huella de carbono emitidas por la operación.
- Controlar el cumplimiento de programas y requisitos establecidos para la disminución de la huella de carbono por combustibles fósiles, que además permita fortalecer el compromiso de la organización con el mejoramiento continuo de estas prácticas ambientales.

Por medio de estas políticas la empresa pretende dar cumplimiento a las normativas nacionales e internacionales en cuanto a la reducción de emisiones por huella de carbono se refiere, y así estar a la par de grandes compañías a nivel mundial que se interesan por un desarrollo sostenible y prácticas que sean más amigables con el medio ambiente.

Para esto se pretende crear un equipo de trabajo el cual involucre un funcionario de la parte administrativa y desde luego un operario de un móvil, los cuales estarán al tanto de revisar que se esté cumpliendo con los aspectos ambientales nombrados anteriormente.

La empresa pretende buscar la disminución de la huella de carbono implementando varios aspectos como lo es la aplicación de un modelo de ruteo que permita la reducción de distancias y consumos de combustibles, que generan además de gastos innecesarios, contaminación en el medio ambiente. Otro aspecto que se maneja es el del cambio a mediano plazo de la flota de la empresa por otro tipo de buses que no emplean combustibles fósiles, ya sea en su totalidad o parcialmente, como son los buses híbridos y los buses eléctricos. Que en definitiva reduzcan los HCP (huella de carbono por producto) que se generan en la operación.

### **3.3.3. Programa para la disminución de distancias mediante un modelo de ruteo.**

El proceso empleado para la recolección de datos que permitió evidenciar la operación de ruteo en la empresa, se llevó a cabo empleando el software de geolocalización plataforma Widetech, en el cual se identificó la distancia en kilómetros que recorren los móviles, para el caso en particular se filtraron los datos para el contrato con el colegio nueva york y el fondo nacional del ahorro, pues son los dos contratos más grandes y que proveen información completa, dado que los demás contratos presentados anteriormente tienen cláusulas de confidencialidad. Además, se tuvo en cuenta la restricción de tiempo que poseen los móviles para recoger a cada cliente, basado en estos criterios se elaboraron dos matrices una de distancia en kilómetros y la otra de tiempo en horas.

#### **3.3.3.1. Formulación matemática y programación del modelo de ruteo.**

Formulación matemática y solución del problema mediante la utilización de WINQSB, Para la formulación matemática del problema del agente viajero, pues este involucra como propósito encontrar la ruta más corta visitando a todos los clientes, se implementó el software de optimización WINQSB. Debido a su lenguaje práctico y accesible, además de permitir ingresar sin problemas las variables que se obtuvieron en la recolección de datos.

A continuación, se muestra el modelo canónico para el ejemplo del móvil 949.

Min Z=

$$\begin{aligned}
 & Mx_{11}+2.3x_{12}+0.31x_{13}+0.93x_{14}+0.46x_{15}+0.55x_{16}+0.56x_{17}+0.74x_{18}+2.06x_{19}+3.78x_{110}+0.02x_{111}+6.79x_{112}+7.59x_{113}+1.72x_{21}+Mx_{22} \\
 & +0.67x_{23}+0.39x_{24}+1.62x_{25}+0.53x_{26}+0.42x_{27}+0.02x_{28}+0.18x_{29}+2.11x_{210}+0.57x_{211}+2.2x_{212}+3.34x_{213}+0.23x_{31}+0.49 \\
 & x_{32}+Mx_{33}+0.36 \quad x_{34}+0.42 \quad x_{35}+0.23x_{36}+0.13 \quad x_{37}+0.41 \quad x_{38}+0.21 \quad x_{39}+0.37 \quad x_{310}+0.20 \quad x_{311}+0.13 \quad x_{312}+0.82 \quad x_{313}+0.7 \quad x_{41}+0.29 \\
 & x_{42}+0.19x_{43}+Mx_{44}+1.96x_{45}+0.49x_{46}+0.28x_{47}+0.41x_{48}+0.33x_{49}+0.85x_{410}+0.47x_{411}+0.10x_{412}+0.2.8x_{413}+0.34x_{51} \\
 & +1.18x_{52}+0.22x_{53}+2x_{54}+Mx_{55}+2.16x_{56}+0.33x_{57}+0.49x_{58}+0.44x_{59}+0.54x_{510}+0.39x_{511}+0.1x_{512}+1.0.55x_{513}+0.41x_{61}+0.39x_{62}+0.12x \\
 & 63+0.5x_{64}+1.56x_{65}+Mx_{66}+0.79x_{67}+1.35x_{68}+7.05x_{69}+0.5x_{610}+0.59x_{611}+3.01x_{612}+0.61x_{613}+0.42x_{71}+0.31x_{72}+0.07x_{73}+0.28x_{74}+0.2 \\
 & 4x_{75}+0.56x_{76}+Mx_{77}+0.67x_{78}+7.58x_{79}+0.31x_{710}+1.75x_{711}+0.61x_{712}+0.63x_{73}+0.55x_{81}+0.39x_{82}+0.22x_{83}+0.41x_{84}+0.24x_{85}+0.56x_{86}+ \\
 & 0.53x_{87}+Mx_{88}+0.55x_{89}+0.78x_{810}+0.15x_{811}+0.52x_{812}+0.24x_{813}+1.54x_{91}+0.13x_{92}+0.11x_{93}+0.33x_{94}+0.32x_{95}+4.97x_{96}+5.99x_{97}+4.08 \\
 & x_{98}+Mx_{99}+1.32x_{910}+0.89x_{911}+0.02x_{912}+0.08x_{913}+2.82x_{101}+1.54x_{102}+0.19x_{103}+0.87x_{104}+0.39x_{105}+0.35x_{106}+0.25x_{107}+0.52x_{108}+0.9 \\
 & 7x_{109}+Mx_{1010}+2.93x_{1011}+0.56x_{1012}+1.26x_{1013}+0.01x_{111}+0.42x_{112}+0.10x_{113}+0.48x_{114}+0.28 \quad x_{115}+0.41x_{116}+1.38 \quad x_{117}+0.1 \quad x_{118}+0.65 \\
 & x_{119}+2.12 \quad x_{1110}+M \quad x_{1111}+1.91 \quad x_{1112}+0.57 \quad x_{1113}+5.08 \quad x_{121}+1.61 \quad x_{122}+0.07 \quad x_{123}+0.1 \quad x_{124}+0.07 \quad x_{125}+2.13 \quad x_{126}+0.48 \quad x_{127}+0.35 \\
 & x_{128}+0.01 \quad x_{129}+0.41 \quad x_{1210}+1.27 \quad x_{1211}+M \quad x_{1212}+0.71 \quad x_{1213}+5.68 \quad x_{131}+2.44 \quad x_{132}+0.43 \quad x_{133}+2.85 \quad x_{134}+0.39 \quad x_{135}+0.43 \quad x_{136}+0.5 \\
 & x_{137}+0.16 \quad x_{138}+0.06 \quad x_{139}+0.38 \quad x_{1310}+0.38 \quad x_{1311}+0.5 \quad x_{1312}+M \quad x_{1313}.
 \end{aligned}$$

Sujeto a=

$$\begin{aligned}
 & x_{12}+x_{13}+x_{14}+x_{15}+x_{16}+x_{17}+x_{18}+x_{19}+x_{110}+x_{111}+x_{112}+x_{113}=1 \\
 & x_{12}+x_{32}+x_{42}+x_{52}+x_{62}+x_{72}+x_{82}+x_{92}+x_{102}+x_{112}+x_{122}+x_{132}=1 \\
 & x_{13}+x_{23}+x_{43}+x_{53}+x_{63}+x_{73}+x_{83}+x_{93}+x_{103}+x_{113}+x_{123}+x_{133}=1 \\
 & x_{14}+x_{24}+x_{34}+x_{54}+x_{64}+x_{74}+x_{84}+x_{94}+x_{104}+x_{114}+x_{124}+x_{134}=1 \\
 & x_{15}+x_{25}+x_{35}+x_{45}+x_{65}+x_{75}+x_{85}+x_{95}+x_{105}+x_{115}+x_{125}+x_{135}=1 \\
 & x_{16}+x_{26}+x_{36}+x_{46}+x_{56}+x_{76}+x_{86}+x_{96}+x_{106}+x_{116}+x_{126}+x_{136}=1 \\
 & x_{17}+x_{27}+x_{37}+x_{47}+x_{57}+x_{67}+x_{87}+x_{97}+x_{107}+x_{117}+x_{127}+x_{137}=1 \\
 & x_{18}+x_{28}+x_{38}+x_{48}+x_{58}+x_{68}+x_{78}+x_{98}+x_{108}+x_{118}+x_{128}+x_{138}=1 \\
 & x_{19}+x_{29}+x_{39}+x_{49}+x_{59}+x_{69}+x_{79}+x_{89}+x_{109}+x_{119}+x_{129}+x_{139}=1 \\
 & x_{110}+x_{210}+x_{310}+x_{410}+x_{510}+x_{610}+x_{710}+x_{810}+x_{910}+x_{1110}+x_{1210}+x_{1310}=1 \\
 & x_{111}+x_{211}+x_{311}+x_{411}+x_{511}+x_{611}+x_{711}+x_{811}+x_{911}+x_{1011}+x_{1211}+x_{1311}=1 \\
 & x_{112}+x_{212}+x_{312}+x_{412}+x_{512}+x_{612}+x_{712}+x_{812}+x_{912}+x_{1012}+x_{1112}+x_{1312}=1 \\
 & x_{113}+x_{213}+x_{313}+x_{413}+x_{513}+x_{613}+x_{713}+x_{813}+x_{913}+x_{1013}+x_{1113}+x_{1213}=1 \\
 & x_{21}+x_{31}+x_{41}+x_{51}+x_{61}+x_{71}+x_{81}+x_{91}+x_{101}+x_{111}+x_{121}+x_{131}=1 \\
 & x_{21}+x_{23}+x_{24}+x_{25}+x_{26}+x_{27}+x_{28}+x_{29}+x_{210}+x_{211}+x_{212}+x_{213}=1 \\
 & x_{31}+x_{32}+x_{34}+x_{35}+x_{36}+x_{37}+x_{38}+x_{39}+x_{310}+x_{311}+x_{312}+x_{313}=1 \\
 & x_{41}+x_{42}+x_{43}+x_{45}+x_{46}+x_{47}+x_{48}+x_{49}+x_{410}+x_{411}+x_{412}+x_{413}=1 \\
 & x_{51}+x_{52}+x_{53}+x_{55}+x_{56}+x_{57}+x_{58}+x_{59}+x_{510}+x_{511}+x_{512}+x_{513}=1 \\
 & x_{61}+x_{62}+x_{63}+x_{64}+x_{65}+x_{67}+x_{68}+x_{69}+x_{610}+x_{611}+x_{612}+x_{613}=1 \\
 & x_{71}+x_{72}+x_{73}+x_{74}+x_{75}+x_{76}+x_{78}+x_{79}+x_{710}+x_{711}+x_{712}+x_{713}=1 \\
 & x_{81}+x_{82}+x_{83}+x_{84}+x_{85}+x_{86}+x_{87}+x_{89}+x_{810}+x_{811}+x_{812}+x_{813}=1 \\
 & x_{91}+x_{92}+x_{93}+x_{94}+x_{95}+x_{96}+x_{97}+x_{98}+x_{910}+x_{911}+x_{912}+x_{913}=1 \\
 & x_{101}+x_{102}+x_{103}+x_{104}+x_{105}+x_{106}+x_{107}+x_{108}+x_{109}+x_{1011}+x_{1012}+x_{1013}=1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{111} + x_{112} + x_{113} + x_{114} + x_{115} + x_{116} + x_{117} + x_{118} + x_{119} + x_{1110} + x_{1112} + x_{1113} = 1 \\
& x_{121} + x_{122} + x_{123} + x_{124} + x_{125} + x_{126} + x_{127} + x_{128} + x_{129} + x_{1210} + x_{1211} + x_{1213} = 1 \\
& x_{131} + x_{132} + x_{133} + x_{134} + x_{135} + x_{136} + x_{137} + x_{138} + x_{139} + x_{1310} + x_{1011} + x_{1012} = 1
\end{aligned}$$

Subtour=

$u_1 - u_2 + 13 * x_{12} = 12$	$u_2 - u_1 + 13 * x_{21} = 12$	$u_3 - u_2 + 13 * x_{32} = 12$	$u_4 - u_2 + 13 * x_{42} = 12$
$u_1 - u_3 + 13 * x_{13} = 12$	$u_2 - u_3 + 13 * x_{23} = 12$	$u_3 - u_4 + 13 * x_{34} = 12$	$u_4 - u_3 + 13 * x_{43} = 12$
$u_1 - u_4 + 13 * x_{14} = 12$	$u_2 - u_4 + 13 * x_{24} = 12$	$u_3 - u_5 + 13 * x_{35} = 12$	$u_4 - u_5 + 13 * x_{45} = 12$
$u_1 - u_5 + 13 * x_{15} = 12$	$u_2 - u_5 + 13 * x_{25} = 12$	$u_3 - u_6 + 13 * x_{36} = 12$	$u_4 - u_6 + 13 * x_{46} = 12$
$u_1 - u_6 + 13 * x_{16} = 12$	$u_2 - u_6 + 13 * x_{26} = 12$	$u_3 - u_7 + 13 * x_{37} = 12$	$u_4 - u_7 + 13 * x_{47} = 12$
$u_1 - u_7 + 13 * x_{17} = 12$	$u_2 - u_7 + 13 * x_{27} = 12$	$u_3 - u_8 + 13 * x_{38} = 12$	$u_4 - u_8 + 13 * x_{48} = 12$
$u_1 - u_8 + 13 * x_{18} = 12$	$u_2 - u_8 + 13 * x_{28} = 12$	$u_3 - u_9 + 13 * x_{39} = 12$	$u_4 - u_9 + 13 * x_{49} = 12$
$u_1 - u_9 + 13 * x_{19} = 12$	$u_2 - u_9 + 13 * x_{29} = 12$	$u_3 - u_9 + 13 * x_{39} = 12$	$u_4 - u_9 + 13 * x_{49} = 12$
$u_1 - u_{10} + 13 * x_{110} = 12$	$u_2 - u_{10} + 13 * x_{210} = 12$	$u_3 - u_{10} + 13 * x_{310} = 12$	$u_4 - u_{10} + 13 * x_{410} = 12$
$u_1 - u_{11} + 13 * x_{111} = 12$	$u_2 - u_{11} + 13 * x_{211} = 12$	$u_3 - u_{11} + 13 * x_{311} = 12$	$u_4 - u_{11} + 13 * x_{411} = 12$
$u_1 - u_{12} + 13 * x_{112} = 12$	$u_2 - u_{12} + 13 * x_{212} = 12$	$u_3 - u_{12} + 13 * x_{312} = 12$	$u_4 - u_{12} + 13 * x_{412} = 12$
$u_1 - u_{13} + 13 * x_{113} = 12$	$u_2 - u_{13} + 13 * x_{213} = 12$	$u_3 - u_{13} + 13 * x_{313} = 12$	$u_4 - u_{13} + 13 * x_{413} = 12$
$u_5 - u_1 + 13 * x_{51} = 12$	$u_6 - u_1 + 13 * x_{61} = 12$	$u_7 - u_1 + 13 * x_{71} = 12$	$u_8 - u_1 + 13 * x_{81} = 12$
$u_5 - u_2 + 13 * x_{52} = 12$	$u_6 - u_2 + 13 * x_{62} = 12$	$u_7 - u_2 + 13 * x_{72} = 12$	$u_8 - u_2 + 13 * x_{82} = 12$
$u_5 - u_3 + 13 * x_{53} = 12$	$u_6 - u_3 + 13 * x_{63} = 12$	$u_7 - u_3 + 13 * x_{73} = 12$	$u_8 - u_3 + 13 * x_{83} = 12$
$u_5 - u_4 + 13 * x_{54} = 12$	$u_6 - u_4 + 13 * x_{64} = 12$	$u_7 - u_4 + 13 * x_{74} = 12$	$u_8 - u_4 + 13 * x_{84} = 12$
$u_5 - u_5 + 13 * x_{55} = 12$	$u_6 - u_5 + 13 * x_{65} = 12$	$u_7 - u_5 + 13 * x_{75} = 12$	$u_8 - u_5 + 13 * x_{85} = 12$
$u_5 - u_6 + 13 * x_{56} = 12$	$u_6 - u_6 + 13 * x_{66} = 12$	$u_7 - u_6 + 13 * x_{76} = 12$	$u_8 - u_6 + 13 * x_{86} = 12$
$u_5 - u_7 + 13 * x_{57} = 12$	$u_6 - u_7 + 13 * x_{67} = 12$	$u_7 - u_7 + 13 * x_{77} = 12$	$u_8 - u_7 + 13 * x_{87} = 12$
$u_5 - u_8 + 13 * x_{58} = 12$	$u_6 - u_8 + 13 * x_{68} = 12$	$u_7 - u_8 + 13 * x_{78} = 12$	$u_8 - u_8 + 13 * x_{88} = 12$
$u_5 - u_9 + 13 * x_{59} = 12$	$u_6 - u_9 + 13 * x_{69} = 12$	$u_7 - u_9 + 13 * x_{79} = 12$	$u_8 - u_9 + 13 * x_{89} = 12$
$u_5 - u_{10} + 13 * x_{510} = 12$	$u_6 - u_{10} + 13 * x_{610} = 12$	$u_7 - u_{10} + 13 * x_{710} = 12$	$u_8 - u_{10} + 13 * x_{810} = 12$
$u_5 - u_{11} + 13 * x_{511} = 12$	$u_6 - u_{11} + 13 * x_{611} = 12$	$u_7 - u_{11} + 13 * x_{711} = 12$	$u_8 - u_{11} + 13 * x_{811} = 12$
$u_5 - u_{12} + 13 * x_{512} = 12$	$u_6 - u_{12} + 13 * x_{612} = 12$	$u_7 - u_{12} + 13 * x_{712} = 12$	$u_8 - u_{12} + 13 * x_{812} = 12$
$u_5 - u_{13} + 13 * x_{513} = 12$	$u_6 - u_{13} + 13 * x_{613} = 12$	$u_7 - u_{13} + 13 * x_{713} = 12$	$u_8 - u_{13} + 13 * x_{813} = 12$
$u_9 - u_1 + 13 * x_{91} = 12$	$u_{10} - u_1 + 13 * x_{101} = 12$	$u_{11} - u_1 + 13 * x_{111} = 12$	$u_{12} - u_1 + 13 * x_{121} = 12$
$u_9 - u_2 + 13 * x_{92} = 12$	$u_{10} - u_2 + 13 * x_{102} = 12$	$u_{11} - u_2 + 13 * x_{112} = 12$	$u_{12} - u_2 + 13 * x_{122} = 12$
$u_9 - u_3 + 13 * x_{93} = 12$	$u_{10} - u_3 + 13 * x_{103} = 12$	$u_{11} - u_3 + 13 * x_{113} = 12$	$u_{12} - u_3 + 13 * x_{123} = 12$
$u_9 - u_4 + 13 * x_{94} = 12$	$u_{10} - u_4 + 13 * x_{104} = 12$	$u_{11} - u_4 + 13 * x_{114} = 12$	$u_{12} - u_4 + 13 * x_{124} = 12$
$u_9 - u_5 + 13 * x_{95} = 12$	$u_{10} - u_5 + 13 * x_{105} = 12$	$u_{11} - u_5 + 13 * x_{115} = 12$	$u_{12} - u_5 + 13 * x_{125} = 12$
$u_9 - u_6 + 13 * x_{96} = 12$	$u_{10} - u_6 + 13 * x_{106} = 12$	$u_{11} - u_6 + 13 * x_{116} = 12$	$u_{12} - u_6 + 13 * x_{126} = 12$
$u_9 - u_7 + 13 * x_{97} = 12$	$u_{10} - u_7 + 13 * x_{107} = 12$	$u_{11} - u_7 + 13 * x_{117} = 12$	$u_{12} - u_7 + 13 * x_{127} = 12$
$u_9 - u_8 + 13 * x_{98} = 12$	$u_{10} - u_8 + 13 * x_{108} = 12$	$u_{11} - u_8 + 13 * x_{118} = 12$	$u_{12} - u_8 + 13 * x_{128} = 12$
$u_9 - u_9 + 13 * x_{99} = 12$	$u_{10} - u_9 + 13 * x_{109} = 12$	$u_{11} - u_9 + 13 * x_{119} = 12$	$u_{12} - u_9 + 13 * x_{129} = 12$
$u_9 - u_{10} + 13 * x_{910} = 12$	$u_{10} - u_{10} + 13 * x_{1010} = 12$	$u_{11} - u_{10} + 13 * x_{1110} = 12$	$u_{12} - u_{10} + 13 * x_{1210} = 12$
$u_9 - u_{11} + 13 * x_{911} = 12$	$u_{10} - u_{11} + 13 * x_{1011} = 12$	$u_{11} - u_{11} + 13 * x_{1111} = 12$	$u_{12} - u_{11} + 13 * x_{1211} = 12$
$u_9 - u_{12} + 13 * x_{912} = 12$	$u_{10} - u_{12} + 13 * x_{1012} = 12$	$u_{11} - u_{12} + 13 * x_{1112} = 12$	$u_{12} - u_{12} + 13 * x_{1212} = 12$
$u_9 - u_{13} + 13 * x_{913} = 12$	$u_{10} - u_{13} + 13 * x_{1013} = 12$	$u_{11} - u_{13} + 13 * x_{1113} = 12$	$u_{12} - u_{13} + 13 * x_{1213} = 12$

$$\begin{aligned}
u_{13} - u_1 + 13 * x_{131} &= 12 \\
u_{13} - u_2 + 13 * x_{132} &= 12 \\
u_{13} - u_4 + 13 * x_{133} &= 12 \\
u_{13} - u_5 + 13 * x_{134} &= 12 \\
u_{13} - u_6 + 13 * x_{135} &= 12 \\
u_{13} - u_7 + 13 * x_{136} &= 12 \\
u_{13} - u_8 + 13 * x_{137} &= 12 \\
u_{13} - u_9 + 13 * x_{138} &= 12 \\
u_{13} - u_{10} + 13 * x_{139} &= 12 \\
u_{13} - u_{11} + 13 * x_{1310} &= 12 \\
u_{13} - u_{12} + 13 * x_{1311} &= 12 \\
u_{13} - u_{12} + 13 * x_{1312} &= 12
\end{aligned}$$

$$x_{ij} \geq 0 \in Z$$

En el modelo de ruteo se implementó un TSP (Traveling salesman problem), como muestra se tomó el móvil 949 de uno de los contratos que tiene la empresa actualmente Colegio Nueva York, para realizar el análisis específico, para ello se elaboró la respectiva red.

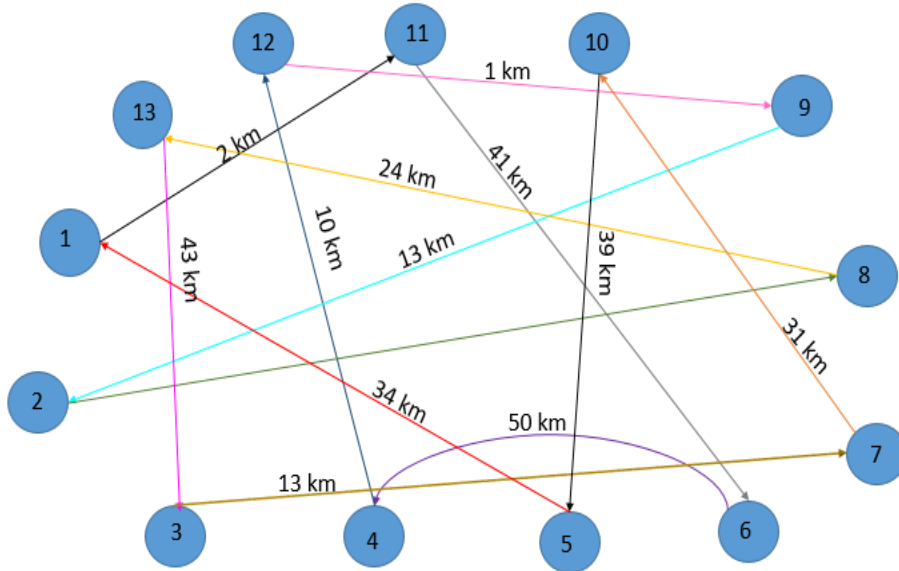


Figura 15. Red para el móvil 949

En la red del móvil 949 se puede observar todos los arcos que se generan para recorrer todos los nodos, para este caso una matriz 13x13, posteriormente se presentan las matrices de distancia y tiempo los cuales intervienen en la elaboración de esta red.

### Distancias entre nodos

KM	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13
N1	99	2,30	0,31	0,93	0,46	0,55	0,56	0,74	2,06	3,78	0,02	6,79	7,59
N2	1,72	99	0,67	0,39	1,62	0,53	0,42	0,02	0,18	2,11	0,57	2,20	3,34
N3	0,23	0,49	99	0,36	0,42	0,23	0,13	0,41	0,21	0,37	0,20	0,13	0,82
N4	0,70	0,29	0,19	99	1,96	0,49	0,28	0,41	0,33	0,85	0,47	0,10	2,80
N5	0,34	1,18	0,22	2,00	99	2,16	0,33	0,49	0,44	0,54	0,39	0,10	0,55
N6	0,41	0,39	0,12	0,50	1,56	99	0,79	1,35	7,05	0,50	0,59	3,01	0,61
N7	0,42	0,31	0,07	0,28	0,24	0,56	99	0,67	7,58	0,31	1,75	0,61	0,63
N8	0,55	0,39	0,22	0,41	0,35	0,95	0,53	99	6,16	0,78	0,15	0,52	0,24
N9	1,54	0,13	0,11	0,33	0,32	4,97	5,99	4,08	99	1,32	0,89	0,02	0,08
N10	2,82	1,54	0,19	0,87	0,39	0,35	0,25	0,52	0,97	99	2,93	0,56	1,26
N11	0,01	0,42	0,10	0,48	0,28	0,41	1,38	0,10	0,65	2,12	99	1,91	0,57
N12	5,08	1,61	0,07	0,10	0,07	2,13	0,48	0,35	0,01	0,41	1,27	99	0,71
N13	5,68	2,44	0,43	2,85	0,39	0,43	0,50	0,16	0,06	0,91	0,38	0,50	99

*Tabla 21. Matrices de distancia para el móvil 949.*

Posteriormente se muestra la implementación del software WINQSB para minimizar las distancias recorridas previamente identificadas, en el problema del agente viajero (TSP).

Se identifica el tipo de problema un TSP además los subíndices  $i$  y  $j$ , como el tipo de origen ( $i$ ), y el tipo de destino ( $j$ ). se define el objetivo que es minimización y el número de nodos que posee el problema para el caso el móvil 949.

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10	Node11	Node12	Node13
Node1	99	2,30	0,31	0,93	0,46	0,55	0,56	0,74	2,06	3,78	0,02	6,79	7,59
Node2	1,72	99	0,67	0,39	1,62	0,53	0,42	0,02	0,18	2,11	0,57	2,20	3,34
Node3	0,23	0,49	99	0,36	0,42	0,23	0,13	0,41	0,21	0,37	0,20	0,13	0,82
Node4	0,70	0,29	0,19	99	1,96	0,49	0,28	0,41	0,33	0,85	0,47	0,10	2,80
Node5	0,34	1,18	0,22	2,00	99	2,16	0,33	0,49	0,44	0,54	0,39	0,10	0,55
Node6	0,41	0,39	0,12	0,50	1,56	99	0,79	1,35	7,05	0,50	0,59	3,01	0,61
Node7	0,42	0,31	0,07	0,28	0,24	0,56	99	0,67	7,58	0,31	1,75	0,61	0,63
Node8	0,55	0,39	0,22	0,41	0,35	0,95	0,53	99	6,16	0,78	0,15	0,52	0,24
Node9	1,54	0,13	0,11	0,33	0,32	4,97	5,99	4,08	99	1,32	0,89	0,02	0,08
Node10	2,82	1,54	0,19	0,87	0,39	0,35	0,25	0,52	0,97	99	2,93	0,56	1,26
Node11	0,01	0,42	0,10	0,48	0,28	0,41	1,38	0,10	0,65	2,12	99	1,91	0,57
Node12	5,08	1,61	0,07	0,10	0,07	2,13	0,48	0,35	0,01	0,41	1,27	99	0,71
Node13	5,68	2,44	0,43	2,85	0,39	0,43	0,50	0,16	0,06	0,91	0,38	0,50	99

*Figura 16. Definición de la matriz de distancia para el móvil 949.*

### 3.3.3.2. Resultados y control del modelo de ruteo.

Para la validación del modelo de ruteo se determinó los móviles y los contratos de los cuales se podía recopilar la información necesaria, se realizó un filtro y este arrojó como resultado que los contratos a evaluar serían el del colegio Nueva York y el FNA, respecto a los móviles en mención, se encontró un total de 36 entre ambos contratos.

Posteriormente se ingresaron los datos de cada móvil en el programa WINQSB, implementando la programación matemática anteriormente explicada TSP, la cual arrojó una distancia propuesta y una secuencia propuesta, en que los móviles deben recoger a las personas.

A continuación, se presenta el resultado arrojado por WINQSB para el móvil tomado de ejemplo 949, que incluye la ruta óptima que reduce la distancia total recorrida.

09-16-2017	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node11	2	8	Node8	Node13	24
2	Node11	Node6	41	9	Node13	Node3	43
3	Node6	Node4	50	10	Node3	Node7	13
4	Node4	Node12	10	11	Node7	Node10	31
5	Node12	Node9	1	12	Node10	Node5	39
6	Node9	Node2	13	13	Node5	Node1	34
7	Node2	Node8	2				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	303
	(Result	from	Cheapest	Insertion	Heuristic)		

Figura 17. Resultados obtenidos optimización móvil 949.

La figura 17 muestra el resultado arrojado por el software y el cual se observa la distancia total recorrida de 30,3 km y la respectiva secuencia de los nodos a recorrer.

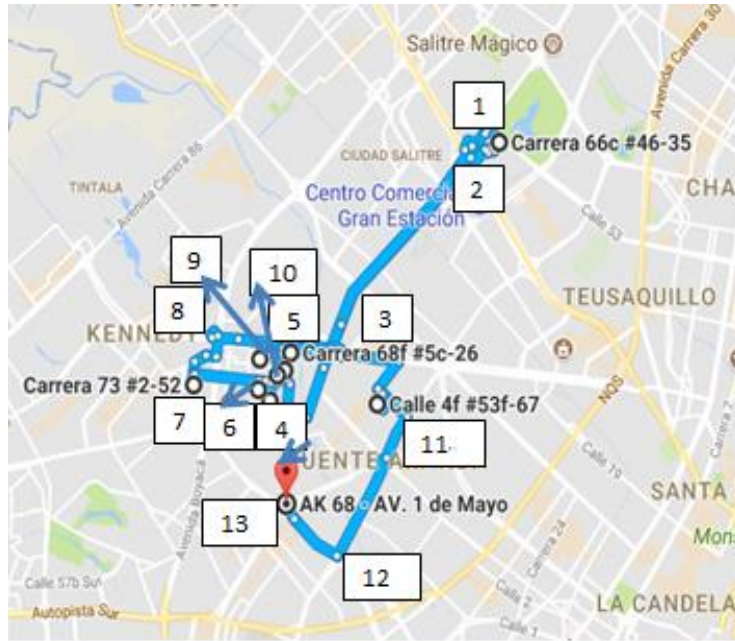


Figura 18. Ruta actual para el móvil 949.

Además, se puede observar que la figura 18 representa la ruta actual que realiza el móvil 949 y el cual posee una secuencia actual numérica de forma ascendente, y recorre 37.5km. En la siguiente figura se ve la nueva secuencia.



Figura 19. Ruta después de la optimización móvil 949.

Se muestra en la figura 19 la nueva ruta que genera el programa y que genera una reducción en la distancia de 19.2% pues la ruta actual recorría una distancia de 37.5 km y con la mejora pasa a

recorrer 30.3 km como se nombra anteriormente en la figura 19, en donde la secuencia propuesta es 1-11-6-4-12-9-2-8-13-3-7-10-5.

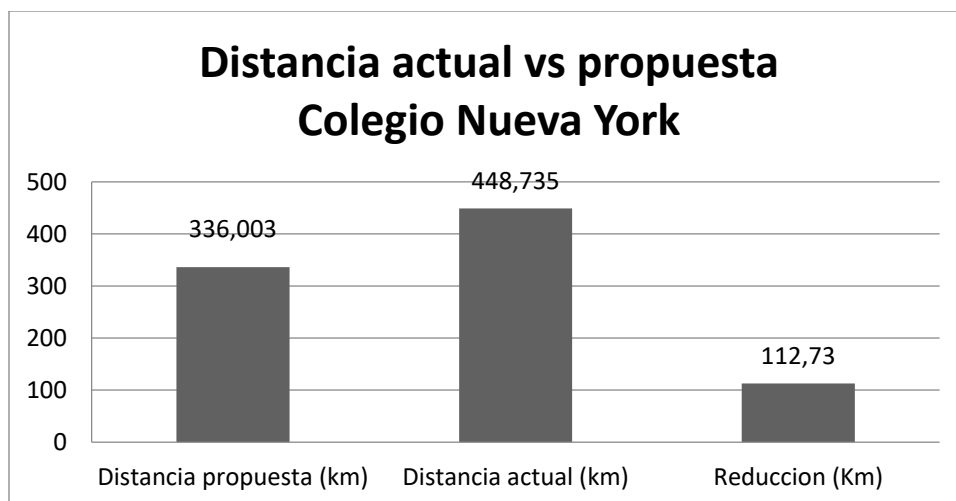
De igual manera se desarrolló el móvil 604 para el Colegio Nuevo York el cual se evidencia en el ANEXO B, la imagen de google maps donde la distancia actual es de 18.12 km y la distancia propuesta es de 10.48, donde se muestra una reducción de un 42.16%.

En la siguiente tabla se muestra los contratos empleados, los móviles evaluados, la secuencia propuesta (la secuencia actual no se encuentra por que la empresa ordena de menor a mayor es decir 1, 2, 3, 4...n), la distancia propuesta arrojada el programa, la distancia actual obtenida por medio del programa widetech. Además, datos obtenidos en la identificación de la operación de ruteo, por último, el porcentaje de reducción que se obtiene por la implementación del modelo de ruteo.

Contrato	Movil	Secuencia propuesta	Distancia propuesta (km)	Distancia actual (km)	% Reduccion
C O L E G I O N U E V O Y O R K	144	1-6-3-5-4-8-7-2	17,37	22,3	22,11%
	194	1-3-4-5-6-2	7,64	11,85	35,53%
	195	1-2-4-3-6-5	7,25	11,12	34,80%
	209	1-2-6-8-9-7-4-3-5	16,78	24,19	30,63%
	236	1-7-11-9-6-2-4-10-8-5-3	35,25	44,913	21,51%
	311	1-2-4-5-6-3-7	9,79	15,72	37,72%
	314	1-2-8-4-3-7-5-6-9-11-10	27,78	35,41	21,55%
	321	1-6-4-3-2-7-5	13,594	18,07	24,77%
	341	1-5-8-7-2-6-4-9-3	17,36	23,76	26,94%
	559	1-3-2-4	11,27	15,98	29,47%
	604	1-2-6-3-4-7-5	10,48	18,12	42,16%
	665	1-3-2-4	8,035	9,94	19,16%
	725	1-9-7-5-2-3-6-8-4	22,45	28,22	20,45%
	753	1-2-5-3-7-8-4-6-10-9	5,71	7,14	20,03%
	805	1-2-9-3-5-4-7-6-8	5,19	6,1	14,92%
	889	1-2-4-3	3,85	4,005	3,87%
	949	1-11-6-4-12-9-2-8-13-3-7-10-5	30,30	37,5	19,20%
	950	1-13-11-8-7-3-9-10-15-12-14-6-4-7-5-2	39,68	48,26	17,78%
	1192	1-3-7-10-6-14-5-9-8-11-4-13-2-12	21,6	31,03	30,39%
	1333	1-11-4-8-6-9-12-2-3-5-7-10	28,62	38,15	24,98%
	1753	1-3-8-6-10-9-7-11-12-5-2-4	31,26	40,23	22,30%
		Total	339,999	451,778	25,17%

Tabla 22. % de reducción de Distancia Recorrida para contrato Colegio Nueva York.

De la tabla anterior se puede observar como por medio de la implementación el modelo de ruteo se logran reducir distancias para cada móvil en el contrato del colegio nueva york. Con un margen de entre 3% hasta un 42.16% como con el móvil 604, Así como la secuencia óptima para cada uno de los 21 móviles. A continuación, muestra una comparativa entre la distancia actual y la propuesta.



Gráfica 29. Distancia actual vs distancia propuesta colegio nueva york.

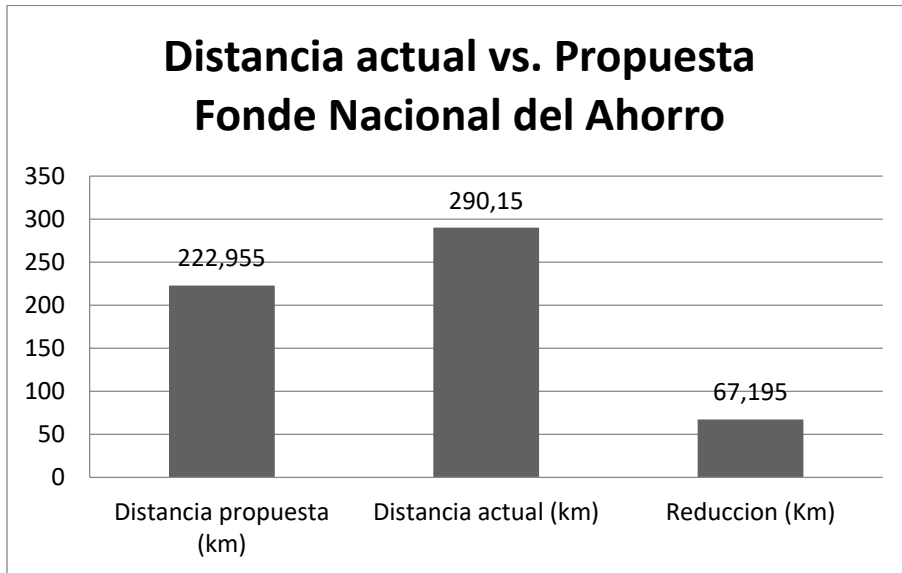
La grafica 29 muestra una comparativa entre la distancia total actual contra la distancia total propuesta en el modelo de ruteo planteado, además de mostrar la diferencia entre ambas, que es de 112.73 kilómetros, es decir en promedio un 25.17% de mejora para el recorrido propuesto, estos datos se obtuvieron en un periodo de tiempo de un día, específicamente entre las 5 y 7 am.

Contrato	Movil	Secuencia propuesta	Distancia propuesta (km)	Distancia actual (km)	% Reduccion
F · N · A	150	1-4-3-2	6,38	8,19	22,10
	236	1-2-4-3-5-6	26,25	33,78	22,29
	311	1-2-4-5-3	28,13	29,81	5,64
	341	1-2-3	27	29,84	9,52
	379	1-2-5-4-3	12,13	18,74	35,27
	424	1-4-2-5-3	22,83	40,16	43,15
	471	1-2-3	10	9,96	-0,40
	557	1-6-2-5-4-3	11,83	17,46	32,25
	563	1-4-5-2-3	12,25	20,73	40,91
	663	1-4-3-2	9,75	15,07	35,30
	757	1-4-3-2	8,82	9,34	5,57
	889	1-3-4-5-2	5,813	9,74	40,32
	916	1-3-4-5-2	6,812	9,33	26,99
	941	1-3-2	24,75	27,63	10,42
969	1-2-3	10,21	10,37	1,54	
		<b>Total</b>	<b>222,955</b>	<b>290,15</b>	<b>22%</b>

Tabla23. % de reducción de Distancia Recorrida para contrato Fondo Nacional del Ahorro

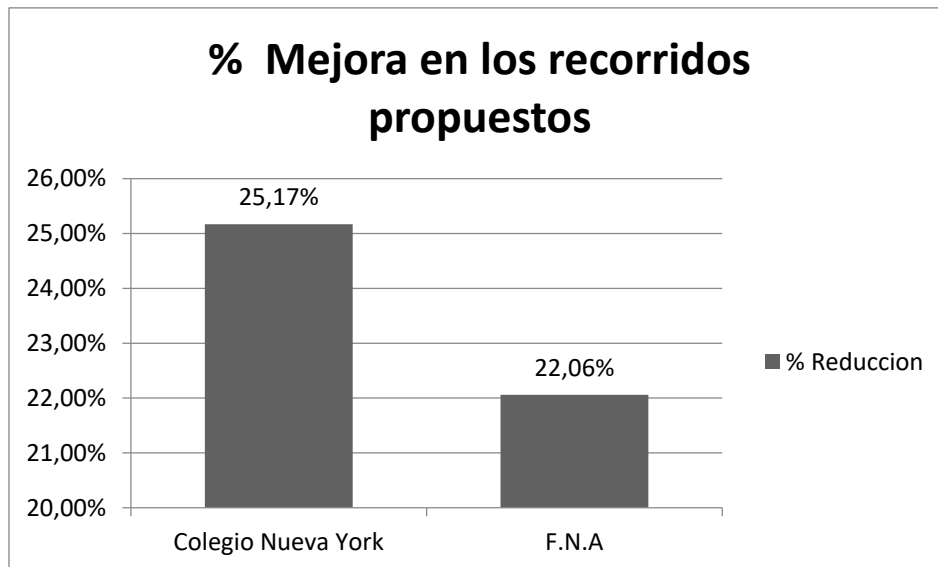
Para el contrato con el fondo nacional del ahorro el modelo propuesto muestra una secuencia propuesta, la diferencia con el colegio es que este tiene menos nodos debido a que recoge a más de una persona en un mismo punto, además se observan notorias reducciones en las distancias propuestas de incluso un 40,91% como lo es en el móvil 563. Además de esto se observa una

menor reducción en promedio de distancia 22,06% frente al otro contrato, esto debido a que la muestra es menor.



Gráfica 30. Distancia actual vs distancia propuesta fondo nacional del ahorro.

Esta grafica 30 muestra las distancias en kilómetros actual y propuesta en el modelo de ruteo además se muestra la diferencia, entre estas el cual es de 67.19 kilómetros, lo que equivale a un 22.01% de mejora respecto a los recorridos actuales.



Gráfica 31. Distancia actual vs distancia propuesta fondo nacional del ahorro.

En la gráfica anterior se puede ver el porcentaje total de mejora que se obtiene en los recorridos realizados en los dos contratos, y como por medio de la implementación de un modelo de ruteo se puede optimizar los recorridos de manera que además de reducir costos por excesos, reduce la huella de carbono por consumo de combustibles, lo cual es un objetivo que tiene la integración de un modelo de gestión verde en la empresa.

Para realizar el control del modelo se emplea el indicador de distancia recorrida. Tomando los resultados obtenidos al implementar el modelo de ruteo se procede a aplicar los datos en la fórmula para conocer si el modelo ha sido efectivo. Para este aplicativo se tomó la suma de las distancias propuestas y actuales para ambos contratos.

**Distancias Totales Recorridas:**

Este indicador es importante puesto que nos proporciona información, para conocer si la implementación del modelo de ruteo, en el modelo de gestión verde fue realmente efectiva y se debe proceder a realizar análisis y conclusiones respecto a las nuevas rutas implementadas.

Ecuación:

$$\% \text{ de reducción para distancias recorridas} = \left( 1 - \left( \frac{\text{distancia total recorrida propuesta}}{\text{distancia total recorrida actual}} \right) \right) \times 100$$

VARIABLES DE ENTRADA:

<b>Distancias Totales</b>	<b>Variables de Entrada</b>	<b>Unidades</b>
<b>Numerador</b>	<b>Distancia Total Recorrida propuesta</b>	<b>km</b>
<b>Denominador</b>	<b>Distancia Total Recorrida Actual</b>	<b>km</b>

Obtención de datos: se realizó mediante la elaboración de una tabla que describía todas las distancias recorridas por todos los móviles de la empresa, esto mediante el programa que emplea Exturiscol S.A.S para conocer mediante geo ubicación donde se encuentran los móviles.

**Aplicación del indicador en el modelo de gestión de transporte verde.**

$$\% \text{ de reducción para distancias recorridas} = \left( 1 - \left( \frac{560.124 \text{ km}}{742.345 \text{ km}} \right) \right) \times 100$$

$$\% \text{ de reducción para distancias recorridas} = 24.55 \%$$

Con este resultado podemos observar como la implementación del modelo de ruteo ha sido efectivo puesto que el porcentaje de reducción en las distancias recorridas por los móviles evaluados es del 24.55%, es decir que este indicador se cumple para medir el sistema operativo actual de la empresa respecto al propuesto.

### **3.3.4. Programa para la reducción de consumo de combustible.**

Se plantea el programa y se identifica los factores que afectan a los vehículos, partiendo de eso se elaboran políticas para la mejora de los mismos.

#### **Factores que afectan el consumo**

Para optimizar el consumo de combustible es necesario tener claridad de los principales factores que generan el aumento del mismo a continuación se presentan algunos factores:

- El vehículo es prioridad en el consumo de combustible debido que si se encuentra una avería debe solucionarse porque afecta directamente este indicador.  
Los conductores son el factor más importante en el consumo de combustible debido al impacto directo sobre el mismo, como el exceso de velocidad y respetando las señales vigentes de tráfico.
- Condiciones de tráfico son factores indirectos los cuales afectan el consumo de combustible dado que en primera marcha de cualquier tipo de vehículo el consumo aumenta.

#### **Alcance**

Se debe desarrollar en toda el área operativa de Exturiscol S.A.S. a en todo el territorio nacional.

#### **Objetivo**

Optimizar el consumo de combustible en Exturiscol S.A.S.

## Política Ambiental

Exturiscol S.A.S. cumple con las normas ambientales vigentes y mejora continua en sus procesos operacionales con el fin de reducir GEI (Gases de efecto invernado).

## Ejecución

Se desarrolla la metodología del modelo de ruteo propuesto teniendo en cuenta dichas observaciones a la empresa Exturiscol S.A.S. para la ejecución del programa de Disminución de consumo de combustible

- El vehículo: debe estar con la revisión técnico-mecánica vigente realizada por la empresa internamente cada semana de vigencia y revisión técnico-mecánica reglamentada por el ministerio de transporte con vigencia anual.

Posterior a esto se realizó un diagrama de Gantt para planear las revisiones técnico mecánicas de los móviles y se separaron en dos clases los más recientes modelo 2010 hasta la actualidad y los antiguos anteriores al 2010. En el siguiente diagrama de Gantt se muestra los modelos 2010 hasta la actualidad.

Diagrama Gantt - Mantenimiento Vehículos desde el modelo 2010 a la actualidad													
Actividad	Duración	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mantenimiento Preventivo	2 Días	■											
Revisión de Motor	7 Días		■										
Revisión Tecnicomecánica Trimestral	1 Dia			■									
Revisión Frenos	2 Días				■								
Revisión de Suspensión	3 Días					■							
Revisión Tecnicomecánica Trimestral	1 Dia						■						
Revisión de Caja de Cambios	5 Días							■					
Mantenimiento General	7 Días								■				
Revisión Tecnicomecánica Trimestral	1 Dia									■			
Revisión de Motor	Días										■		
Revisión Frenos	2 Días											■	
Revisión Tecnicomecánica General	1 Dia												■

Segido de este se muestra el Diagrama de Gannt para los modelos anteriores a 2010.

Diagrama Gantt - Mantenimiento Vehículos anteriores al modelo 2010													
Actividad	Duración	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Revisión de Motor	7 Dias	■											
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia		■										
Revisión Frenos	2 Dias			■									
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia				■								
Revisión de Suspensión	3 Dias					■							
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia						■						
Revisión de Caja de Cambios	5 Dias							■					
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia								■				
Mantenimiento General	7 Dias									■	■		
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia										■		
Mantenimiento General	7 Dias											■	■
Revisión Tecnicomecánica Bimensual	1 Dia												■

Siguiendo la ejecución de este programa se debería tener en cuenta las anteriores programaciones para realizar el respectivo mantenimiento, a los dos tipos de flota que existen en la empresa, que dependiendo del mismo implicara más o menos duración.

- Los conductores: deben cumplir el cronograma interno actual de capacitaciones de la empresa Exturiscol S.A.S. con registro a la Hoja de vida.

Condiciones de Tráfico se debe optimizar mediante el Programa de disminución de distancias según tiempo.

### 3.3.4.1 Resultados y Control.

Un indicador de relevancia es el consumo de combustible, puesto que está directamente relacionado con los niveles por huella de carbono que se producen en la operación diaria de la empresa, y que es uno de los aspectos que además se pretende reducir mediante el modelo de ruteo, puesto que está muy relacionado con las distancias recorridas por los móviles.

Ecuación:

$$\% \text{ de reducción para combustibles} = 1 - \left( \frac{\text{combustible total consumido propuesto}}{\text{combustible total consumido actual}} \times 100 \right)$$

Variables de entrada:

<b>Consumo combustible</b>	<b>Variables de Entrada</b>	<b>Unidades</b>
<b>Numerador</b>	<b>Combustible Total Consumido Actual</b>	<b>Gal/mes</b>
<b>Denominador</b>	<b>Combustible Total Consumido Anterior</b>	<b>Gal/ mes</b>

### **Aplicación del indicador en el modelo de gestión de transporte verde.**

Ecuación:

$$\% \text{ de reducción para combustibles} = 1 - \left( \frac{\text{combustible total consumido propuesto}}{\text{combustible total consumido actual}} \times 100 \right)$$

$$\% \text{ de reducción para combustibles} = 1 - \left( \frac{1544 \text{ galones}}{2043 \text{ galones}} \times 100 \right)$$

$$\% \text{ de reducción para combustibles} = 24.43\%$$

El indicador de consumo de combustibles de la Flota de Exturiscol S.A.S., no se tiene medición vigente hasta la ejecución del proyecto.

Debido a que este indicador se mide en primera instancia a partir de ejecución del programa a 1 año, y después del año se procede a la medición mensual.

### **3.3.5. Programa para la disminución de la huella de carbono.**

Se elaboró un programa para quizás el factor más relevante de este modelo, se plantean indicadores para conocer si la implementación del modelo ha sido efectiva.

#### **Alcance**

Disminución de emisiones contaminantes en todo el ámbito operativo de la empresa Exturiscol S.A.S.

#### **Objetivo**

1. Realizar un procedimiento de control de emisiones contaminantes.
2. Reducir niveles de huella de carbono.

## **Política Ambiental**

Cumplir los requisitos ambientales exigidos por la NTC ISO 14001:2015 y ISO 14067:2013, basados en el Sistema de Gestión de transporte verde, realizando cálculo y control para la disminución de Dióxido de Carbono CO<sub>2</sub>.

### **Metodología**

1. Identificar niveles de huella de carbono.  
- En la siguiente tabla 39 se muestran los factores.

Teniendo en cuenta la tabla referenciada en el cálculo de emisiones, se presenta a continuación las ecuaciones para calcular los respectivos niveles de contaminación.

#### Nivel de contaminación

Niveles de CO = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo de CO \* La distancia recorrida

Niveles de SO<sub>2</sub> = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo SO<sub>2</sub> \* La distancia recorrida

Niveles de NO<sub>2</sub> = Factor por Tipo de Vehículo y Modelo NO<sub>2</sub> \* La distancia recorrida

2. Disminuir niveles de emisiones contaminantes mediante el modelo de ruteo propuesto.
3. Evaluar la reducción de emisiones de GEI.
4. Comparar niveles actuales y propuestos.

### **Recomendaciones**

Se recomienda el uso de dispositivos de geolocalización para optimizar rutas.

Se propone el cambio progresivo de la flota actual y tipo de combustible empleado en el uso del vehículo.

#### **3.4. Manual para el modelo de gestión de transporte verde.**

##### **a. Introducción:**

Este manual para la empresa EXTURISCOL S.A.S, describe la estructura, los pasos y el contenido de este modelo de gestión de transporte verde, siguiendo los lineamientos de la

ISO 14001:2015 y la ISO 14069:2013, todo esto en harás de mejorar y estar a la vanguardia en Colombia, respecto a la mitigación del impacto de la operación en el medio ambiente.

**b. Contextualización:**

En la actualidad la operación de la empresa se ha visto en crecimiento debido a que el parque automotor en la ciudad ha aumentado, debido a esto la empresa desea se pionera en el manejo de las emisiones producidas por su operación y así contribuir con el medio ambiente.

**c. Alcance del modelo de gestión de transporte verde:**

El modelo de gestión de transporte verde en la empresa pretende mostrar los pasos a seguir para su correcta implementación, con este modelo se pretende reducir la huella de carbono por consumo de combustible en la operación de la empresa basados en la ciudad de Bogotá.

**d. Requisitos del modelo de gestión de transporte verde.**

1. Liderazgo y compromiso: la organización exhibe compromiso por la aplicación de este modelo al interior de la misma.
2. Política ambiental: esta debe tener los pasos exigidos por la norma y los cuales involucran a todos los empleados de la empresa, esta política debe cumplir con todos los requisitos de las dos normas ambientales y exista un mejoramiento continuo de los procesos.
3. Planificación:
  - 3.1 Generalidades: la empresa cumple con los requisitos de las normas ISO 14001:2015 y la ISO 14069:2013, identifica los procesos críticos y posibilidades de mejora.
  - 3.2 Aspectos ambientales: la organización cumple con todos los aspectos ambientales que respectan a su tipo de operación, basado en esto la empresa establece programas de mejora.
  - 3.3 Requisitos legales: se asegura que la empresa cumpla con las normativas legales vigentes, como es el caso de EXTURISCOL S.A.S., normativas nacionales e internacionales que avalan su operación y control.
4. Objetivos ambientales y programas.

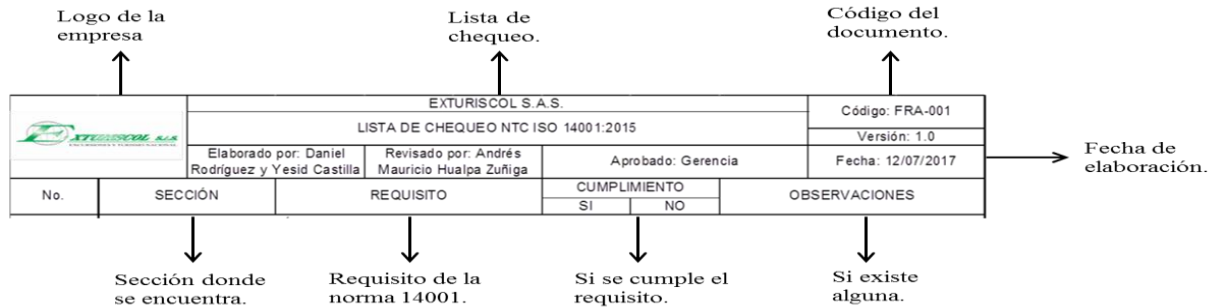
- 4.1 Objetivos ambientales: estos objetivos ambientales tratan de dar cumplimiento al objetivo principal de este proyecto el cual pretende como premisa reducir la huella de carbono por consumo de combustible en la organización.
  - 4.2 Programas: para esto se han diseñado 3 programas ambientales en especial que tratan de dar solución, los cuales corresponden a programa para la disminución de distancias mediante un modelo de ruteo, Programa para la reducción de consumo de combustible y Programa para la disminución de la huella de carbono.
5. Recursos, competencia y toma de conciencia.
    - 5.1 Recursos: la alta directiva debe determinar cuántos recursos serán asignados para el desarrollo de esta propuesta teniendo en cuenta varios factores influyentes, previamente identificados.
    - 5.2 Competencia: la empresa asigna a los encargados de monitorear el modelo de gestión de transporte verde.
    - 5.3 Toma de conciencia: que todos los empleados sean conscientes de la propuesta y que todos estén implicados en su ejecución.
  6. Comunicación: se debe tener conocimiento por parte de todas las partes de la implementación del modelo de gestión de transporte verde, con comunicación interna, en donde todos los niveles de la organización tienen conocimiento de la propuesta y comunicación externa, cuando se tiene información de dicha propuesta, en aras de una posible evaluación por parte de externos.
  7. Información y control de documentos: se identifican claramente todos los aspectos que debe poseer el modelo de gestión de transporte verde según las normas ambientales vigentes, además de tener un fácil acceso en caso que se requiera.
  8. Operación.
    - 8.1 Planificación: existe dentro del modelo aspectos que controlen, sigan y midan los requisitos operativos asociados con requisitos ambientales previamente establecidos.
    - 8.2 Preparación: se debe poseer una respuesta para reducir impactos ambientales.
  9. Evaluación del desempeño.

- 9.1 Control y medición: para la evaluación del modelo se ha dispuesta de indicadores de desempeño que deben asegurar que el modelo cumple con el objetivo principal y permite una mejora continua.
- 9.2 Evaluación de los aspectos legales: se mantiene un control pertinente sobre los aspectos legales de la operación y se mantiene al tanto sobre las normativas vigentes nacionales e internacionales.
10. Auditoria: se realizan auditorias para establecer si el modelo de gestión de transporte verde, está realmente cumpliendo con todos los aspectos que le componen.
11. Mejora continua: la organización determina el periodo en que se desarrolla el modelo y así mantiene un control y acciones que soporte la mejora continua, siempre evaluando el desempeño del mismo.

### **3.5.1. Procedimientos.**

Para la elaboración de este modelo de gestión de transporte verde se tuvieron en cuenta varios aspectos, se realizó primero una fase de identificación de las emisiones generadas en la operación de EXTURISCOL S.A.S. en donde se realizó una exhaustiva recopilación de datos, en las cuales se les realizó un tratamiento, que permitió emitir un concepto de cómo se encontraba la empresa respecto a lo que se pretende reducir que es la huella de carbono por consumo de combustible.

Para la siguiente fase se procedió a la identificar qué aspectos ambientales involucra la operación de la empresa y otros regidos por las normas ISO 14001:2015 y la ISO 14069:2013, posteriormente se realizó una lista de chequeo, que verifica que los aspectos ambientales de estas normas sean conformes. A continuación, se muestra la descripción de la gráfica.



Luego se identificó los procesos críticos en el mapa de procesos, procesos que pretende intervenir este modelo y los aspectos ambientales más relevantes para dar solución al objetivo principal del proyecto, posterior a esto se elaboró el documento, el cual posee la siguiente estructura:

1. Políticas ambientales: estos son actividades que se establecen en la empresa, que permiten establecer metas y objetivos ambientales a cumplir.
2. Alcance: determina hasta dónde puede llegar el modelo de gestión de transporte.
3. Objetivo: describe la meta a la que se quiere llegar, este debe poderse medir.
4. Programas a implementar en el modelo:
  - 4.1 Programa para la disminución de distancias mediante un modelo de ruteo.
    - 4.1.1 Modelo de ruteo implementando un software de optimización.
    - 4.1.2 Resultados y control del modelo de ruteo: evalúa el modelo de ruteo y permite medir si existen una disminución mediante los indicadores.
  - 4.2 Programa para la reducción de consumo de combustible.
    - 4.2.1 consumo de combustible por distintos móviles.
    - 4.2.2 Resultados y control: permite conocer si fue efectivo los resultados propuestos y si en realidad existe una mejora.
  - 4.3 Programa para la disminución de la huella de carbono.
    - 4.3.1 Evaluar si mediante la implementación del modelo de ruteo disminuye además la huella de carbono por consumo de combustibles generada por los móviles.
    - 4.3.2 Resultados y control: evidenciar y comparar cuanto disminuye la huella de carbono y concluir si es efectivo el modelo para resolver el objetivo.
5. Control de documentos: debe existir personas designadas al mismo que control y supervisen que el modelo funcione bien y que existan oportunidades de mejora.

Después de la elaboración del modelo de gestión de transporte para la empresa se realizó un análisis financiero para dicha propuesta en la cual se evaluó el cambio progresivo de la flota además de una notoria mejoría implementado el modelo, es así como se llegaron a unas conclusiones sobre el proyecto, posterior a esto se realizó una reunión con la alta dirección para mostrar los resultados.

### **3.5. Conclusión parcial.**

Para la elaboración del modelo de gestión de transporte verde, se identificaron los requisitos establecidos en la norma ISO 14001: 2015 y ISO 14067: 2013, posteriormente se procedió a realizar las distintas etapas que le componen, para la cual se elaboraron unos programas para su cumplimiento. Arrojando como resultado para el programa de reducción de distancias una disminución de un 24.55% respecto al modelo de ruteo actual empleado por la empresa, respecto al programa de reducción de consumo de combustible se concluyó por establecer unos cronogramas que deben cumplirse para el mantenimiento de los móviles. Por último, el programa de reducción de huella de carbono se propuso el cambio progresivo de la flota actual y del tipo de combustible que emplea, además de la implementación del modelo como una alternativa para reducir la huella de carbono de la operación

## 4. EVALUACION DE LA DISMINUCION DEL IMPACTO DE LA HUELLA DE CARBONO.

### 4.1. Resultados y control.

Para conocer si existió una disminución del impacto por huella de carbono en la empresa mediante la implementación del modelo de gestión de transporte verde, se utiliza tres indicadores, los cuales son: nivel de contaminación por huella de carbono actual, proyectado y por último el porcentaje de disminución.

Seguido de esto se muestra el indicador implementado y la formula que se empleó para el cálculo del mismo.

#### Niveles de contaminación por huella de carbono:

Este indicador está directamente relacionado y es un estimativo total del impacto que una actividad tiene sobre el cambio climático.

Para el proyecto que desarrollamos es de vital importancia que la evaluación de dicho indicador, para demostrar que puede reducir la huella de carbono por consumo de combustible de la operación.

Formula:

$$\text{Nivel contaminacion por huella de carbono} = 2,61 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times \text{distancia recorrida movil} ;$$

(Cálculo de las emisiones de huella de carbono a partir de los factores de conversión Diesel)

VARIABLES DE ENTRADA:

Nivel de CO2	Variables de entrada	Unidades
Numerador	Emisiones totales actuales	Kg co2/año

Obtención de datos: La disponibilidad de las tablas para la conversión de emisiones de co2, garantizan la mejor alternativa para calcular de una forma efectiva el valor del indicador correspondiente, sin necesidad de tener que emplear equipos y realizarlo en tiempo real. A partir del tipo de móvil, se pueden calcular estos valores.

Este indicador, es quizás el más importante pues mide cuanto son los niveles actuales y cuales son con el modelo implementado y poder demostrar que si existe una reducción en los niveles de huella de carbono por consumo de combustible, para ello se aplicó la formula a los móviles de los dos contratos evaluados colegio nueva york y fondo nacional del ahorro, primero para el actual y luego para el propuesto.

### **Niveles de contaminación por huella de carbono propuesto:**

Ecuación:

$$\text{Nivel contaminacion por huella de carbono propuesto} = 2,61 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times \text{distancia recorrida total propuesto ;}$$

(Cálculo de las emisiones de huella de carbono a partir de los factores de conversión Diésel)

$$\text{Nivel huella de carbono propuesto} = 2,61 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}} \times 560,12$$

$$\text{Nivel huella de carbono propuesto} = 1461,92 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}}$$

o

1.461 Toneladas de CO<sub>2</sub>

La reducción de huella de carbono es de 475,59 kg de CO<sub>2</sub>/ litro, es decir que el modelo de ruteo es adecuado, pues si existe una mejora respecto a las distancias recorridas en el modelo propuesto, es decir el impacto de la reducción del modelo de gestión verde es óptimo y tiene un gran impacto acorde a la primera medición en Exturiscol S.A.S.

### **% disminución de la contaminación por huella de carbono:**

Este indicador presenta el porcentaje de disminución que existe empleando el modelo de gestión de transporte verde, respecto al actual, y demuestra su validez.

$$\begin{aligned} & \% \text{ disminución de la contaminación por huella de carbono} \\ = & 1 - \left( \frac{\text{Nivel huella de carbono propuesto}}{\text{Nivel huella de carbono actual}} \times 100 \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \% \text{ disminución de la contaminación por huella de carbono} \\ = & 1 - \left( \frac{1937,52 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}}}{1461,92 \text{ kg de } \frac{\text{CO}_2}{\text{litro}}} \times 100 \right) \end{aligned}$$

$$\% \text{ disminución de la contaminación por huella de carbono} = 24.54\%$$

El porcentaje de disminución de la contaminación por huella de carbono es de 24.55% es decir que el indicador evaluado valida el modelo de transporte verde, pues existe una mejora con respecto a la situación actual.

Se observa que el si el modelo es efectivo y eficiente con lo que pretende la empresa, además de permitir cumplir con los objetivos propuestos en este proyecto.

En la siguiente tabla se observa el porcentaje de reducción para cada uno de los móviles en los dos contratos evaluados, de distancias, consumo de combustibles y huella de carbono, con la secuencia obtenida en el modelo de ruteo.

Contrato	Movil	Secuencia propuesta	% Reduccion D(KM)	% Reduccion Q(GAL)	% Reduccion HCP(CO2)
C O L E G I O N U E V A Y O R K	144	1-6-3-5-4-8-7-2	22,11%	22,11%	22,11%
	194	1-3-4-5-6-2	35,53%	35,53%	35,53%
	195	1-2-4-3-6-5	34,80%	34,80%	34,80%
	209	1-2-6-8-9-7-4-3-5	30,63%	30,63%	30,63%
	236	1-7-11-9-6-2-4-10-8-5-3	21,51%	21,51%	21,51%
	311	1-2-4-5-6-3-7	37,72%	37,72%	37,72%
	314	1-2-8-4-3-7-5-6-9-11-10	21,55%	21,55%	21,55%
	321	1-6-4-3-2-7-5	24,77%	24,77%	24,77%
	341	1-5-8-7-2-6-4-9-3	26,94%	26,94%	26,94%
	559	1-3-2-4	29,47%	29,47%	29,47%
	604	1-2-6-3-4-7-5	42,16%	42,16%	42,16%
	665	1-3-2-4	19,16%	19,16%	19,16%
	725	1-9-7-5-2-3-6-8-4	20,45%	20,45%	20,45%
	753	1-2-5-3-7-8-4-6-10-9	20,03%	20,03%	20,03%
	805	1-2-9-3-5-4-7-6-8	14,92%	14,92%	14,92%
	889	1-2-4-3	3,87%	3,87%	3,87%
	949	1-11-3-7-4-2-9-12-5-8-13-6-10	27,55%	27,55%	27,55%
	950	1-13-11-8-7-3-9-10-15-12-14-6-4-7-5-2	17,78%	17,78%	17,78%
1192	1-3-7-10-6-14-5-9-8-11-4-13-2-12	30,39%	30,39%	30,39%	
1333	1-11-4-8-6-9-12-2-3-5-7-10	24,98%	24,98%	24,98%	
1753	1-3-8-6-10-9-7-11-12-5-12-2-4	22,30%	22,30%	22,30%	
		Total	25,17%	25,17%	25,17%
Contrato	Movil	Secuencia propuesta	% Reduccion D(KM)	% Reduccion Q(GAL)	% Reduccion HCP(CO2)
F · N · A	150	1-4-3-2	22,10%	22,10%	22,10%
	236	1-2-4-3-5-6	22,29%	22,29%	22,29%
	311	1-2-4-5-3	5,64%	5,64%	5,64%
	341	1-2-3	9,52%	9,52%	9,52%
	379	1-2-5-4-3	35,27%	35,27%	35,27%
	424	1-4-2-5-3	43,15%	43,15%	43,15%
	471	1-2-3	-0,40%	-0,40%	-0,40%
	557	1-6-2-5-4-3	32,25%	32,25%	32,25%
	563	1-4-5-2-3	40,91%	40,91%	40,91%
	663	1-4-3-2	35,30%	35,30%	35,30%
	757	1-3-4-2	5,57%	5,57%	5,57%
	889	1-3-4-5-2	40,32%	40,32%	40,32%
	916	1-3-4-5-2	26,99%	26,99%	26,99%
	941	1-3-2	10,42%	10,42%	10,42%
	969	1-2-3	1,54%	1,54%	1,54%
		Total	22,06%	22%	22%

Tabla 24. Tabla de % reducción distancias, combustible y HCP.

En la tabla anterior se puede ver como los promedios totales en los dos contratos estudiados arrojan los mismos valores, esto es debido a que existe un coeficiente de correlación de 1:1, que genera que sea una relación positiva fuerte, en la que por cada galón de combustible se genera 1 kg de CO<sub>2</sub>, y que al disminuir distancias también lo harán el consumo de combustible y la huella de carbono.

#### 4.2. Lista de chequeo.

Por último, se realiza una lista de chequeo para la norma ISO 14067:2013, donde se verifica que exista una conformidad. Se evalué y cumpla los requisitos propuestos para este modelo de gestión de transporte verde.

No.		SECCIÓN	REQUISITO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
				SI	NO	
7. INFORME DE ESTUDIO DE LA HCP (HUELLA DE CARBONO DEL PRODUCTO Y 70 SERVICIO)						
1	7.1.	Los resultados y conclusiones del estudio de la HCP deben documentarse en el informe de estudio de la HCP de forma imparcial.	X			Se evalúa los índices de contaminación por huella de carbono y se presentan los resultados de validación del modelo
2	7.2	Se deben documentar los valores del Gases de efecto invernadero por separado en el informe de estudio de la HCP originados por fuentes de carbón fósil.	X			se documenta en el modelo de gestión de transporte verde
3		Unidades: se presentan en Toneladas	X			conforme

#### 4.3. Evaluación económica.

TIR (tasa interna de retorno)-diagrama de flujo de caja.

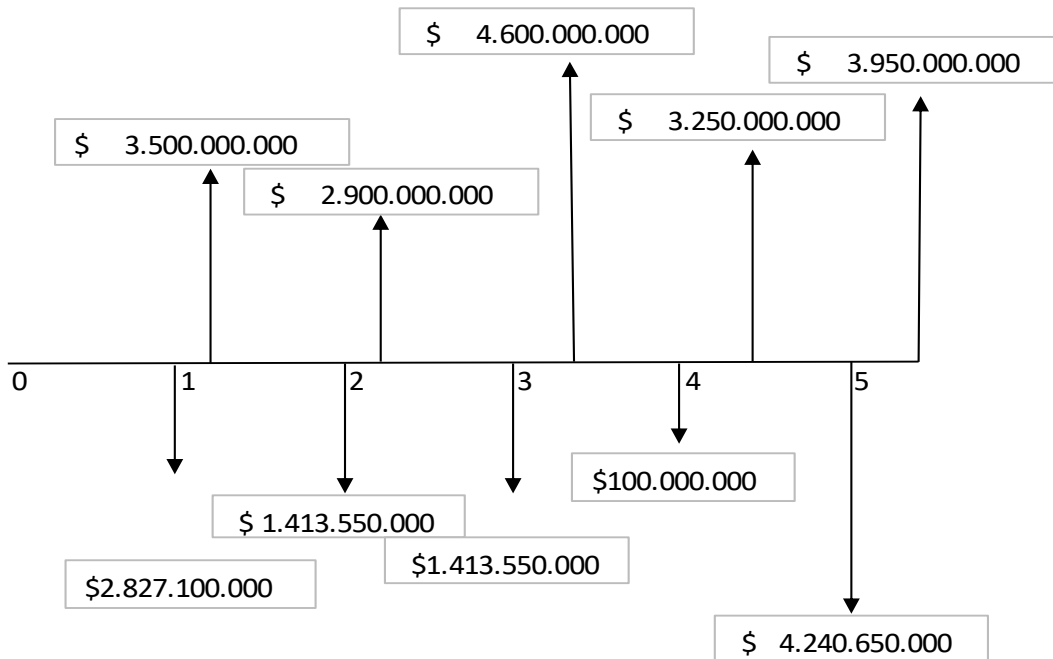


Figura 20. Diagrama de flujo de caja proyecto

	DESCRIPCION	VALOR
EGRESOS AÑO 1	COMPRA DE 10 BUSES INICIALES	\$ 2.827.100.000
EGRESOS AÑO 2	COMPRA DE 5 BUSES	\$ 1.413.550.000
EGRESOS AÑO 3	COMPRA DE 5 BUSES	\$ 1.413.550.000
EGRESOS AÑO 4	MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL FLOTA NUEVA	\$ 100.000.000
EGRESOS AÑO 5	COMPRA DE 15 BUSES	\$ 4.240.650.000
EGRESOS TOTALES		\$ 9.994.850.000

*Tabla 25. Egresos Proyecto 5 años.*

En la tabla 25 se muestran las proyecciones de los egresos de la empresa Exturiscol S.A.S., el cual nos deja ver que la empresa tiene poder para endeudamiento para aumento de la flota de 35 Buses en 5 años.

COSTO INICIAL	-\$ 2.827.100.000
INGRESOS AÑO 1	\$ 3.500.000.000
INGRESOS AÑO 2	\$ 2.900.000.000
INGRESOS AÑO 3	\$ 4.600.000.000
INGRESOS AÑO 4	\$ 3.250.000.000
INGRESOS AÑO 5	\$ 3.950.000.000
INGRESOS TOTALES	\$ 18.200.000.000

*Tabla 26. Ingresos Proyecto 5 años.*

En la generación de contratos adjudicados por aumento de licitaciones y convenios para generaciones de ingresos adicionales.

	VALOR
COSTO INICIAL	-\$ 2.827.100.000
INGRESOS NETO AÑO 1	\$ 672.900.000
INGRESOS NETO AÑO 2	\$ 1.486.450.000
INGRESOS NETO AÑO 3	\$ 3.186.450.000
INGRESOS NETO AÑO 4	\$ 3.150.000.000
INGRESOS NETO AÑO 5	-\$ 290.650.000

*Tabla 27. Ingresos neto 5 años.*

TASA INTERNA DE RETORNO	TIR
3 AÑOS	30%
5 AÑOS	46%

*Tabla 28. Tasa Interna de retorno del proyecto.*

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. Conclusiones.**

Por medio de análisis de distancias y consumo de combustible, Se logró identificar los valores actuales de emisiones contaminantes que genera la operación de EXTURISCOL S.A.S, se seleccionaron 22 móviles de los cuales sus datos están acorde el rendimiento de kilómetros por galón, en donde se estableció que los buses son los mayores generadores de huella de carbono (CO<sub>2</sub>), dicho tipo de vehículo genera 1110.6 toneladas de dióxido de carbono en el año 2016, seguido por tipo de vehículo microbuses con 452.89 toneladas de monóxido de carbono, para la segunda emisión más contaminante. Respecto a las emisiones en general se evidencio que el tipo de vehículo que más genera emisiones contaminantes es las busetas, debido a que la flota es más antigua y hay menor cantidad de móviles.

Se encontró que el índice de correlación entre el consumo de combustible y Dióxido de carbono es de 1.0 en todos los tipos de vehículos microbuses, busetas y buses, esto para los 69 móviles.

Se elaboró del modelo de gestión de transporte verde, se identificaron los requisitos establecidos en la norma ISO 14001: 2015 y ISO 14067: 2013, posteriormente se procedió a realizar las distintas etapas que le componen, para la cual se elaboraron unos programas para su cumplimiento, arrojando como resultado para el programa de reducción de distancias una disminución de un 24.55%, consumo de combustible 22.06% y de huella de carbono 22% respecto al modelo de ruteo actual empleado por la empresa.

Respecto al programa de reducción de consumo de combustible se concluyó por establecer unos cronogramas que deben cumplirse para el mantenimiento de los móviles. Por último, el programa de reducción de huella de carbono se propuso el cambio progresivo de la flota actual y del tipo de combustible que emplea, además de la implementación del modelo como una alternativa para reducir la huella de carbono de la operación.

Para la evaluación del impacto de la huella de carbono se emplearon tres indicadores de desempeño los cuales permiten conocer cuál era el nivel de contaminación por huella de carbono actual, propuesto y un porcentaje de disminución de huella de carbono, que fue el que logro validar el

modelo de gestión verde. El resultado arrojado fue de 24.55 % de disminución de los niveles de huella de carbono, es decir que el modelo es válido por que efectivamente reduce el impacto ambiental que genera la operación de la empresa en la ciudad de Bogotá D.C.

## **5.2. Recomendaciones.**

Se recomienda el uso de dispositivos de geolocalización para obtener mayor precisión en los datos. Se propone el cambio progresivo de la flota actual y tipo de combustible empleado en el uso del vehículo.

Los vehículos deben contar con la revisión técnico-mecánica vigente realizada por la empresa internamente cada semana de vigencia y revisión técnico-mecánica reglamentada por el ministerio de transporte con vigencia anual, para esto se le deben realizar las inspecciones respectivas teniendo en cuenta el cronograma anteriormente programado.

Se recomienda que la empresa Exturiscol S.A.S. lleve formatos de control y registro de la información detallada de consumo de combustible de toda la flota.

Realizar auditorías periódicas para el mantenimiento de la plataforma Widetech con el fin de garantizar que los dispositivos de geolocalización funcionen correctamente.

## VI. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Angheluta & costea, (2011). Sustainable go-green logistics solutions for istanbul metropolis.

Beskovnik & twrdy, (2011). Green logistics strategy for south east europe: to improve intermodality and establish green transport corridors.

Chacin, quintero, josefina, (2015). Logística verde y economía circular.

Choudhary & seth, (2011) Integration of green practices in supply chain environment the practices of inbound, operational, outbound and reverse logistics.

Cano, Orue, Martínez, Moreno y López, (2015) Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México.

Colombia, G. N. (2016). Plan maestro de transporte intermodal. Bogotá D.C.

David y Jordi pon, (2009). Evaluado el impacto climático del consumo: la huella de carbono.

Dekkera, (2011). Operations research for green logistics – an overview of aspects, issues, contributions and challenges.

Gomez, (2011). A green supply chain proposal for an electric supplies company.

Gómez Montoya, Correa Espinal, Hernández, (2014). Transporte verde: eficiencia y reducción de co2 integrando gestión, tecnologías de información y comunicaciones (tic) y una meta heurística.

Hernández, A. (2014). Investigación de alternativas de transporte sostenible aplicadas a servientrega. BOGOTÁ D.C.

Hilarión & arrieta, (2016). PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL BAJO LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 14001:2015 PARA LA EMPRESA CYB PAPELES DE COLOMBIA S.A.S EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.

Hilarios Psraftis, (2015). Kongens Lyngby, Dinamarca, Ed. Springer. green transportation logistics the quest for win-win solutions.

K lai, cwy wong - omega, (2012) green logistics management and performance: some empirical evidence from chinese manufacturing exporters.

Lin & ho, (2011) determinants of green practice adoption for logistics companies in china.

Miguel lópez, (2011). Propuesta de kpis para la evaluación de un corredor verde: tramo madrid-lyon del corredor mediterráneo.

Olivera (2004), Heurísticas para problemas de ruteo de vehículos.

Pishvae, torabi, & razmi, (2012). Credibility-based fuzzy mathematical programming model for green logistics design under uncertainty.

Pamucar, Gigovic, Cirovic, (2016). Transport spatial model for the definition of green routes for city logistics centers.

Rafael Jaramillo, M. G., (2013). Movilidad sostenible en Bogotá D.C.- Caso Metro Bogotá. Bogotá.

Rezg, Ameknassi, Ait integration of logistics outsourcing decisions in a green supply chain design: a stochastic multi-objective multi-period multi-product programming mode.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE Subdirección de Políticas y Planes Ambientales, (2013). Guía para la elaboración del informe de Huella de Carbono Corporativa en entidades públicas del Distrito Capital.

Torres-rabello & h. Chávez, (2010). Logística verde: el próximo desafío.

Toth, D. V. (2002). The vehicle routing problem. Society for Industrial and Applied Mathematics.

Thompson, (2015). Vehicle orientated initiatives for improving the environmental performance of urban freight systems.

Ubeda & faulin, (2011). Green logistics at eroski: a case study.

Zhanga & zhao, (2012). Green packaging management of logistics enterprises.

## ANEXOS

### ANEXO A.

Valores actuales para distancias, consumo de combustibles y emisiones.

Microbús.

MOVIL	TIPO	MODELO	TOTAL VL EFECTIVO	DIST/AÑO 2016 (KMS)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GAL)	Q (Litros)	CO2 (Ton/Año)	CO (Ton/año)	SO2 (Ton/Año)	NO2 (Ton/Año)	
725	MICROBUS	2005	\$ 7.940.109	25051,80	1031,05	3902,52	10,19	92,49	6,63	42,15	
150	MICROBUS	2007	\$ 7.740.802	21029,79	1005,17	3804,56	9,93	90,17	6,47	41,09	
319	MICROBUS	2007	\$ 9.669.091	12250,60	1255,56	4752,31	12,40	112,63	8,08	51,32	
341	MICROBUS	2007	\$ 11.398.730	23675,10	1480,16	5602,41	14,62	132,78	9,52	60,51	
324	MICROBUS	2010	\$ 6.461.390	11557,99	839,03	3175,74	8,29	75,26	5,40	34,30	
984	MICROBUS	2012	\$ 3.267.250	8083,37	424,26	1605,84	4,19	0,84	0,00	0,16	
311	MICROBUS	2013	\$ 6.560.929	8169,70	851,96	3224,66	8,42	1,68	0,00	0,32	
663	MICROBUS	2013	\$ 9.785.441	15152,90	1270,67	4809,49	12,55	2,51	0,00	0,48	
941	MICROBUS	2013	\$ 8.615.884	18978,61	1118,80	4234,66	11,05	2,21	0,00	0,42	
949	MICROBUS	2013	\$ 3.997.338	7786,70	519,07	1964,67	5,13	1,03	0,00	0,20	
321	MICROBUS	2014	\$ 5.176.680	12166,50	672,21	2544,31	6,64	1,33	0,00	0,25	
731	MICROBUS	2014	\$ 3.862.815	11980,40	501,60	1898,55	4,96	0,99	0,00	0,19	
743	MICROBUS	2014	\$ 9.391.070	11617,01	1219,46	4615,66	12,05	2,41	0,00	0,46	
916	MICROBUS	2015	\$ 11.375.361	30968,28	1477,13	5590,93	14,59	2,92	0,00	0,56	
1550	MICROBUS	2015	\$ 5.289.747	23348,10	686,89	2599,88	6,79	1,36	0,00	0,26	
Total Emisiones								141,79	520,60	36,10	232,67

Buseta.

MOVIL	TIPO	MODELO	TOTAL VL EFECTIVO	DIST/AÑO 2016 (KMS)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GAL)	Q (Litros)	CO2 (Ton/Año)	CO (Ton/año)	SO2 (Ton/Año)	NO2 (Ton/Año)	
379	BUSETA	1996	\$ 8.253.437	17306,38	1071,74	4056,52	10,59	19,47	1,62	34,07	
144	BUSETA	2003	\$ 4.647.314	4615,98	603,47	2284,13	5,96	0,23	0,00	0,23	
195	BUSETA	2003	\$ 8.412.222	17702,32	1092,35	4134,56	10,79	0,41	0,00	0,41	
520	BUSETA	2003	\$ 7.566.049	5796,53	982,48	3718,67	9,71	0,37	0,00	0,37	
471	BUSETA	2005	\$ 8.507.240	11060,00	1104,69	4181,26	10,91	0,42	0,00	0,42	
563	BUSETA	2005	\$ 2.176.295	12191,64	282,60	1069,64	2,79	0,11	0,00	0,11	
314	BUSETA	2007	\$ 9.780.788	10572,80	1270,07	4807,20	12,55	0,48	0,00	0,48	
969	BUSETA	2007	\$ 16.773.614	10830,34	2178,11	8244,14	21,52	0,82	0,00	0,82	
889	BUSETA	2008	\$ 3.684.204	15118,34	478,41	1810,77	4,73	0,18	0,00	0,18	
843	BUSETA	2010	\$ 11.716.546	9378,86	1521,43	5758,62	15,03	0,58	0,00	0,58	
805	BUSETA	2013	\$ 29.370.238	4836,78	3813,82	14435,31	37,68	1,44	0,00	1,44	
Total Emisiones								142,25	24,52	1,62	39,12

## Bus.

MOVIL	TIPO	MODELO	TOTAL VL EFECTIVO	DIST/AÑO 2016 (KMS)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (GAL)	Q (Litros)	CO2 (Ton/Año)	CO (Ton/año)	SO2 (Ton/Año)	NO2 (Ton/Año)
557	BUS	1993	\$ 36.222.893	23428,24	4703,66	17803,36	46,47	78,33	7,12	135,31
559	BUS	1993	\$ 3.514.289	8269,06	456,34	1727,25	4,51	7,60	0,69	13,13
757	BUS	1993	\$ 23.174.447	18112,62	3009,28	11390,12	29,73	50,12	4,56	86,56
569	BUS	1994	\$ 2.961.437	5721,54	384,55	1455,53	3,80	6,40	0,58	11,06
418	BUS	1997	\$ 11.492.215	8685,44	1492,30	5648,36	14,74	24,85	2,26	42,93
446	BUS	2003	\$ 11.497.987	18095,40	1493,05	5651,20	14,75	2,26	0,57	3,96
209	BUS	2004	\$ 17.031.622	18365,51	2211,61	8370,95	21,85	3,35	0,84	5,86
1036	BUS	2004	\$ 26.058.244	18855,97	3383,75	12807,49	33,43	5,12	1,28	8,97
194	BUS	2005	\$ 15.448.100	7669,85	2005,99	7592,66	19,82	3,04	0,76	5,31
236	BUS	2005	\$ 13.484.694	10175,48	1751,03	6627,65	17,30	2,65	0,66	4,64
950	BUS	2005	\$ 3.037.908	17018,86	394,48	1493,12	3,90	0,60	0,15	1,05
198	BUS	2006	\$ 7.669.956	19137,17	995,97	3769,74	9,84	1,51	0,38	2,64
424	BUS	2006	\$ 15.083.946	22249,18	1958,70	7413,68	19,35	2,97	0,74	5,19
789	BUS	2006	\$ 20.322.971	14297,30	2639,00	9988,63	26,07	4,00	1,00	6,99
329	BUS	2007	\$ 5.238.932	2294,64	680,29	2574,91	6,72	1,03	0,26	1,80
604	BUS	2007	\$ 19.284.377	22789,57	2504,14	9478,17	24,74	3,79	0,95	6,63
665	BUS	2007	\$ 6.241.527	7615,99	810,48	3067,68	8,01	1,23	0,31	2,15
753	BUS	2008	\$ 16.668.055	14562,24	2164,40	8192,26	21,38	3,28	0,82	5,73
1001	BUS	2008	\$ 11.390.139	5436,00	1479,05	5598,19	14,61	2,24	0,56	3,92
1479	BUS	2009	\$ 12.115.080	15558,18	1573,18	5954,50	15,54	2,38	0,60	4,17
1500	BUS	2009	\$ 14.557.003	9871,03	1890,27	7154,69	18,67	2,86	0,72	5,01
1150	BUS	2011	\$ 21.513.119	19963,25	2793,55	10573,58	27,60	1,06	0,00	1,06
1250	BUS	2011	\$ 24.486.595	12819,90	3179,66	12035,03	31,41	1,20	0,00	1,20
1332	BUS	2011	\$ 15.826.552	10769,07	2055,13	7778,67	20,30	0,78	0,00	0,78
1194	BUS	2012	\$ 23.056.911	16564,43	2994,02	11332,35	29,58	1,13	0,00	1,13
1350	BUS	2012	\$ 19.249.544	15600,40	2499,62	9461,05	24,69	0,95	0,00	0,95
1579	BUS	2012	\$ 28.856.909	15737,95	3747,16	14183,02	37,02	1,42	0,00	1,42
1980	BUS	2012	\$ 19.526.437	19154,05	2535,57	9597,14	25,05	0,96	0,00	0,96
1192	BUS	2014	\$ 27.278.557	14576,58	3542,21	13407,26	34,99	1,34	0,00	1,34
1292	BUS	2014	\$ 21.509.592	10127,31	2793,09	10571,85	27,59	1,06	0,00	1,06
1294	BUS	2014	\$ 27.038.731	6540,20	3511,07	13289,39	34,69	1,33	0,00	1,33
1333	BUS	2014	\$ 14.138.121	30142,04	7701,00	29148,29	76,08	2,91	0,00	2,91
1394	BUS	2014	\$ 25.014.370	7846,67	3248,20	12294,43	32,09	1,23	0,00	1,23
1492	BUS	2014	\$ 28.462.729	10428,81	3695,98	13989,28	36,51	1,40	0,00	1,40
1541	BUS	2014	\$ 22.007.622	16579,79	2857,76	10816,63	28,23	1,08	0,00	1,08
1692	BUS	2014	\$ 5.001.597	43928,84	649,47	2458,26	6,42	0,25	0,00	0,25
1753	BUS	2014	\$ 23.987.232	27142,43	3114,82	11789,60	30,77	1,18	0,00	1,18
1563	BUS	2015	\$ 27.269.600	36050,27	3541,05	13402,86	34,98	1,34	0,00	1,34
1751	BUS	2015	\$ 21.802.296	17878,97	2831,10	10715,71	27,97	1,07	0,00	1,07
1952	BUS	2015	\$ 6.970.381	15701,74	905,13	3425,90	8,94	0,34	0,00	0,34
1984	BUS	2015	\$ 17.783.724	23444,58	2309,27	8740,60	22,81	0,87	0,00	0,87
1992	BUS	2015	\$ 30.746.336	8950,69	3992,51	15111,66	39,44	1,51	0,00	1,51
1037	BUS	2016	\$ 16.893.500	30486,60	2193,68	8303,06	21,67	0,83	0,00	0,83
Total Emisiones							1034,04	234,85	25,78	388,24

ANEXO B.



Ruta actual móvil 604 Colegio Nueva York



Ruta propuesta móvil 604 Colegio Nueva York