



Evaluación del impacto de diferentes escenarios de mejora técnica en la eficiencia energética de la flota del grupo logístico TCC.

Marly Julieth Vargas Rocha

Informe de práctica para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesora

Silvana Arias Arias, Doctora (PhD) (c). Environmental Eng.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita	(Vargas Rocha, 2023)
Referencia	Vargas Rocha, M. J. (2023). <i>Evaluación del impacto de diferentes escenarios de mejora técnica en la eficiencia energética de la flota del grupo logístico TCC</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Créditos a escenario de prácticas empresa Grupo Logístico TCC. Asesora de prácticas Universidad de Antioquia: Silvana Arias Arias.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios por permitirme culminar con éxito mis estudios universitarios y a mi familia por apoyarme en cada momento, alentarme y motivarme a seguir todos los días.

Agradecimientos

Agradezco a la empresa Grupo Logístico TCC por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica académica, a la ingeniera Silvia Natalia Reyes por su apoyo dentro la empresa y a mi asesora Silvana Arias por su asesoramiento y su colaboración en la realización de este trabajo.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	12
3 Metodología	17
4 Resultados	21
4.1 Escenario 1: Combustibles alternativos.	22
4.2 Escenario 2: Inflado de neumáticos con nitrógeno seco.	26
4.3 Escenario 3: Impacto de la eco conducción en la eficiencia energética.	27
5 Análisis	27
6 Conclusiones	30
Referencias	31
Anexos	35

Lista de tablas

Tabla 1. Revisión bibliográfica de escenarios planteados para mejorar la eficiencia energética.	14
Tabla 2. Escenarios planteados para la evaluación de la eficiencia energética dentro del grupo logístico TCC.	19
Tabla 3. Ventajas de Biodiesel y Green Diesel	19
Tabla 4. Datos de LHV para Biodiésel (B20, B30) Green Diesel (HVO20 y HVO30).	21
Tabla 5. Cambio en la eficiencia cuando se reemplaza una fracción de combustible fósil por biocombustibles.	22
Tabla 6. Rendimiento de combustible esperado con el uso de B20 y B30.	22
Tabla 7. Rendimiento de combustible esperado con el uso de HVO20 y HVO30.	23
Tabla 8. Emisiones de gCO ₂ e/km para las mezclas de biocombustibles (B0, B20 y B30).	24
Tabla 9. Emisiones de gCO ₂ e/km para las mezclas de green diesel (HVO0, HVO20 y HVO30)	25
Tabla 10. Rendimiento de combustible esperado con el inflado de neumáticos con nitrógeno seco.	26

Siglas, acrónimos y abreviaturas

B20	20% de biodiesel, 80% de diésel
B30	30% de biodiesel, 70% de diésel
CO	Monóxido de Carbono
CO2	Dióxido de Carbono
COP26	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
GEI	Gases de Efecto Invernadero
HVO20	Aceite Vegetal Hidrotratado 20% de HVO y 80% Diésel
HVO30	Aceite Vegetal Hidrotratado 30% de HVO y 70% Diésel
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
LHV	Valor Calorífico Inferior
NOx	Óxidos de Nitrógeno
PIB	Producto Interno Bruto
SOx	óxidos de Azufre
TCC	Transportadora Comercial Colombia S.A
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

El sector del transporte de carga por carretera es un gran consumidor de energía representando un 40% de la energía del país y el 96% de esa energía se concentra en el consumo de combustibles fósiles. Es por esta razón que la eficiencia energética ha cobrado fuerza en los últimos años debido al cambio climático y los problemas energéticos. Este sector tiene grandes desafíos como la reducción de gases de efecto invernadero, la sustitución parcial y progresivamente total de los combustibles fósiles y el fortalecimiento de las estructuras de gestión.

El Grupo Logístico TCC cuenta con una amplia flota de vehículos de carga lo que ha generado que este sector sea un importante emisor de GEI a nivel local y nacional debido a su capacidad operativa.

En este informe se presenta una evaluación el impacto de escenarios de mejora técnica en la flota del grupo TCC, determinando panoramas de mejora en la eficiencia energética de la compañía; para esto se realizó un diagnóstico y clasificación de la flota, revisión de los escenarios como el uso de mezclas con biocombustibles de baja huella de carbono, biodiesel (B) y green diesel (HVO), inflado de neumáticos con nitrógeno seco y el impacto de la eco-conducción, de esta manera se realizó el cálculo de la eficiencia para mezclas B20, B30 y HVO20, HVO30, así como para el inflado de neumáticos y se hizo análisis de la eco-conducción. En cuanto a eficiencia se encontró que la mezcla B20 proporcionó menor consumo de combustible comparada con B30, así como la mezcla HVO20, en cuanto al inflado de neumáticos con nitrógeno se obtuvo un rendimiento de hasta de un 3,3% según a la literatura consultada.

Palabras clave: transporte de carga, eficiencia energética, emisiones GEI, biocombustibles, green diésel, nitrógeno seco, eco-conducción.

Abstract

The road freight transport sector is a large energy consumer, representing 40% of the country's energy and 96% of that energy is concentrated in the consumption of fossil fuels. It is for this reason that energy efficiency has gained momentum in recent years due to climate change and energy problems. This sector has great challenges such as the reduction of greenhouse gases, the partial and progressive total substitution of fossil fuels and the strengthening of management structures.

The TCC Logistics Group has a large fleet of cargo vehicles, which has made this sector an important GHGs emitter at the local and national level due to its operational capacity.

This report evaluated the impact of technical improvement scenarios on the fleet, determining scenarios for improvement in the company's energy efficiency; For this, a diagnosis and classification of the fleet was carried out, a review of the scenarios such as biodiesel and green diesel, tire inflation with dry nitrogen and the impact of eco-driving, in this way the calculation of the efficiency for B20, B30 and HVO20, HVO30, mixtures was carried out, as well as for tire inflation and eco-driving analysis was made. Regarding efficiency, it was found that the B20 mixture provided lower fuel consumption compared to B30, as well as the HVO20 mixture, regarding the inflation of tires with nitrogen, a performance of up to 3.3% was obtained due to the literature consulted.

Keywords: Freight transportation, energy efficiency, GHG emissions, biofuels, green diesel, dry nitrogen, eco-driving.

Introducción

El sector transporte es uno de los más importantes a nivel global ya que tiene gran impacto en el desarrollo económico y social de un país, además influye de manera drástica en la productividad y eficiencia de las empresas generando de esta manera un desarrollo regional y local (Ministerio de Energía y Minería, Argentina, 2017).

Es importante destacar que el sector transporte es además un gran consumidor de energía, como lo menciona el Ministerio de Minas y Energía representando así un 40% de la energía del país y el 96% de esa energía se concentra en el consumo de combustibles fósiles. Debido a esta situación este sector económico concentra el 54% del total de las pérdidas en energía por motivos de bajo rendimiento, con un costo aproximado de 3.000 millones de dólares anuales.

Según lo indicado por el IDEAM en el Inventario Nacional de GEI, el sector transporte es el responsable del 12% de las emisiones del país, lo que corresponde al equivalente de 28 millones de toneladas de dióxido de carbono. De esta manera Colombia en la última cumbre mundial de cambio climático COP26, reafirmó su compromiso de reducir en 51% estas emisiones para 2030; los cambios tecnológicos además de la incorporación de nuevos energéticos serán claves para lograr dicha meta en la que se permitirá migrar hacia un transporte sostenible y bajo en carbono (Ministerio de Minas y Energía, 2021).

El Grupo Logístico TCC en Colombia no es ajeno a la problemática que actualmente enfrenta el mundo y es la reducción de las emisiones de GEI ya que al ser una empresa de gran trayectoria en el transporte de carga por carretera lo hace unos de los principales emisores a nivel local y nacional debido a su capacidad operativa y el modo de transporte intensivo en el uso de energía.

La eficiencia energética es un factor importante a tener en cuenta a largo plazo por parte del grupo logístico TCC, dado que además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero podrá optimizar su consumo energético sin poner en riesgo el servicio y operación de la compañía, asimismo las fuentes de energía tradicionales tienen un carácter limitado siendo cada día más

costosas, por lo que a nivel productivo las empresas cada vez más deben apostar a iniciativas que sirvan como guía de ahorro y a su vez contribuyan al sostenimiento del planeta.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente mencionada este informe evaluó el impacto de diferentes escenarios de mejora técnica en la flota del grupo logístico TCC determinando panoramas que mejoren la eficiencia energética de la compañía y de esta manera lograr una disminución en las GEI.

Este informe evaluó el impacto de escenarios de mejora técnica en la flota determinando panoramas de mejora en la eficiencia energética de la compañía; para esto se realizó un diagnóstico y clasificación de la flota, una revisión bibliográfica de los escenarios a contemplar como biodiesel y green diesel e inflado de neumáticos con nitrógeno seco, de esta manera se realizó el cálculo de la eficiencia para mezclas B20, B30 y HVO20, HVO30, así como para el inflado de neumáticos. En cuanto a eficiencia se encontró que la mezcla B20 proporcionó menor consumo de combustible comparada con B30, así como la mezcla HVO20, entre estas dos alternativas la que mejor presentó resultados fue la del green diesel dado a que el cambio en la eficiencia era menor. En cuanto al inflado de neumáticos con nitrógeno se obtuvo un rendimiento de hasta de un 3,3% según a la literatura consultada.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de diferentes escenarios de mejora técnica en la flota del grupo logístico TCC con el fin de determinar panoramas que mejoren la eficiencia energética de la compañía.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la flota del grupo logístico TCC, de acuerdo con las características técnicas, energéticas y operaciones de los vehículos.
- Plantear escenarios de mejora técnica de acuerdo con las características de la flota y la revisión de literatura.
- Proponer alternativas de eficiencia energética para una parte de la flota del Grupo Logístico TCC.
- Evaluar la eficiencia energética de cada uno de los escenarios de mejora técnica planteados.

2 Marco teórico

En Colombia el transporte terrestre ha mantenido una participación entre el 2,4% y 3,3% en el PIB nacional en la última década (DANE, 2018). Por otro lado, según cifras de producción de 2017 de la Matriz de Balance Oferta - Utilización del DANE, el transporte de carga representa cerca del 35% de la oferta de servicios de transporte terrestre (Rincón, 2019).

En ese sentido, el transporte está llamado a constituirse en un actor central en la dinámica transformadora, debido a su peso en la matriz de consumo energético ya que más del 35% de la demanda nacional es consumida por este sector, ubicándose por encima del consumo de los sectores industrial, comercial, residencial, agropecuario, minero y de construcción. Dentro del consumo energético del sector transporte, el 82 % corresponde al transporte de carretera y de esa fracción el 50% es debido al consumo de combustible diésel del transporte de carga (representando un 13% del consumo energético nacional) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

En términos de eficiencia energética se puede referir a la capacidad para la obtención de mejores resultados en cualquier actividad con la menor cantidad de recursos energéticos empleados. De tal manera que la eficiencia de una máquina depende en este caso, entre muchos otros factores, de la calidad de energía consumida (Villalobos y Wilmsmeier, 2016). Por ejemplo, un motor diésel tiene una eficiencia energética aproximada entre 30 y 45% (Kuberczyk et al, 2009), motores eléctricos puede tener una eficiencia energética de conversión hasta un 96% (Nozawa, 2009).

El transporte ha generado impactos sociales, ambientales y económicos dado que, no solo es de los mayores generadores de GEI, además es responsable de 44% del consumo energético nacional, siendo el combustible fósil la principal fuente de energía (Castillo et al., 2019).

De lo anterior es importante destacar el papel que cumplen hoy en día las empresas de transporte de carga en Colombia y su mayor desafío en términos de eficiencia energética lo cual implica una reducción significativa en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es fundamental que dentro de cada compañía exista el programa de eficiencia energética en el que se destaque la excelencia operacional, una adecuada gestión en cada uno de sus procesos,

información, seguimiento y mejora continua, en base a indicadores concretos, monitoreables y evaluables a lo largo del tiempo (Villalobos, 2010).

De manera general se debe operar con una flota adecuada, la menor cantidad de kilómetros, transportando la mayor cantidad de carga por kilómetro y con los mejores estándares de rendimiento de combustible de esta manera se disminuyen los costos operacionales por ahorro de combustible y prolonga la vida útil del vehículo, uso de combustibles más limpios y un mantenimiento eficaz; además se tendría una mayor eficiencia energética lo que implica una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero, y emisiones de impacto local (material particulado, NOx, SOx entre otros) (Villalobos, 2010).

Además, para este tipo de compañías en la que hoy en día se sigue dependiendo de los combustibles fósiles, es fundamental operar la flota mediante estrategias efectivas como la conducción ecológica en las que se disminuye el consumo de combustible y las emisiones mostrando ahorros que van del 0% al 18%, al disminuir el consumo se tiene un aumento en la eficiencia energética de la totalidad de la flota. (Díaz-Ramírez et al., 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, Díaz-Ramírez et al. (2017) propusieron programas de formación en conducción ecológica que van de lo teórico a lo práctico para conductores con el fin de tener un menor consumo de combustible y una conducción más segura, pero su éxito depende de la manera en la que las empresas desarrollen este tipo de herramientas y evalúen los estilos de conducción ecológica de sus conductores con el fin de mantenerse en el tiempo.

Es importante mencionar que la eficiencia energética además de contribuir a la disminución de GEI para las empresas del transporte de carga comprende otros factores que son fundamentales en su crecimiento como disminuir los costos de operación, mejorar la productividad a nivel interno y desarrollar más y mejores servicios.

Dentro de las estrategias del programa de eficiencia energética planteadas se debe involucrar los combustibles alternativos como el biodiésel y diésel renovable (green diésel) dado que pueden ser utilizados para reemplazar el petróleo, diésel, y bencina ya que la materia prima proviene de aceites vegetales, aceites de cocina reciclados, o grasa animal y da la oportunidad de reducir en mínimo un 20% las emisiones de CO₂; al mismo tiempo que al realizar mejoras

aerodinámicas de los vehículos ayuda drásticamente la eficiencia de combustible en velocidades del recorrido por carretera. La reducción del peso en vacío es otro componente fundamental ya que al reducir el peso del vehículo se puede lograr cambiando algunos de los componentes del camión y del remolque por materiales más ligeros. Por último, la gestión de neumáticos se presenta como alternativa de mejora debido a que una baja presión de neumáticos redundaría en una mayor resistencia a la rodadura, un peor comportamiento en curvas y un aumento de su temperatura de trabajo por lo que, además de aumentar el consumo, aumentan las posibilidades de accidentes. De esta manera las medidas que han demostrado mayor efectividad son el inflado de neumáticos con nitrógeno seco y el inflado automático de neumáticos ante variaciones en los niveles de presión.

Finalmente, de las estrategias de mejora en la eficiencia a considerar es la formación en conducción ecológica que se mencionó anteriormente.

En la siguiente tabla se presenta una revisión bibliográfica de los escenarios que plantearon y evaluaron en este informe.

Tabla 1. *Revisión bibliográfica de escenarios planteados para mejorar la eficiencia energética.*

Parámetro que influye en la eficiencia energética	Análisis realizado en la literatura	Referencia
Consumo de combustible (kg/galón).	<p>En Distintos estudios se han dado a conocer los efectos del Biodiesel en el motor diésel.</p> <p>En estos estudios se probaron diferentes mezclas de biodiesel variándolo entre 20% (B20) y 100% (B100), de esta manera se encontró que, respecto al consumo para bajas concentraciones de biodiesel, el consumo de combustible se mantiene igual que para el diésel, por otra parte, el uso del biodiesel puede dar pequeñas reducciones en el consumo (4-6%) aun cuando éste presente mucha menor energía disponible para la combustión.</p> <p>En cuanto a la potencia del motor el aumento de la concentración de biodiesel (A partir de aceite de cocina usado) en las mezclas hace que la potencia disminuya, además de la eficiencia térmica principalmente por la reducción en el valor calorífico de biodiesel en comparación con el diésel, la cual es aproximadamente de 13.3-13.5%.</p>	<p>(Quintero et al., 2014).</p> <p>(López, 2003).</p>

Eficiencia térmica (%)	Según Fazal la máxima eficiencia térmica se ha reportado en mezclas B20 y B40, mientras B100 registró un peor rendimiento. Se encontró que el B20 es la mezcla óptima de biodiesel dando una pérdida no significativa en la eficiencia térmica teniendo valores para el biodiesel 26,30% en comparación con el diésel 27.82%.	(Fazal, 2011).
Poder calorífico inferior (LHV) (MJ/kg).	La potencia del motor tiende a ser mayor cuando el porcentaje de mezcla de biodiesel en proporción al diésel es más pequeño, esto debido al bajo poder calorífico del biocombustible en comparación con el de origen fósil.	(Herrera et al., 2020).
Rendimiento del combustible (kg/galón).	Las operaciones de B20 presentan los mejores resultados para el rendimiento del motor y las emisiones de escape. En esta mezcla las emisiones de CO y el consumo específico de combustible disminuyeron en aproximadamente 7.1 y 8.2 %, respectivamente, en comparación con los experimentos con diésel puro. La eficacia del motor se incrementó en un 13,7%.	(Ceviz et al., 2011).
Emisiones contaminantes (Kg/Km)	Reducción de emisiones contaminantes. La combustión del biodiesel es en general, más eficaz que en el caso del gasóleo, debido a la presencia de oxígeno en las moléculas del éster metílico. Por tanto, las partículas y CO tienen tendencia a disminuir, mientras que los HC y NOX aumentan ligeramente.	(Mateo, 2010).
Consumo de combustible (km/l).	Las innovaciones tanto en el motor como en la tecnología del camión pueden mejorar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones de CO ₂ , tales como: fuentes de energía, motores y resistencias tractoras. Los motores de camiones de hoy en día tienen una alta eficiencia termodinámica, sin embargo, es posible disminuir el consumo de combustible a unos 25 litros por cada 100 km con medidas como, reducción del tamaño del motor, reducción de la resistencia aerodinámica, reducción de resistencia al rodado, y mejoramiento la eficiencia de los sistemas auxiliares.	(Villalobos et al., 2016).
Eficiencia del combustible (%)	<p>El inflado exclusivo con Nitrógeno ayuda a un mejor mantenimiento de la presión de los neumáticos (el oxígeno se disipa 3 veces más rápido a través del neumático que el Nitrógeno). El oxígeno conserva el calor mientras que el Nitrógeno lo dispersa y por lo tanto ayuda a mantener constante la presión de este.</p> <p>La vida del neumático aumenta, lo que a la larga nos supondrá también un ahorro.</p> <p>El Nitrógeno evita la oxidación de la llanta y el cinturón de acero. El hecho de que no haya</p>	(Paucar, 2012).

	<p>oxidación con el Nitrógeno ayuda a aumentar la vida del caucho y a conservar la flexibilidad de este, además el nitrógeno en los neumáticos mantiene la presión adecuada, lo que mantiene la presión recomendada y reduce la resistencia al rodamiento, que se traduce en mejor economía del combustible.</p> <p>El inflado con Nitrógeno seco mejora la eficiencia del combustible en un 3,3%.</p>	
<p>Eficiencia del gas para inflado de neumáticos (%)</p>	<p>Los neumáticos inflados con aire tienden a perder la presión interna y aumentar la temperatura con mayor facilidad que los neumáticos inflados con nitrógeno, ya que estos mantienen los niveles de presión interna óptimos y la temperatura por mayor tiempo, aumentando así la vida útil de los neumáticos.</p> <p>El desgaste de los neumáticos inflados con aire tiene un promedio aproximado de 1,31 mm por cada 12127 km recorridos, en cambio los neumáticos inflados con nitrógeno tienen un promedio aproximado de 0,98 mm por el mismo número de kilómetros.</p> <p>Analizando parámetros de presión, temperatura y desgaste de los neumáticos que fueron inflados con aire y nitrógeno, se verifica que el gas más eficiente para el inflado de los neumáticos es el nitrógeno ya que otorga mayores prestaciones que el aire en los parámetros analizados.</p>	<p>(Lemache-Caiza, 2021).</p>
<p>Consumo de combustible (litros por tonelada-100 km) y emisiones (Kg/km)</p>	<p>La conducción eficiente de vehículos ha surgido como una de las estrategias más efectivas para disminuir el consumo de combustible y las emisiones, mostrando ahorros que van del 0% al 18%.</p> <p>los programas de formación en conducción ecológica para conductores son el factor clave para mejorar una conducción más segura y un menor consumo de combustible.</p>	<p>(Díaz-Ramírez et al., 2017).</p>
<p>Consumo de combustible (Km/l)</p>	<p>El efecto de la conducción eficiente realizando recorridos con distancias predeterminadas en un dinamómetro de rodillos, encontrando que realizar cambios suaves de aceleración y mantener una velocidad constante podrían generar una reducción de hasta un 11,7 %.</p>	<p>(Castillo et al., 2019).</p>
<p>Contenido de azufre (ppm)</p>	<p>A partir del 1 de enero de 2023 las fuentes móviles terrestres con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensambren o importen al país, con rango de operación nacional, tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de</p>	<p>(Ministerio del Medio Ambiente, 2019).</p>

	contaminantes al aire correspondientes a tecnologías Euro VI, su equivalente o superiores	
Emisión de NO _x (g NO _x /Km)	Las normas de emisiones Euro 6/VI señalaron específicamente que es necesaria una “reducción considerable de las emisiones de NO _x [óxidos de nitrógeno] de los vehículos diésel para mejorar la calidad del aire y cumplir con los valores límite de contaminación del aire”.	(Williams M et al., 2016).

3 Metodología

El estudio se realizó en la ciudad de Medellín, departamento de Antioquia. El diagnóstico, levantamiento de información y posterior análisis se ejecutó en las instalaciones del Grupo Logístico TCC, Regional Medellín.

El desarrollo de la propuesta se dividió en las siguientes cuatro fases:

FASE 1

Actividad 1: Diagnóstico de la flota en operación del Grupo Logístico TCC

En esta fase se llevó a cabo la recolección de la información relacionada a la totalidad de la flota que opera en el Grupo Logístico TCC para la regional Medellín, tal como el número de camiones, tipo de vehículo, línea, modelo, tipo de combustible y rendimiento. Esta información fue suministrada por la coordinación de flota, la cual se encarga de planificar las cargas y gestionar los medios de transporte, así como el mantenimiento de los vehículos.

Actividad 2: Clasificación y organización de la información relacionada con la totalidad de la flota.

Para desarrollar esta fase primero se clasificó la información según el tipo de combustible que usa los vehículos como: diésel, gasolina y eléctrico y después según el tipo de vehículo como: camión NKR, camión NPR, camión HINO, camión INTERNATIONAL, camión KENWORTH, camión STARK, camioneta JUMPER, camioneta RENAULT KANGOO POWER, minimula

KENWORTH T460, tractomula INTERNATIONAL EAGLE, tractomula KENWORTH T-800, montacarga TOYOTA, la información se presenta y se consolida en el anexo 1.

Dentro de la clasificación de la información se descartaron los datos incompletos como, por ejemplo, los vehículos que no tenían definida la sede, ya que estos valores podrían influir en el análisis y resultados del estudio.

FASE 2

Actividad 1: Realizar revisión de literatura continua para analizar los posibles escenarios.

En la revisión de literatura se tiene en cuenta la referenciación nacional e internacional de empresas del sector transporte, además de estudios de tendencias en movilidad sostenible y se realiza una revisión de la hoja de ruta de transición energética del gobierno nacional.

La búsqueda de la información se realizó en los motores de búsqueda: ResearchGate, ScienceDirect, Google Scholar entre otras, además de fuentes gubernamentales que proporcionaron un contexto real y actualizado sobre el sector transporte en el país. La literatura consultada se buscó de los últimos 10 años para garantizar una información actualizada y veraz, además se empleó la estrategia de buscar por palabras claves que permitieran encontrar información de manera ágil y concreta relacionado con el tema de interés.

Los resultados de la revisión se muestran en la Tabla 1 del marco teórico.

FASE 3

Actividad 1: Planteamiento de escenarios eficientes energéticamente para el transporte de carga por carretera.

Con la revisión de literatura se identificaron diferentes escenarios que permitieron tener un panorama de posibles circunstancias favorables y desfavorables en el sector transporte en términos de emisiones y de eficiencia energética. Para fines prácticos y por disponibilidad de la información,

se plantearon y evaluaron tres escenarios que permitieron la comparación y el análisis de la flota de vehículos en términos de eficiencia energética del grupo logístico TCC (ver tabla 2).

Tabla 2. *Escenarios planteados para la evaluación de la eficiencia energética dentro del grupo logístico TCC.*

1.	Combustibles alternativos
2.	Inflado de neumáticos con nitrógeno seco
2.	Impacto de la eco conducción en la eficiencia energética.

Respecto a los combustibles alternativos se consideraron mezclas de biodiesel mezclados al 20 y 30% en volumen con diésel fósil (B20 y B30) y aceite vegetal hidrotratado o green diesel en las mismas mezclas (HVO20 y HVO30) debido a la mejora de la eficiencia y el rendimiento del motor y las emisiones de escape.

La tabla 3 muestra las propiedades esenciales, ventajas del Biodiesel y el Green Diesel.

Tabla 3. *Ventajas de Biodiesel y Green Diesel*

BIODIESEL	GREEN DIESEL (HVO)
La materia prima básica para la producción de biodiesel es el aceite vegetal de las semillas de varios cultivos como el girasol, la colza, la soja, la jatropha, etc.	El diesel verde es producido a través del hidrotratamiento catalítico de aceites vegetales que produce un combustible diesel parafínico, también conocido como aceite vegetal hidrotratado o HVO.
El biodiesel frecuentemente es usado como una mezcla en lugar de puro. Las mezclas de biodiésel hasta B20 se pueden utilizar en casi todos los motores diésel y son compatibles con la mayoría de los equipos de almacenamiento y distribución.	Se puede administrar sin ningún cambio en los sistemas de combustible de los motores, además se puede usar puro o mezclado sin mayores preocupaciones sobre las modificaciones y el rendimiento del motor.
El biodiésel, un combustible limpio y renovable, ha sido considerado recientemente como el mejor candidato para sustituir al diésel.	El diésel verde no debe confundirse con el biodiésel ya que se produce mediante hidroprocesamiento catalítico de aceites y grasas vegetales y no mediante transesterificación.
El biodiésel tiene muy buenas propiedades como combustible como sustituto del diésel ya que su poder calorífico oscila entre 37 y 43 MJ/kg, lo que cumple con los estándares diésel.	Se caracteriza por un poder calorífico inferior (LHV) y una densidad más altos que el combustible diesel estándar, relacionado con un alto contenido de parafina, con una tendencia descendente del consumo de combustible basado en la masa. En términos de rendimiento, es prácticamente igual que el diesel.

El biodiésel tiene muchas propiedades beneficiosas para el medio ambiente, ya que tiene el potencial de ser un combustible "carbono neutral".	El uso de diésel renovable puro directamente en los motores es una estrategia posible que no compromete la eficiencia de la combustión y da como resultado emisiones de GEI considerablemente más bajas.
El uso de biocombustibles genera bajos niveles de emisiones en gases de efecto invernadero como CO ₂ , NO _x , SO _x y material particulado (MP).	Se ha demostrado que el uso de green diesel puro o mezclado puede reducir las emisiones de NO _x , monóxido de carbono (CO), hidrocarburos totales (THC) y MP.

El inflado de neumáticos con nitrógeno seco se estimó dado que mejora la eficiencia del combustible hasta en un 3,3% (Paucar, 2012), se consideró esta opción porque se tiene en cuenta una pieza mecánica del vehículo que no involucra combustible pero que repercute directamente sobre su rendimiento.

En cuanto a la estrategia del impacto de la eco conducción en la eficiencia energética. Se determinó en varios estudios que es una de las más viables para implementar en Colombia debido a que está orientada al cambio en el comportamiento del conductor y al conocimiento adquiridos en los programas de capacitación por esta razón su beneficio tiende a ser alto. además, es importante mencionar que este tipo de formación en eco conducción es conceptual y practica con el fin de tener una conducción más segura y se logre un menor consumo de combustible. (Castillo et al., 2019).

FASE 4

Actividad 1: Cálculo Eficiencia energética con los escenarios planteados.

Escenario 1: Combustibles alternativos

De los escenarios planteados se tuvieron en cuenta los biocombustibles alternativos B20, B30, así como el Green Diesel HVO20 y HVO30 los cuales fueron elegidos debido a las diversas ventajas que se mencionaron anteriormente.

Dentro de las propiedades con gran ventaja de estos Biocombustibles y Green Diesel se encuentran densidades de energía similares a las del Diesel convencional y además un alto poder

calorífico lo que hace que sean una muy buena alternativa en términos de mejoras en la eficiencia energética.

En las mezclas con biocombustibles es importante mencionar que la eficiencia está inversamente relacionada con el consumo y a su vez el consumo está inversamente relacionado con el poder calorífico inferior (LHV), por lo tanto, la eficiencia está directamente relacionada con el LHV, es decir, se asume que una disminución en el poder calorífico supone una disminución en la eficiencia dado que se aumenta el consumo de combustible para lograr la misma potencia del motor.

De la literatura consultada se tiene el poder calorífico de cada una de las mezclas ya que el consumo está relacionado con este, de esta manera se calcula el cambio en la eficiencia para cada de ellos.

Tabla 4. Datos de LHV para Biodiésel (B20, B30) Green Diesel (HVO20 y HVO30).

Biodiesel			Green Diesel		
Mezcla	LHV (MJ/kg)	Densidad (kg/m ³)	Mezcla	LHV(MJ/kg)	Densidad (kg/m ³)
B0	42,83	836.8	HVO0	43.96	780
B20	41,87	845	HVO20	43.69	820
B30	41,16	849	HVO30	43.61	812

*Los datos del LHV son iguales al promedio de 10 datos reportados en la literatura.

Escenario 2: Inflado de neumáticos con nitrógeno seco.

Se calcula el rendimiento actual que se tiene de los datos de la flota de TCC y se aumenta en un 3.3% de acuerdo a la literatura consultada.

4 Resultados

Una vez presentados en las secciones previas los antecedentes teóricos y la metodología, en este apartado se muestran los resultados que se obtuvieron para cada uno de los escenarios planteados.

4.1 Escenario 1: Combustibles alternativos.

A continuación, se presentan los cálculos realizados con el fin de analizar la variación en el consumo al utilizar Biocombustibles B20 y B30 y Green Diesel.

Tabla 5. Cambio en la eficiencia cuando se reemplaza una fracción de combustible fósil por biocombustibles.

Biodiesel		Green Diésel (HVO)	
Mezcla	Cambio en la eficiencia	Mezcla	Cambio en la eficiencia
B0	0	HVO0	0
B20	-2.24%	HVO20	-0.6%
B30	-3.89%	HVO30	-0.8%

Con el rendimiento de cada uno de los vehículos de la flota se aumentó el consumo en un 2.24% y en un 3.89% en este caso para B20 Y B30 y un 0.6% y 0.8% para HVO20 Y HVO30 respectivamente.

Para determinar el cambio de la eficiencia cuando se reemplaza una fracción de combustible fósil por biocombustible (biodiesel y el Green diésel) se usó el valor calorífico inferior del biodiesel y del Green diésel puro y se comparó al B20 y al B30 y al HVO20 y al HVO30 respectivamente, lo cual junto a los datos proporcionados del rendimiento (km/galón) de cada uno de los vehículos se obtuvo el rendimiento esperado para cada tipo de vehículo (ver tabla 6 y 7).

Tabla 6. Rendimiento de combustible esperado con el uso de B20 y B30.

Número de camiones	Tipo de vehículo	Descripción	Linea	Modelo	Combustible	Rendimiento de combustible (km/galón)	Consumo de combustible esperado b20 (km/galón)	Consumo de combustible esperado b30 (km/galón)
8	Camión	CAMION CHEVROLET	NKR III	2012	Diesel	20.80	20.33	19.99
27	Camión	CAMION CHEVROLET	NPR	2012	Diesel	17.10	16.72	16.43
3	Camión	CAMION HINO	HINO DUTRO	2011	Diesel	18.40	17.99	17.68
5	Camión	CAMION INTERNATIONAL	INTERNATIONAL 4700	1997	Diesel	8.90	8.70	8.55
1	Camión	CAMION KENWORTH	KENWORTH T300	2007	Diesel	11.50	11.24	11.05

18	Camioneta	CAMIONETA-CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	23.30	22.78	22.39
9	Minimula	KENWORTH	T460	2013	Diesel	6.70	6.55	6.44
45	Tractomula	KENWORTH	T-800	1997	Diesel	7.89	7.72	7.59

Cuando se reemplaza una fracción de combustible fósil por un 20% de Biodiesel la eficiencia disminuye el 2.24% ya que su poder calorífico al ser menor hace que aumente el consumo y por tal razón disminuya la eficiencia y de la misma manera ocurre con la mezcla B30 disminuyendo la eficiencia en un 3.89%.

La mejor relación de mezcla que indicó esta comparativa fue el del biocombustible B20, debido a que se busca un punto donde el porcentaje de biocombustible sea mayor, pero sin ver afectadas las variables que abarcan la tendencia del rendimiento en el motor de combustión interna, de esta manera se tiene un cambio significativo con la variable consumo de la mezcla B30 comparada con la de B20 donde se puede identificar que este tuvo un menor consumo de combustible esperado en todos los tipos de vehículos respecto a B30 y a su vez una mayor eficiencia energética.

Tabla 7. Rendimiento de combustible esperado con el uso de HVO20 y HVO30.

Número de camiones	Tipo de vehículo	Descripción	Línea	Modelo	Combustible	Rendimiento de combustible (km/galón)	Consumo de combustible esperado HVO20 (km/galón)	Consumo de combustible esperado HVO30 (km/galón)
8	Camión	CAMION CHEVROLET	NKR III	2012	Diesel	20.8	20.68	20.63
27	Camión	CAMION CHEVROLET	NPR	2012	Diesel	17.1	17.00	16.96
3	Camión	CAMION HINO	HINO DUTRO	2011	Diesel	18.4	18.29	18.25
5	Camión	CAMION INTERNACIONAL	INTERNACIONAL 4700	1997	Diesel	8.9	8.85	8.83
1	Camión	CAMION KENWORTH	KENWORTH T300	2007	Diesel	11.5	11.43	11.41
18	Camioneta	CAMIONETA-CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	23.3	23.16	23.11
9	Minimula	KENWORTH	T460	2013	Diesel	6.7	6.66	6.65
45	Tractomula	KENWORTH	T-800	1997	Diesel	7.9	7.85	7.83

Para Green Diesel 100% no hay cambio en la eficiencia, con un 20% de Green Diesel la eficiencia disminuyó el 0.6% ya que su poder calorífico al ser menor hace que aumente el consumo y por tal razón disminuya la eficiencia y de la misma manera ocurre con la mezcla HVO30 disminuyendo la eficiencia en un 0.8%.

La mejor relación de mezcla fue la del Green Diesel HVO20, ya que la variable consumo de combustible esperado HVO20 comparada con la de HVO30 tuvo un menor consumo en todos los tipos de vehículos respecto a HVO30 y a su vez una mayor eficiencia energética.

Por otro lado, es importante resaltar las emisiones de CO₂ para cada uno de los combustibles, las cuales se presentan en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Emisiones de gCO₂e/km para las mezclas de biocombustibles (B0, B20 y B30).

Línea	Consumo de combustible B0 (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/km
NKR III	0.15	42.83	79.93	520.6
NPR	0.18	42.83	79.93	633.25
HINO DUTRO	0.17	42.83	79.93	588.51
INTERNATIONAL 4700	0.36	42.83	79.93	1216.69
KENWORTH T300	0.28	42.83	79.93	941.62
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.14	42.83	79.93	464.75
T460	0.47	42.83	79.93	1616.21
T-800	0.40	42.83	79.93	1372.44

Línea	Consumo de combustible B20 (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/km
NKR III	0.16	41.87	76.125	500.7
NPR	0.19	41.87	76.125	609.0
HINO DUTRO	0.18	41.87	76.125	566.0
INTERNATIONAL 4700	0.37	41.87	76.125	1170.1
KENWORTH T300	0.28	41.87	76.125	905.6
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.14	41.87	76.125	447.0
T460	0.49	41.87	76.125	1554.3
T-800	0.41	41.87	76.125	1319.2

Línea	Consumo de combustible B30 (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO ₂ e/MJ	g CO ₂ e/km
NKR III	0.16	41.16	74.13	489.8
NPR	0.20	41.16	74.13	595.8
HINO DUTRO	0.18	41.16	74.13	553.7

INTERNATIONAL 4700	0.38	41.16	74.13	1144.7
KENWORTH T300	0.29	41.16	74.13	885.9
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.14	41.16	74.13	437.3
T460	0.50	41.16	74.13	1520.6
T-800	0.42	41.16	74.13	1290.6

Para determinar las emisiones de gCO_2e/km para cada una de las mezclas de biocombustibles (B0, B20 y B30) se usó el consumo de cada uno en kg/km , el contenido de carbono en CO_2e/MJ y el poder calorífico inferior (LHV) consultados en la literatura, de esta manera se obtuvieron los resultados para cada mezcla. La mezcla que presenta mayores valores en relación al B0 es B20 y en menor medida el B30 (ver tabla 8), esto posiblemente debido a que los biocombustibles contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de los GEI y a mayor proporción menor emisión.

Tabla 9. Emisiones de gCO_2e/km para las mezclas de green diesel (HVO0, HVO20 y HVO30)

Línea	Consumo de combustible HVO (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO_2e/MJ	g CO_2e/km
NKR III	0.14	43.96	75	467.3
NPR	0.17	43.96	75	568.5
HINO DUTRO	0.16	43.96	75	528.3
INTERNATIONAL 4700	0.33	43.96	75	1092.2
KENWORTH T300	0.26	43.96	75	845.3
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.13	43.96	75	417.2
T460	0.44	43.96	75	1450.9
T-800	0.37	43.96	75	1231.4

Línea	Consumo de combustible HVO20 (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO_2e/MJ	g CO_2e/km
NKR III	0.15	43.69	60	393.0
NPR	0.18	43.69	60	478.0
HINO DUTRO	0.17	43.69	60	444.3
INTERNATIONAL 4700	0.35	43.69	60	918.5
KENWORTH T300	0.27	43.69	60	710.8
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.13	43.69	60	350.8
T460	0.47	43.69	60	1220.1
T-800	0.40	43.69	60	1035.5

Línea	Consumo de combustible HVO30 (kg/km)	LHV (MJ/kg)	g CO_2e/MJ	g CO_2e/km
NKR III	0.15	43.61	52.5	340.6

NPR	0.18	43.61	52.5	414.3
HINO DUTRO	0.17	43.61	52.5	385.0
INTERNATIONAL 4700	0.35	43.61	52.5	796.0
KENWORTH T300	0.27	43.61	52.5	616.0
Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	0.13	43.61	52.5	304.0
T460	0.46	43.61	52.5	1057.3
T-800	0.39	43.61	52.5	897.4

De manera similar que se determinó las emisiones de $\text{gCO}_2\text{e}/\text{km}$ para las mezclas de biocombustibles (B0, B20 y B30) se determinó para las mezclas de HVO0, HVO20 y HVO30. La mezcla que presenta mayores valores en relación al HVO0 es HVO y en menor medida el HVO30 (ver tabla 9).

De las tablas 8 y 9 se reflejan las emisiones para cada combustible tanto para biodiesel como green diesel aquí es importante mencionar que los resultados reflejaron que el uso de mezclas para cada uno de los combustibles, especialmente en niveles de mezcla más altos, disminuyeron las emisiones de GEI.

4.2 Escenario 2: Inflado de neumáticos con nitrógeno seco.

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en el rendimiento de los vehículos si el grupo logístico TCC implementara el inflado de los neumáticos de los vehículos con nitrógeno seco.

Tabla 10. Rendimiento de combustible esperado con el inflado de neumáticos con nitrógeno seco.

Número de camiones	Tipo de vehículo	Descripción	Línea	Modelo	Combustible	Rendimiento de combustible (km/galón)	Rendimiento de combustible esperado (km/galón)
8	Camión	CAMION CHEVROLE T	NKR III	2012	Diesel	20,80	21,49
27	Camión	CAMION CHEVROLE T	NPR	2012	Diesel	17,10	17,66
3	Camión	CAMION HINO	HINO DUTRO	2011	Diesel	18,40	19,01

5	Camión	CAMION INTERNACIONAL	INTERNACIONAL 4700	1997	Diesel	8,90	9,19
1	Camión	CAMION KENWORTH	KENWORTH T300	2007	Diesel	11,50	11,88
18	Camioneta	CAMIONETA CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	23,30	24,07
9	Mínimula	KENWORTH	T460	2013	Diesel	6,70	6,92
45	Tractomula	KENWORTH	T-800	1997	Diesel	7,89	8,15

En la tabla anterior fue necesario aumentar en un 3,3% el rendimiento del combustible de la flota de vehículos de carga en la sede Medellín de TCC. Se presentan los distintos rendimientos de combustibles para vehículos a diésel, además, se muestra según la línea y modelo del vehículo.

4.3 Escenario 3: Impacto de la eco conducción en la eficiencia energética.

Se ha demostrado que con la eco conducción implementando programas de formación en conductores y teniendo en cuenta diversas variables se reduce considerablemente el consumo de combustible en carretera y las emisiones de CO₂; de esta manera en diversos estudios al evaluar estos factores la eco conducción presentó una reducción promedio de 6,8% cuando se mide en (l/t-100 km) y de 5,5% cuando se mide en (l/100 km-toneladas transportadas) (Díaz-Ramírez, 2017).

Según el Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle De Aburrá para el año 2018 con el estilo de conducción eco-eficiente pueden obtenerse ahorros de combustible entre 5-15% y asumiendo el porcentaje mayor, entre todos los camiones, se podría ahorrar 20.910 galones de diésel en un año y una disminución de emisiones de CO₂ entre un 15-20% pasando de aportar 74% del total de emisiones de CO₂ en el valle de Aburrá, al 69%.

5 Análisis

Aunque la eficiencia del combustible B20 y B30 respecto al B0 disminuye en un 2,24% y en un 3,89% respectivamente, está perdida se compensa en que los biocombustibles son una fuente de energía renovable contrario a los combustibles fósiles que desaparecerán en un futuro y no podrán satisfacer la demanda necesaria para el uso de los vehículos, además de que se pueden usar en motores diesel existentes sin realizar cambios que ameriten modificaciones importantes y que

disminuyen los GEI como se evidencia en las tablas 8 y 9 lo cual contribuye a la disminución del calentamiento global y a la preservación del medio ambiente.

Para el Green Diesel HVO20 y HVO30 en los camiones de línea NKR III se obtuvieron datos de consumos de combustible de 20.9 km/galón y de 21.0 km/galón respectivamente, lo que indica que se tuvo una mayor eficiencia energética en la mezcla HVO20, sin embargo, es importante destacar que entre estos dos resultados se aprecia una diferencia de tan solo 0.1 km/galón. De la misma manera ocurrió con las líneas de camiones Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT, T460 y T-800 donde se obtuvieron valores de consumo esperado de 23.4 km/galón y 23.5 km/galón para HVO20 y HVO30 y resultó siendo más eficiente el HVO20 y con tan solo una diferencia de 0.1 km/galón como se presentó en la línea NKR III.

Para las líneas de camiones NPR, HINO DUTRO, INTERNATIONAL 4700 y KENWORTH T300 los valores en consumo esperado se mantuvieron iguales no se presentó diferencia de aumento de combustible entre HVO20 y HVO30, lo que implica que en este tipo de vehículos la eficiencia disminuya muy poco debido a que su poder calorífico inferior es menor al HVO0 y a que el cambio en la eficiencia energética no sea tan significativo tal y como se muestra en la tabla 2.

De los combustibles alternativos evaluados Biodiésel (B20, B30) y Green Diesel (HVO20, HVO30) se deduce que de las mezclas B20 y B30 la más eficiente energéticamente es la mezcla B20 debido a que presenta un menor consumo respecto a B30 dado su poder calorífico inferior, pero a su vez es importante destacar que entre el Biodiesel y el Green diésel, este último presenta mejores resultados ya que los cambios de eficiencia reflejados fueron mejores en comparación con el biodiesel (ver tabla 7).

Además de lo anteriormente mencionado se ha demostrado que el uso de green diesel puro o mezclado puede reducir las emisiones de NOx, monóxido de carbono (CO), hidrocarburos totales (THC) y MP. (Ghadimi et al; 2022).

Respecto al inflado de neumáticos con nitrógeno seco y comparando el inflado de los neumáticos con aire si es de esperarse que los vehículos consuman menos combustible dado que el nitrógeno se mantiene a una presión constante lo que permite la estabilidad cuando se presentan

cambios de temperatura, al mismo tiempo de que el nitrógeno no se escapa a través de las paredes de los neumáticos dado que las moléculas son de mayor tamaño respecto a las moléculas de oxígeno, además este por ser un gas seco no origina vapor de agua, por lo tanto no ocasiona corrosión en los rines o en algunos elementos metálicos de los neumáticos evitando que se presenten fugas o desgastes que dificulten el adecuado manejo de los vehículos, factores que están directamente relacionados al rendimiento del combustible de los vehículos (Lemache et al., 2021).

Aunque el uso de nitrógeno seco no ha sido aplicado en TCC las nuevas tecnologías de producción de Nitrógeno hacen que este producto esté disponible a valores accesibles, lo que hace viable su uso en una amplia gama de vehículos de transporte.

Es importante mencionar que el cambio de combustible ya sea biodiesel o green diesel, aunque genera una disminución en la eficiencia dado que aumenta el consumo esta pérdida en la eficiencia se podría compensar inflando los neumáticos con nitrógeno seco ya que como se ve reflejado en la tabla 10 para cada una las líneas de la flota de TCC el aumento en el rendimiento del combustible es de hasta un 3,3% lo que implica que se compense de cierta manera la pérdida de eficiencia en el caso de realizar algún cambio de combustible. Asimismo, se tendría un impacto positivo en el ambiente dado que hay una fracción renovable en el combustible, se disminuye la huella de carbono y las emisiones de CO₂ durante los recorridos de la flota.

Para el impacto de la eco conducción en la eficiencia energética se encontraron reducciones mejorando la mayoría de los errores de conducción hasta en un 97%, aquí es importante destacar que estos juegan un papel fundamental en el ahorro de consumo de combustible y que la formación en conducción ecológica ayuda a promover una conducción más segura y mejora el rendimiento logístico. (Díaz-Ramírez et al., 2017).

La formación en eco conducción juega un papel fundamental para una empresa de logística y transporte ya que como se demostró en algunos estudios los conductores más experimentados tuvieron una reducción en el consumo de combustible después del entrenamiento que los demás conductores.

Se recomienda la capacitación en conducción ecológica a las empresas con grandes volúmenes y con mucha frecuencia. flujos para estandarizar comportamientos de conducción efectivos y buenas prácticas entre su personal.

Desde el sector económico al cambiar el combustible convencional diésel al biodiesel tendría un impacto significativo ya que actualmente para Colombia el galón tiene un costo de \$20.319 según la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia mientras que el diésel se encuentra en \$9.065 el galón; de esta manera el costo de usar biocombustible se duplica y no termina siendo viable ya que la comercialización de la producción de los biocombustibles requiere financiamiento o apoyo del gobierno y conscientemente promover los beneficios sobre los combustibles alternativos.

6 Conclusiones

El uso de biocombustibles conlleva a una menor emisión de GEI que desaceleran los efectos del cambio climático y aportan a una mejora en la calidad del aire de la ciudad de Medellín, además de que es una alternativa favorable para que Colombia cumpla la meta de reducción de emisiones de CO₂ en un 51% que tiene como meta para el año 2030, sin embargo, esta alternativa no necesariamente implica una mejora en la eficiencia energética de los vehículos del Grupo Logístico TCC.

El escenario de inflado de neumáticos con nitrógeno seco es una opción que puede permitir al Grupo Logístico TCC una mejora en la eficiencia energética lo que podría compensar las pérdidas en caso de emigrar a otro tipo de combustible con el fin de disminuir también las emisiones de GEI.

Otra alternativa de mejora a considerar debido a diversos estudios fue la eco-conducción ya que esta permitiría formar a los colaboradores en buenas prácticas de manejo, además es una de las estrategias más viables para implementar en cualquier empresa de transporte de carga por carretera; asimismo está orientada al cambio en el comportamiento de los conductores y al conocimiento adquirido durante las jornadas de formación; por lo tanto, su beneficio-costos tiende a ser alto.

Finalmente utilizar programas de formación en eco-conducción no solo mejora el consumo de combustible, sino también mejora los hábitos de conducción segura. Es importante que las empresas utilicen sistemas de registro de datos para el control de la flota en tiempo real, se controle el exceso de velocidad del vehículo y tiempo de inactividad.

Referencias

- Ali, M., & Rind, S. J. (2020). Rendimiento del motor y análisis de emisiones utilizando biodiésel de Neem y Jatropha. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 32(2), 19-29. <https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.02>
- Bezergianni, S., & Dimitriadis, A. (2013). Comparison between different types of renewable diesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 110-116. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.042>
- Castillo, J. C., Restrepo, Á., Tibaquirá, J. E., & Quirama, L. F. (2019). Estrategias de eficiencia energética en vehículos livianos del transporte por carretera en Colombia. *Revista UIS Ingenierías*, 18(3), 129-139. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n3-2019013>
- Cedeño, E. A. L., Rocha-Hoyos, J., Alvear, P. S., & Barboza, J. M. (2017). Producción e impacto del biodiesel: una revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 59-76. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n7.2017.229>
- Ceviz, M. A., Koncuk, F., Küçük, Ö., Gören, A. C., & Yüksel, F. (2011). Analysis of combustion stability and its relation to performance characteristics in a compression ignition engine fueled with diesel-biodiesel blends. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(10), 990-1003. <https://doi.org/10.1080/15567030903261790>
- Cheng, Q., Tuomo, H., Kaario, O., & Martti, L. (2019). HVO, RME, and diesel fuel combustion in an optically accessible compression ignition engine. *Energy & Fuels*, 33(3), 2489-2501. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123290>
- Chia, S. R., Nomanbhay, S., Ong, M. Y., Chew, K. W., & Show, P. L. (2022). Renewable diesel as fossil fuel substitution in Malaysia: A review. *Fuel*, 314, 123137. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123137>
- Chica, F., & Espinoza, F. (2008). Estudio y aplicación del biodiesel. El biodiesel como alternativa para reducir las emisiones contaminantes en la ciudad de Cuenca. *Ingenius*, (2), 3-9.

- DANE. (2018). Producto Interno Bruto. Bogotá: DANE.
- Díaz-Ramirez, J., Giraldo-Peralta, N., Flórez-Ceron, D., Rangel, V., Mejía-Argueta, C., Huertas, J. I., & Bernal, M. (2017). Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets: A Colombian case. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.012>
- Di Blasio, G., Ianniello, R., & Beatrice, C. (2022). Hydrotreated vegetable oil as enabler for high-efficient and ultra-low emission vehicles in the view of 2030 targets. *Fuel*, 310, 122206. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122206>
- Fazal, M. A., Haseeb, A. S. M. A., & Masjuki, H. H. (2011). Biodiesel feasibility study: an evaluation of material compatibility; performance; emission and engine durability. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(2), 1314-1324. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.10.004>
- Flórez-Montoya, A. F., & Rojas, A. F. (2009). Efecto de la proporción de mezclas biodiesel/petrodiesel en el desempeño mecánico-ambiental de motores. *Ingeniería y competitividad*, 11(2), 63-78.
- Ghadimi, S., Zhu, H., Durbin, T. D., Cocker, D. R., & Karavalakis, G. (2022). The impact of hydrogenated vegetable oil (HVO) on the formation of secondary organic aerosol (SOA) from in-use heavy-duty diesel vehicles. *Science of The Total Environment*, 822, 153583. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153583>
- Herrera Susa, D. A., Bermúdez Samtaella, J. R., & Castilla Álvarez, C. E. (2020). Análisis del desempeño de la potencia y el torque de un motor diésel operando con mezclas de biodiésel de palma. *Ingeniería*, 25(3), 250-263. <https://doi.org/10.14483/23448393.15676>
- Julio, A. A. V., Milessi, T. S., Batlle, E. A. O., Lora, E. E. S., Maya, D. M. Y., & Palacio, J. C. E. (2022). Techno-economic and environmental potential of renewable diesel as complementation for diesel and biodiesel in Brazil: a comprehensive review and perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 133431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133431>
- Kuberczyk, R., Berner, HJ. & Bargende M. (2009), Differences in Efficiency between SI Engine and Diesel Engine, *MTZ Worldw* (2009) 70: 60. <https://doi.org/10.1007/BF03227927>

-
- Kumar, N., Koul, R., & Singh, R. C. (2022). Comparative analysis of ternary blends of renewable Diesel, diesel, and ethanol with diesel. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50, 101828. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101828>
- Lemache-Caiza, W. A., Sangoquiza-Guachi, E. B., Cruz-Sigüenza, E. L., Vásquez-Núñez, D. C., & Tello-Oquendo, F. M. (2021). Incidencia del aire y del nitrógeno en el desgaste de neumáticos en vehículos sedan. *Domino de las Ciencias*, 7(3), 1251-1267. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i3.2054>
- López, J. (2003). Evaluación de las propiedades físico-químicas del biodiésel obtenido a partir de palma y etanol, como combustible alternativo del diésel 2D. *Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala*.
- Mata, C., Cárdenas, D., Esarte, C., Soriano, J. A., Gómez, A., Fernández-Yáñez, P., ... & Armas, O. (2022). Performance and regulated emissions from a Euro VI-D hybrid bus tested with fossil and renewable (hydrotreated vegetable oil) diesel fuels under urban driving in Bilbao city, Spain. *Journal of Cleaner Production*, 135472. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135472>
- Mateo, M. O. (2010). Reducción de las emisiones de CO₂ en vehículos de transporte: combustibles alternativos. *Energía & Minas: Revista Profesional, Técnica y Cultural de los Ingenieros Técnicos de Minas*, (8), 28-33.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Matriz de demanda energética. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ministerio de Medio Ambiente. (2019). Ley 1972 del 2019.
- Ministerio de Minas de Energía. (2022). Eficiencia Energética en Vehículos Livianos Nuevos.
- Ministerio de Minas y Energía (2021). Transición energética: un legado para el presente y el futuro de Colombia.
- Nozawa, Tetsuo: Tokai University Unveils 100W DC Motor with 96 percent Efficiency, *Nikkei Electronics*, 2009.
- Paucar, A. (2012). *Estudio del comportamiento, beneficios, ventajas y desventajas del uso de nitrógeno, para el inflado de los neumáticos en los vehículos del turismo de la ciudad de Cuenca* (Bachelor's thesis).

-
- Quintero, C., & Moreno, S. (2014). Caracterización del desempeño de un motor diésel a partir de la implementación de diferentes mezclas biocombustible/diésel. *Bogotá/:* *Universidad Santo Tomas*.
- Rincón, J. (2019). Productividad en el transporte de carga por carretera en Colombia. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico Ministerio de Energía y Minería, Argentina, 2017. Guía de para el GESTIÓN EFICIENTE TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS de la República Argentina.
- Vignesh, P., Kumar, A. P., Ganesh, N. S., Jayaseelan, V., & Sudhakar, K. (2020). A review of conventional and renewable biodiesel production. *Chinese journal of chemical engineering*.
- Villalobos, J., y Wilmsmeier, G. (2016). Estrategias y herramientas para la eficiencia energética y la sostenibilidad del transporte de carga por carretera. 10.13140/RG.2.2.33383.44963.
- Villalobos, J. (2010). Eficiencia energética en el transporte de carga por carretera. División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL. [h ttp://hdl.handle.net/11362/36126](http://hdl.handle.net/11362/36126)
- Williams, M., Minjares R. (2016). A technical summary of Euro 6/VI vehicle emission standards.

Anexos

Anexo 1. Clasificación de la información según el tipo de combustible y de vehículo del Grupo Logístico TCC en la Sede Medellín

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCIÓN	LIN EA	MOD ELO	COMBUS TIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDR ADA	ACEIT E MOTO R EN 1/4	CAPAC IDAD DE CARGA (TON)	RENDIM IENTO DE COMBUS TIBLE (Km/galón)	TECNO LOGIA
13329	SZQ452	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13330	SZQ453	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13332	SZQ455	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13334	SZQ457	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13337	SZQ460	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13338	SZQ461	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13340	SZQ463	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV
13343	SZQ466	Camión	CAMION CHEVROLET	NK R III	2012	Diesel	FURGON	2.771	8	3	20,8	EURO IV

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCIÓN	LIN EA	MOD ELO	COMBUS TIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDR ADA	ACEIT E MOTO R EN 1/4	CAPAC IDAD DE CARGA (TON)	RENDIM IENTO DE COMBUS TIBLE (Km/galón)	TECNO LOGIA
13371	SZQ600	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13375	SZQ604	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13388	SZQ654	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	FURGO N	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13396	SZQ657	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13399	SZQ661	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13404	SZQ667	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13417	SZQ680	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13420	SZQ683	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13423	SZQ686	Camión	CAMION CHEVROLET	NP R	2012	Diesel	INTEGRADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV

13 42 8	SZQ 691	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 43 1	SZQ 694	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 43 2	SZQ 695	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 43 4	SZQ 697	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 43 6	SZQ 715	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 44 7	SZQ 726	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 46 1	SZQ 766	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 46 2	SZQ 767	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 46 7	SZQ 772	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 1	SZQ 776	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 2	SZQ 779	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 3	SZQ 780	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 5	SZQ 782	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 6	SZQ 783	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 7	SZQ 784	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 8	SZQ 785	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 47 9	SZQ 786	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV
13 48 0	SZQ 787	Camión	CAMION CHEVROLE T	NP R	2012	Diesel	INTEGR ADO	5.193	12	4	17,1	EURO IV

ID	PL AC A	TIPO DE VEHI CULO	DESCRI PCIÓN	LINEA	MOD ELO	COMBU STIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDR ADA	ACEIT E MOTO REN 1/4	CAPA CIDAD DE CARG A (TON)	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (Km/galón)	TECNO LOGÍA
13 35 2	SZQ 433	Camión	CAMIO N HINO	HINO DUTRO	2011	Diesel	FURGO N	4.009	9	3	18,4	EURO IV
13 36 0	SZQ 441	Camión	CAMIO N HINO	HINO DUTRO	2011	Diesel	FURGO N	4.009	9	3	18,4	EURO IV

13 36 6	SZQ 447	Camión	CAMION NHINO	HINO DUTRO	2012	Diesel	FURGO N	4.009	9	3	18,4	EURO IV
---------------	------------	--------	-----------------	---------------	------	--------	------------	-------	---	---	------	------------

ID	PL AC A	TIPO DE VEHI CULO	DESCRIPCIÓN	LINEA	MO DEL O	COMB USTIBL E	TIPO DE CARR OCERI A	CILIND RADA	ACEI TE MOT OR EN 1/4	CAPA CIDA D DE CARG A (TON)	RENDIMIENT O DE COMBUSTIBL E (Km/galón)	TECN OLOGÍA
13 19 1	TIX 890	Camión	CAMION INTERNATIO NAL	INTERNAT IONAL 4700	1997	Diesel	FURGO N	4.700	30	10	8,9	EURO II
13 22 7	TIX 727	Camión	CAMION INTERNATIO NAL	INTERNAT IONAL 4700	1997	Diesel	FURGO N	4.700	30	10	8,9	EURO II
13 23 6	TIX 716	Camión	CAMION INTERNATIO NAL	INTERNAT IONAL 4700	1997	Diesel	FURGO N	4.700	30	10	8,9	EURO II
13 73 0	TIX 891	Camión	CAMION INTERNATIO NAL	INTERNAT IONAL 4700	1997	Diesel	FURGO N	4.700	30	10	8,9	EURO II
13 73 6	TIX 736	Camión	CAMION INTERNATIO NAL	INTERNAT IONAL 4700	1997	Diesel	FURGO N	4.700	30	10	8,9	EURO II

ID	PLA CA	TIPO DE VEHI CULO	DESCRIPCIÓN	LINEA	MOD ELO	COMBUS TIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDR ADA	ACEIT E MOTO R EN 1/4	CAPAC IDAD DE CARG A (TON)	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (Km/galón)
13 78 3	SN M58 1	Camión	CAMION KENWORTH	KENWOR TH T300	2007	Diesel	FURGO N	8.300	22	10	12

ID	PL AC A	TIPO DE VEHI CULO	DESCRIPCIÓN	LINEA	MOD ELO	COMBU STIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILIND RADA	ACEI TE MOT OR EN 1/4	CAPA CIDAD DE CARG A (TON)	RENDI MIENT O DE COMBU STIBLE (Km/galón)	TECN OLOGÍA
13 55 9	EX V09 3	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	PANEL	2.198		1.2	23,3	EURO V
13 56 0	EX V09 4	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	PANEL	2.198		1.2	23,3	EURO V
13 56 1	EX V09 5	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	PANEL	2.198		1.2	23,3	EURO V
13 56 3	EX V09 7	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	PANEL	2.198		1.2	23,3	EURO V
13 56 5	EX V09 9	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumper L2H2 2,2 HDI 130 6MT	2019	Diesel	PANEL	2.198		1.2	23,3	EURO V
13 50 1	EX U91 3	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V
13 50 2	EX U91 4	Camioneta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V

13 51 3	EX U92 5	Camio neta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V
13 51 5	EX U92 7	Camio neta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V
13 51 7	EX U92 9	Camio neta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V
13 52 7	EX U93 9	Camio neta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V
13 52 9	EX U94 1	Camio neta	CAMIONET A- CITROËN	Jumpy Cargo 2,0 HDI 150 6MT	2019	Diesel	PANEL	1.997		1.3	23,3	EURO V

ID	PLA CA	TIPO DE VEHI CULO	DESCRI PCIÓN	LIN EA	MOD ELO	COMBU STIBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDR ADA	ACEIT E MOTO REN 1/4	CAPAC IDAD DE CARG A (TON)	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (Km/galón)	TECNO LOGÍA
91 44 0	SZQ 836	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 44 3	SZQ 837	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 44 6	SZQ 838	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 44 4	SZQ 839	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 43 7	SZQ 840	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 43 8	SZQ 841	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 43 9	SZQ 843	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 44 2	SZQ 844	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V
91 44 1	SZQ 845	Minim ula	KENWO RTH	T46 0	2013	Diesel	N/A	8.800	22	24	6,7	EURO V

ID	PLAC A	TIPO DE VEHICU LO	DESCRIPCIÓN	LINE A	MODE LO	COMBUSTI BLE	TIPO DE CARROCE RIA	CILINDRAD A	ACEITE MOTOR EN 1/4	CAPACID AD DE CARGA (TON)
210 61	TDZ93 5	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	8.800	48	36
913 19	TMW4 53	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2007	Diesel	N/A	14.945	48	36
913 82	TRF92 3	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 13	SZQ73 5	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 14	SZQ73 6	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36

914 15	SZQ73 7	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 16	SZQ73 8	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 17	SZQ73 9	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 18	SZQ74 0	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 19	SZQ74 1	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 20	SZQ74 2	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 21	SZQ74 4	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 22	SZQ74 5	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 23	SZQ74 6	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 24	SZQ74 7	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 26	SZQ74 9	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 27	SZQ75 0	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 28	SZQ75 1	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 29	SZQ75 2	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 30	SZQ75 3	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 31	SZQ75 4	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36
914 32	SZQ75 5	Tractomul a	INTERNATIO NAL	EAG LE	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	DESCRIPCIÓN	LIN EA	MODE LO	COMBUST IBLE	TIPO DE CARRO CERIA	CILINDRA DA	ACEITE MOTOR EN 1/4	CAPACI DAD DE CARGA (TON)	RENDIMIE NTO DE COMBUST IBLE (Km/galón)
110 37	TIX3 47	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	1997	Diesel	N/A				7,894
110 46	TIX3 46	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	1997	Diesel	N/A				7,894
110 58	TIX3 58	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	1997	Diesel	N/A				7,894
110 63	TIX3 63	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	1997	Diesel	N/A				7,894
913 84	TSF0 59	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2008	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
913 93	TSF0 60	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2008	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 05	SKR5 34	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 26	SKR5 35	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 35	SKR5 36	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 43	SKR5 37	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 45	SKR5 38	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 47	SKR5 39	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 48	SKR5 40	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894

210 49	SKR5 41	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 50	SKR5 42	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 16	SZQ4 90	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 80	SZQ4 91	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 30	SZQ4 92	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 94	SZQ5 32	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 93	SZQ5 33	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 92	SZQ5 34	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 91	SZQ5 35	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 90	SZQ5 36	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 89	SZQ5 37	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
912 88	SZQ5 38	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2012	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 51	SKR5 43	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 52	SKR5 44	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 53	SKR5 45	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 54	SKR5 46	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 55	SKR5 47	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 68	SKR5 48	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 69	SKR5 50	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 70	SKR5 51	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 71	SKR5 52	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 72	SKR5 54	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 73	SKR5 53	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 74	SKR5 56	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 75	SKR5 58	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 76	SKR5 60	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 77	SKR5 59	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 79	SKR5 61	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
913 83	TRF9 24	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2009	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
210 41	SKR7 68	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2011	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
913 87	SKR7 53	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2011	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894
913 94	SKR7 54	Tractomu la	KENWORT H	T- 800	2011	Diesel	N/A	14.945	48	36	7,894

TIPO DE VEHICULO	REGIONAL	DESCRIPCIÓN	LINEA	MODELO	COMBUSTIBLE	TIPO DE CARROCERIA	CILINDRADA	ACEITE MOTOR EN 1/4	CAPACIDAD DE CARGA (TON)	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (Km/galón)
Camioneta	Medellín	CAMIONETA MENSAJERIA	DFM	2013	GASOLINA	VAN PANEL	1.310	1	0,6	32

TIPO DE VEHICULO	REGIONAL	DESCRIPCIÓN	LINEA	MODELO	COMBUSTIBLE	TIPO DE CARROCERIA	CILINDRADA	ACEITE MOTOR EN 1/4	CAPACIDAD DE CARGA (TON)	RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (Km/galón)
Camioneta	Medellín	CAMIONETA MENSAJERIA	Foton	2018	GASOLINA	VAN PANEL	1.206		0,5	44
Camioneta	Medellín	CAMIONETA MENSAJERIA	Foton	2018	GASOLINA	VAN PANEL	1.206		0,5	44

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	REGIONAL	DESCRIPCIÓN	LINEA	MODELO	COMBUSTIBLE	TIPO DE CARROCERIA	CILINDRADA	ACEITE MOTOR EN 1/4
18847	SYJ550	Camión	Medellín	CAMION	STAR K	2022	Eléctricos	FURGON	N/A	N/A

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	REGIONAL	DESCRIPCIÓN	LINEA	MODELO	COMBUSTIBLE	TIPO DE CARROCERIA	CILINDRADA	ACEITE MOTOR EN 1/4	CAPACIDAD DE CARGA (TON)
13570	EXU988	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13571	EXU989	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13572	EXU990	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13573	EXU991	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13574	EXU992	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13576	EXU994	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13577	EXU995	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13578	EXU996	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13579	EXU997	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13580	EXU998	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5
13581	EXU999	Camioneta	Medellín	CAMIONETA-RENAULT	KANGOO POWER +2PL	2019	Eléctricos	PANEL	N/A	N/A	0.5

ID	PLACA	TIPO DE VEHICULO	REGIONAL	DESCRIPCIÓN	LINEA	MODELO	COMBUSTIBLE	TIPO DE CARROCERIA	CILINDRADA
15320	N/A	MONTACARGA	Medellín	MONTACARGA	TOYOTA	2014	Eléctricos	N/A	N/A