

Buses a Biodiésel

Prueba Piloto de Buses de Combustibles Alternativos



BIODIÉSEL

JUL
2021



Buenos
Aires
Ciudad



Vamos
Buenos
Aires

Subsecretaría de Planificación de la Movilidad
Bajas Emisiones

Buses a Biodiésel

Prueba Piloto de Buses de Combustibles Alternativos

Julio 2021

Coordinación de Bajas Emisiones
Dirección General de Diseño e Implementación
Subsecretaría de Planificación de la Movilidad
Secretaría de Transporte y Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

Secretaría de Transporte y Obras Públicas

Juan José Mendez

Subsecretaría de Planificación de la Movilidad

Lucila Capelli

Equipo

Milagros Garros

Pedro Orbaiz

Constanza Movsichoff

Juan Agulló

Julián Rivera Parejas

Santiago Cosentino

Nicolás Oxenford

Santos Aguirre

Camila Fernández Castro

Agradecimientos

El presente informe es el resultado de un conjunto de análisis de diferentes índoles llevado a cabo a fin de estudiar el uso de un combustible alternativo al diésel, como el biodiésel, en unidades de colectivos del sistema de transporte público de pasajeros por automotor que circulan en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Con la intención de evaluar la tecnología y su posible escalabilidad, se llevó a cabo la Prueba Piloto de Colectivos de Combustibles Alternativos, a partir de la cual se probaron dos vehículos propulsados a biodiésel en dos Líneas de colectivos que circulan por la CABA.

Desde el equipo de la Secretaría de Transporte y Obras Públicas consideramos oportuno agradecer y mencionar a todo el equipo interdisciplinario e intersectorial que se formó para poder realizar este trabajo que hizo posible su implementación y consecuente resultado. Se caracterizó por superar adversidades imprevistas, y mantener el entusiasmo desde el principio hasta el fin. La producción de este informe se ha tomado con suma seriedad y responsabilidad, como merece un tema tan importante para el mundo como es la movilidad limpia.

Agradecemos a las empresas del sector privado, como a los fabricantes de los colectivos, Agrale Argentina S.A. y Scania Argentina S.A.U., así como a las empresas operadoras de colectivos de las Líneas 91 del grupo empresario TRANSPORTES LOPE DE VEGA S.A. y 132 del grupo NUEVOS RUMBOS S.A., que participaron de manera activa. También a la participación de la empresa Explora S.A proveedora del combustible biodiésel.

También agradecemos al sector público como al Ministerio de Transporte del Estado Nacional argentino junto con la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), al Ministerio de Desarrollo Productivo nacional - en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI); ya que entre todos colaboraron y acompañaron con técnicos y especialistas que hicieron posible la realización de dicha Prueba Piloto.

Resumen

En el marco del Plan de Movilidad Limpia del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en adelante, el GCABA) se creó el Programa de Prueba Piloto de Colectivos de Combustibles Alternativos (Resolución N°634/SECTTRANS/17); con el objetivo de evaluar la viabilidad técnica, operativa, económica, y ambiental de colectivos bajas emisiones, así como también analizar la escalabilidad de las tecnologías. El programa incluye la prueba piloto de colectivos biodiésel, GNC y eléctricos. En este documento se expone el análisis de los resultados de la Prueba Piloto de colectivos Biodiésel, que se llevó a cabo durante los años 2018, 2019 y 2020.

En términos ambientales, el biodiésel presenta excelentes resultados para la reducción de dióxido de carbono emitido en relación con diésel, y una mejora importante en agentes que modifican la calidad de aire como el material particulado. Además, es un cambio tecnológico de fácil adaptación para el tipo de flota de vehículos de las empresas de servicios de transporte por automotor de pasajeros de carácter urbano y suburbano que circulan en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en adelante, la CABA), debido a que no necesita inversión en infraestructura nueva, y no requiere grandes cambios en la organización y operación de la empresa. Gracias al sistema de telemetría que se incorporó en los colectivos y al relevamiento manual de datos se obtuvo información sólida que permitió describir, analizar, y evaluar la operación de los mismos. Además, se realizó un análisis económico, así como ambiental comparando la nueva tecnología con la convencional.

Se desprende de aquí el interés por analizar y cotejar el performance de ambas tecnologías bajo condiciones reales de operación dentro de la ciudad, para lo cual se realizó una Prueba Piloto coordinada por el GCABA. La Prueba fue consecuencia de una triangulación entre el GCABA y cuatro actores del sector privado (representado por dos fabricantes de colectivos y por dos empresas operadoras). Los fabricantes dueños de los colectivos, entregaron dos unidades en comodato a las empresas operadoras durante el plazo de un año, mientras que estos últimos financiaron la operación de los vehículos. Los fabricantes de ambos buses realizaron una vez puestos en operación el mantenimiento de rutina sobre las unidades y las correcciones necesarias detalladas en el informe. El rol del GCABA, a través de la Secretaría de Transporte y Obras Públicas, consistió en poner a disposición un equipo técnico para la gestión, seguimiento y análisis de la prueba para que suceda.

A lo largo de la prueba, dos buses propulsados a Biodiésel 100% fueron puestos en operación dentro de dos líneas de transporte por automotor de pasajeros de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ambos operaron como flota adicional. El primero, fabricado por la empresa Agrale Argentina S.A. (en adelante,

Agrale), lo hizo en la Línea 91, línea del grupo empresario TRANSPORTES LOPE DE VEGA S.A. El segundo, fabricado por la empresa Scania Argentina S.A.U. (en adelante, Scania), lo hizo en la Línea 132 del grupo empresario NUEVOS RUMBOS S.A. Gracias al sistema de telemetría incorporado por los fabricantes de los colectivos y al relevamiento manual de datos realizado por las empresas operadoras de colectivos, se obtuvieron datos sólidos que permitieron describir, analizar, y evaluar la operación y performance de dichos colectivos. Además, los resultados operativos obtenidos de la prueba se utilizaron como insumo para realizar un análisis económico y ambiental comparando ambas tecnologías, biodiésel y diésel.

Esta Prueba Piloto acortó la distancia que existe entre las tecnologías limpias y el sistema de transporte de colectivos urbanos que opera actualmente en el territorio de la CABA. Fue un proyecto que permitió el acercamiento a lo novedoso y a la experimentación de primera mano de la operación de este tipo de buses en la CABA. Por lo que corresponde considerarla como un primer paso en el camino hacia una movilidad sustentable que comienza a recorrer el sistema de transporte público de pasajeros por automotor.

Índice

<u>Resumen</u>	5
<u>Índice</u>	7
<u>Lista de Tablas</u>	9
<u>Lista de Figuras</u>	9
1. <u>Introducción</u>	11
1.1 <u>Plan de Movilidad Limpia</u>	11
1.2 <u>Prueba piloto</u>	13
1.3 <u>Preparación de la prueba piloto</u>	14
2. <u>Análisis técnico y operativo</u>	15
2.1 <u>Operación de las Líneas 132 y 91</u>	15
2.2 <u>Especificaciones de los colectivos biodiésel</u>	17
2.3 <u>Metodología de seguimiento</u>	19
2.4 <u>Logística de biodiésel</u>	19
2.5 <u>Resultados de la prueba</u>	20
2.5.1 <u>Distancia recorrida</u>	21
2.5.2 <u>Velocidad media</u>	22
2.5.3 <u>Tiempo de relantí</u>	23
2.5.4 <u>Consumo específico</u>	24
2.5.5 <u>Comparativa con colectivos patrón diésel</u>	26
2.6 <u>Mantenimiento</u>	28
3. <u>Análisis económico</u>	30
3.1 <u>Costo total de propiedad</u>	30
3.2 <u>Resultados del costo total de propiedad</u>	31
3.3 <u>Subsidios</u>	33
4. <u>Análisis ambiental</u>	35
4.1 <u>El biodiésel</u>	35
4.2 <u>Poder calorífico del biodiésel</u>	35
4.3 <u>Ciclo completo del dióxido de carbono</u>	36
4.4 <u>Calidad del aire: agentes tóxicos</u>	38
4.4.1 <u>Óxidos nitrosos</u>	38
4.4.2 <u>Monóxido de carbono (CO)</u>	39
4.4.3 <u>Material particulado (MP)</u>	39
4.4.4 <u>Hidrocarburos (HC)</u>	40
4.4.5 <u>Biodiésel auto oxidación</u>	41

4.5 <u>Resumen biodiésel</u>	41
5. <u>Conclusiones</u>	42
6. <u>Bibliografía</u>	44
7. <u>ANEXO</u>	46
7.1 <u>Ficha técnica colectivo Agrale</u>	46
7.2 <u>Ficha técnica colectivo Scania</u>	47
7.3 <u>Especificaciones biodiésel explora</u>	48

Lista de Tablas

<u>Tabla 1</u> Información básica sobre las pruebas realizadas. Elaboración propia.....	14
<u>Tabla 2</u> Distancia que típicamente recorren los buses de cada línea. Elaboración propia.....	17
<u>Tabla 3</u> Resumen de los resultados obtenidos durante la prueba. Elaboración propia.....	21
<u>Tabla 4</u> Diferencia porcentual en cambios de aceite según análisis de aceite periódicos realizados por Scania.....	29
<u>Tabla 5</u> Comparativa entre los esquemas de mantenimiento recomendados por Scania.....	29
<u>Tabla 6</u> Valores utilizados en el análisis económico. Elaboración propia.....	31
<u>Tabla 7</u> Costo total de vida de ambas tecnologías para la operación de la Prueba Piloto para una flota de 60 unidades. Elaboración propia.....	32
<u>Tabla 8</u> Contenido energético por tipo de combustible. Elaboración propia.....	35
<u>Tabla 9</u> Carbono por tipo de combustible. Elaboración propia.	36

Lista de Figuras

<u>Figura 1</u> Porcentaje de emisiones de CO2 para los diferentes sectores de transporte en CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.....	12
<u>Figura 2</u> Porcentajes de emisiones de NOx por combustible y rubro, para la flota de vehículos automotores de CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.....	12
<u>Figura 3</u> Porcentajes de emisión de MP10 por combustible y rubro, para la flota de vehículos automotores de CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.	13
<u>Figura 4</u> Recorrido realizado por la Línea 132 (verde claro) y la Línea 91 (verde oscuro) y ubicación de las cabeceras (banderas negras). Elaboración propia	16
<u>Figura 5</u> Imagen del colectivo Scania Biodiésel, utilizado en la prueba dentro de la Línea 132.	17
<u>Figura 6</u> Planta de Agrale en Mercedes, visitada por el Gobierno de la Ciudad. Montaje de chasis.	18
<u>Figura 7</u> Colectivo Biodiésel Agrale con el equipo que trabajo en la prueba (Explora, Línea 91, Agrale, GCBA).....	18
<u>Figura 8</u> Planta de biodiesel de Explora en Rosario, visitada por Gobierno de la Ciudad en 2019.....	20
<u>Figura 9</u> Distancia mensual efectuada por el bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.	21
<u>Figura 10</u> Distancia mensual efectuada por el bus Agrale biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.....	22
<u>Figura 11</u> Velocidad media mensual del bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.....	22
<u>Figura 12</u> Velocidad media mensual del bus Agrale biodiésel en la Línea 91.....	23
<u>Figura 13</u> Porcentaje de tiempo en ralentí del bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.....	24
<u>Figura 14</u> Porcentaje de tiempo en ralentí del bus Agrale biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.....	24
<u>Figura 15</u> Consumo específico del bus Scania propulsado con biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.....	25

<u>Figura 16.</u> Consumo específico del bus Agrale con biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.....	25
<u>Figura 17.</u> Consumos de los buses diésel de la Línea 132 entre agosto y diciembre de 2019. Elaboración propia.....	26
<u>Figura 18.</u> Consumo específico del bus Scania comparado con el promedio de 4 buses diésel de la Línea 132. Elaboración propia.	27
<u>Figura 19.</u> Comparativa de consumos entre el colectivo biodiésel y el colectivo “patrón”. Elaboración propia.....	28
<u>Figura 20.</u> Costo total de vida de un colectivo diésel Euro V y del promedio de los colectivos biodiésel usados para la Prueba Piloto. Elaboración propia.....	32
<u>Figura 21.</u> Análisis de sensibilidad del impacto del precio relativo en el TCO de un bus biodiésel. Elaboración propia.....	33
<u>Figura 22.</u> Diagrama de Ciclo de Vida del Biodiesel. Fuente: Biodiesel Earth Day Sutantibility Booklet. Biodiesel, America´s Advanced Biofuel, Spring 2019.....	37
<u>Figura 23.</u> Emisiones correspondientes a cada proceso del ciclo de vida del combustible. (gGHG se refiere a los gramos de gases de efecto invernadero que se emiten)	38

1. Introducción

El documento en mano presenta un análisis técnico, económico y ambiental de la Prueba Piloto de buses 100% Biodiésel realizada durante los años 2018, 2019 y parte del 2020 en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. La misma comprende una de las tres pruebas piloto realizadas por el Gobierno de la Ciudad en el marco del Programa de Pruebas Piloto de Colectivos de Combustibles Alternativos, dispuesto a través de la Resolución N°634/SECTRANS/17. A lo largo de este informe se describirá la preparación, puesta en marcha y monitoreo de la Prueba Piloto, se presentarán los datos recolectados a lo largo del mismo, se analizarán resultados y presentarán las conclusiones pertinentes.

Para poner en contexto al lector, se presenta a continuación una breve descripción del Plan de Movilidad Limpia (en adelante, PML), construido por el GCABA. El mismo tiene como objetivo establecer un plan de acción que busca reducir la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante, GEI) y contaminantes del aire. Además, en esta sección se detallarán los pasos implementados para poner en marcha el piloto de buses biodiésel.

1.1. Plan de Movilidad Limpia

El sector transporte representa el 28% de las emisiones de CO₂ de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. El Plan de Movilidad Limpia (PML)¹ se creó con el objetivo de estudiar potenciales medidas para reducir las emisiones contaminantes generadas por el sector transporte en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Plantea como principales objetivos al año 2035, la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en un 14% y en un 50% las de óxidos nitrosos (NO_x) y material particulado (MP), tomando como año base el 2015 (Figura 1).

¹ Plan de Limpia de la Ciudad de Buenos Aires (2017): <https://drive.google.com/file/d/1wapXt-wkNTwTR5qYHSHBLMYuceP7jowb/view?usp=sharing> Movilidad

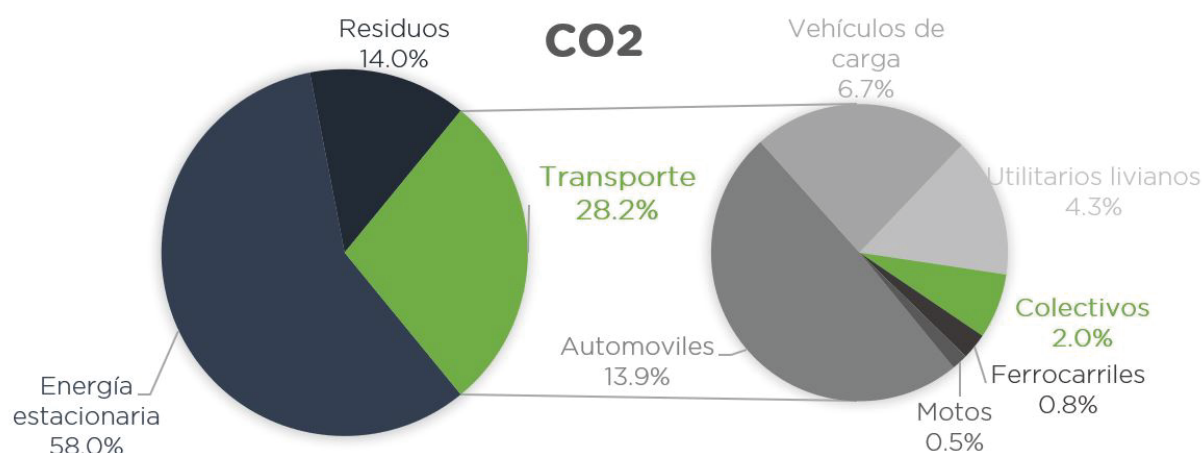


Figura 1. Porcentaje de emisiones de CO₂ para los diferentes sectores de transporte en CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.

Dado que los medios de transporte son una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y de agentes contaminantes, resulta fundamental ahondar en el estudio de alternativas que busquen reducir el impacto sobre el medio ambiente.

Los colectivos diésel que circulan en el territorio de la CABA son una de las fuentes de contaminación, ya que, si bien son responsables solamente del 2% de las emisiones de CO₂ dentro del sector transporte de la ciudad, éstos representan el 12% y 21,8% de las emisiones de óxidos nitrosos y material particulado, respectivamente (ver Figura 2 y Figura 3).

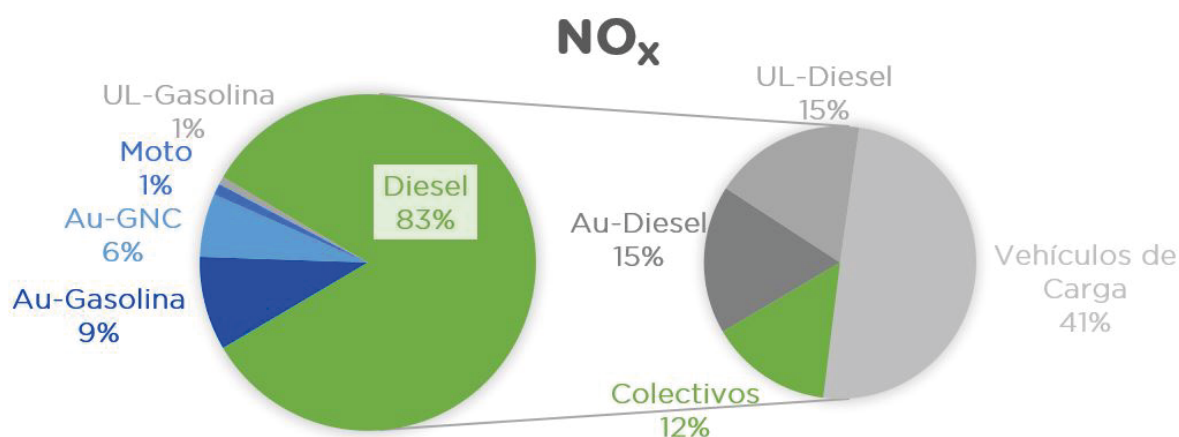


Figura 2. Porcentajes de emisiones de NO_x por combustible y rubro, para la flota de vehículos automotores de CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.

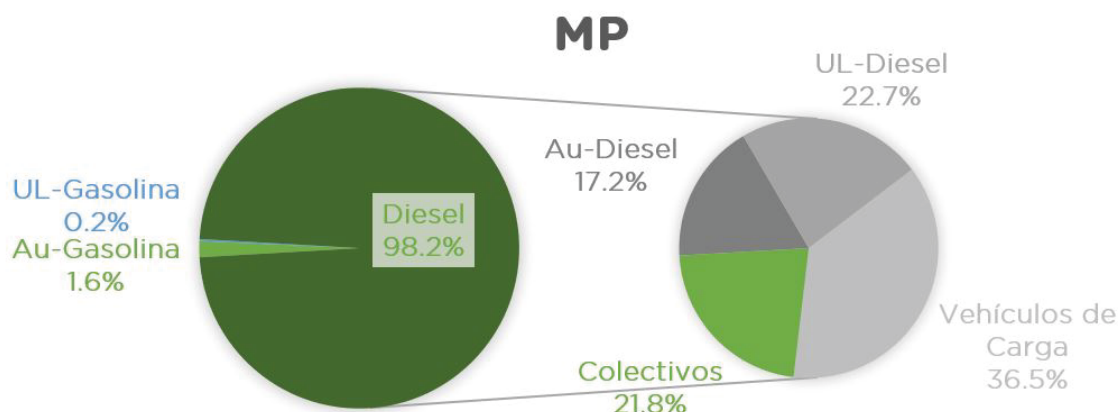


Figura 3. Porcentajes de emisión de MP10 por combustible y rubro, para la flota de vehículos automotores de CABA. Fuente: Plan de Movilidad Limpia, 2017.

Por ello en línea con el Plan de Movilidad Limpia se creó el programa de Prueba Piloto de Buses de Combustibles Alternativos (Resolución N°634/SECTTRANS/17)² cuyo objetivo consistió en evaluar la viabilidad técnica, operativa, económica, y ambiental de buses bajas emisiones, así como también, analizar la escalabilidad de las tecnologías. Este programa tuvo como objetivo fomentar la eventual penetración de estas tecnologías en el transporte público de pasajeros por automotor, para generar un impacto positivo en los niveles de emisión de gases del sector de transporte público.

1.2. Prueba Piloto

En este informe se abordará el resultado de la Prueba Piloto de dos colectivos biodiésel 100% que estuvieron en circulación durante 12 meses, operados por las Líneas 132 y 91, comenzando en diciembre de 2018 y febrero de 2019, respectivamente. Esta prueba se realizó con el fin de entender el comportamiento de la tecnología, sus costos y beneficios para generar las condiciones e incentivos adecuados para su posible incorporación.

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que forma parte de la Región Metropolitana de Buenos Aires (en adelante, RMBA) transitan 135 líneas de colectivos, totalizando a diciembre de 2020, 9.645 vehículos que circulan por las distintas calles de esta Ciudad. Dos Líneas de colectivos incorporaron dos buses Biodiésel 100% (B100) a su parque móvil (uno cada una). Las líneas que incorporaron estos vehículos son la Línea 132 – operada por la empresa NUEVOS RUMBOS SA - y la Línea 91 – operada por la empresa TRANSPORTES LOPE DE VEGA S.A. En el caso de la línea 132 el colectivo fue provisto por Scania y en la línea 91, por Agrale. Cabe destacar, que los buses pertenecen a sus respectivos fabricantes, y se entregaron en comodato por un año para la Prueba Piloto. Ambos

² El Estado Nacional adhirió mediante la Resolución N° RESOL-2018-720-APN-MTR del Ministerio de Transporte.

colectivos realizaron el mismo recorrido que cualquier otro colectivo de las líneas citadas.

Con la finalidad de comparar el desempeño de los colectivos propulsados a biodiésel con el de los convencionales propulsados a diésel, se estudió el consumo de los buses convencionales también. Para esto en las siguientes secciones se exponen los resultados de la Prueba Piloto. Se realizaron tres tipos de análisis, técnico-operativo, económico y ambiental.

La Tabla 1, a continuación, muestra algunos aspectos generales de la prueba.

Tabla 1 Información básica sobre las pruebas realizadas. Elaboración propia.

Fabricante	Línea	Inicio de la Prueba	Fin de la Prueba	Combustible	Proveedor Biodiesel
Scania	132	21/12/2018	21/12/2019	Biodiesel	Explora
Agrale	91	5/02/2019	5/02/2020	Biodiesel	Explora

1.3. Preparación de la prueba piloto

Previo el análisis específico de la prueba, resulta interesante detallar las tareas realizadas para la puesta en marcha de los colectivos biodiésel. Este proceso brindó conocimiento al sector del transporte público (a modo de ejemplo cabe mencionar a la administración pública local y nacional, el sector privado de transporte, los organismos de control, entre otros) sobre los requerimientos y procedimientos necesarios para introducir tecnología alternativa. La información obtenida en esta prueba resulta útil para abordar futuros proyectos relacionados a la materia objeto del presente informe.

Se trató de una prueba simple ya que los buses biodiésel son exactamente iguales a los buses diésel. En otras palabras, un colectivo a motor a combustión puede funcionar con diésel, con biodiésel o bien, con mezcla. La empresa Agrale presentó un modelo para la prueba que se utiliza hoy en día en algunas líneas que operan en la ciudad con combustible diésel. Fue un proceso más breve respecto de la preparación de otras Pruebas Piloto, como la de GNC y de Eléctricos, desde el punto de vista legal y normativo. Esto quiere decir, que el proceso de homologación y habilitación de los colectivos fue similar al recorrido por los colectivos comúnmente usados en la CABA.

La telemetría, que se usó para el estudio, transmitió en vivo el performance de las unidades. De todos modos, es necesario destacar la importancia de haber concurrido en forma presencial a la cabecera de las Líneas donde las unidades operaban periódicamente. Esto sirvió para conocer las vivencias e inconvenientes que suceden en el trabajo diario de las Líneas. De esta manera se percibió y se entendió realmente el resultado operativo de la prueba. Las visitas presenciales

ayudaron a comprender la manera de operar de una flota de buses en CABA, los desafíos imprevistos y el dinamismo necesario para solventarlos. Fue importante haber tenido conversaciones periódicas y fluidas con los choferes de los colectivos, con los encargados de realizar las cargas del combustible, y con todos aquellos relacionados en la operatoria de las unidades que se analizaron.

2. Análisis técnico y operativo

En esta sección se detallarán las características de los servicios de las Líneas, así como las características técnicas de ambos colectivos. Luego, se describirá la metodología utilizada para el monitoreo y seguimiento operativo de las unidades. Finalmente, se mostrarán los resultados obtenidos del seguimiento y estudio de la Prueba Piloto. Además, se incluyen comentarios y observaciones que surgieron durante la prueba.

La Prueba Piloto duró un año: el colectivo de Scania comenzó a circular el 21 de diciembre de 2018 en la Línea 132 y finalizó el 21 de diciembre de 2019, mientras que el colectivo Agrale comenzó a circular en la Línea 91 el 5 de febrero de 2019 finalizando el mismo día del año siguiente. A continuación, se describe la operación general de cada Línea y se muestran los resultados obtenidos durante la Prueba.

2.1. Operación de las Líneas 132 y 91

Las condiciones operativas y características de los servicios de la línea son factores muy influyentes en el performance operativo de un colectivo. La carga de pasajeros, el uso del aire acondicionado, la extensión de los recorridos, la velocidad comercial, entre otros, pueden generar variaciones significativas en el consumo de combustible de los vehículos. Por ello, es importante caracterizar los servicios de las líneas operadoras de los colectivos en cuestión.

La Línea 132 – operada por la empresa NUEVOS RUMBOS SA, contaba con un total de 103 unidades diésel al 31 de diciembre de 2019, de los cuales la gran mayoría son marca Mercedes-Benz, con una proporción menor marca Agrale. La antigüedad promedio de la flota es de 5,1 años. Posee tres recorridos, uniendo el Cementerio de Flores con la Terminal de Ómnibus de Retiro (en dos variantes, por Avenida Carabobo y por Plaza Pueyrredón), y un recorrido corto entre Plaza Miserere y la Estación de Ómnibus de Retiro (CABA). En la Figura 4 se muestra el recorrido de la Línea y la ubicación de la cabecera principal, la ruta de los colectivos se ve en ambos sentidos comenzando en Flores hasta Retiro, y vuelta a Flores desde Retiro (verde claro).

La Línea 91 – operada por la empresa TRANSPORTES LOPE DE VEGA SA, contaba con un total de 65 unidades diésel, según base de parque móvil al 31 diciembre de 2019, y tiene su cabecera principal ubicada en General Piran 1881,

Aldo Bonzi, y la cabecera secundaria en Jorge Newbery 26, Isidro Casanova (ambas indicadas en el mapa de la figura siguiente). Los recorridos de la Línea 91 (seis en total), unen Retiro y Constitución (CABA) con la localidad de Villegas, en el partido de La Matanza (Provincia de Buenos Aires). La antigüedad promedio de la flota es de 2 a 3 años. Cada colectivo realiza 2 turnos de 2 vueltas (80km) por día que resultan en un total de 320 km diarios. En la Figura 4 se muestra el recorrido de la línea y la ubicación de la cabecera principal, la ruta de los colectivos se ve en ambos sentidos (verde oscuro).

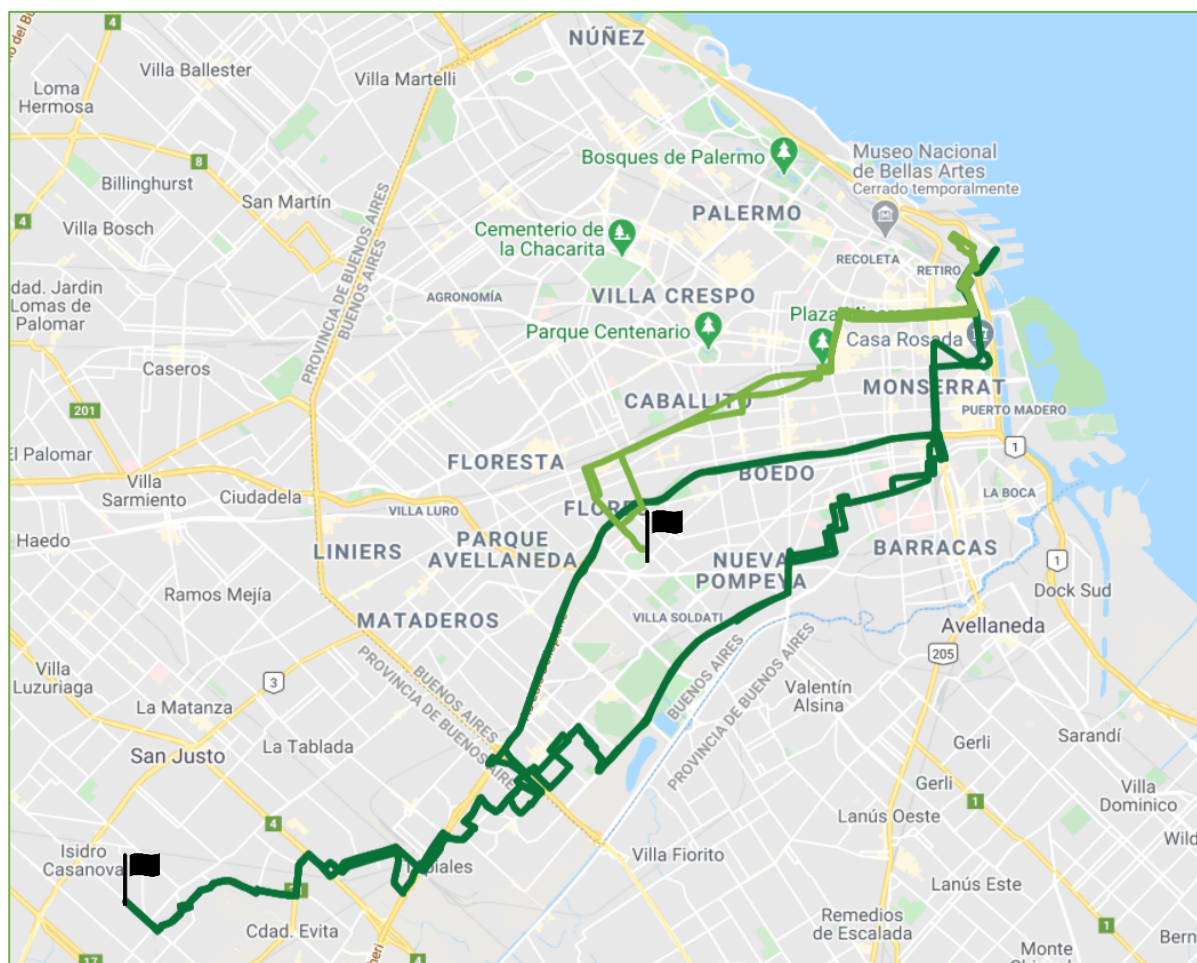


Figura 4. Recorrido realizado por la Línea 132 (verde claro) y la Línea 91 (verde oscuro) y ubicación de las cabeceras (banderas negras). Elaboración propia ³.

A continuación, se exponen las distancias promedio recorridas por cada una de las unidades de las líneas. Se habla de “turnos” para referirse a la duración de una jornada laboral completa de un conductor, por ejemplo, “turno mañana” o “turno tarde”, y suelen durar entre 8 y 9 horas. En general, los colectivos circulan

³ Elaborado a partir de datos de BA DATA. <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/colectivos-recorridos/archivo/juqdkmgo-561-resource>.

durante 16 horas por día (en algunos casos más), es decir, dos turnos por día. Esta información se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2. Distancia que típicamente recorren los buses de cada línea. Elaboración propia.

Línea	Distancia por vuelta [km]	Vueltas por turno	Turnos por día	Distancia por día [km]
132	29	3	2	174
91	80	2	2	320

2.2. Especificaciones de los colectivos biodiésel

A continuación, se detallan principales características de los modelos de vehículos usados. El modelo utilizado en la Línea 132 es un colectivo Scania K 250 UB 4x2 (Figura 5) Euro V con motor Scania DC9 y una cilindrada de 9300 cm³ y una potencia máxima de 250 HP a 1800 rpm. En la Figura 5 se puede observar una imagen de la unidad descripta. Durante los primeros meses, el equipo técnico de Scania realizó cambios en la unidad de biodiésel para optimizar el consumo de acuerdo con las condiciones del recorrido. Se listan, los cambios realizados, en orden cronológico a continuación:

- Cambio en el software de la caja de cambio, función ecodrive.
- Limpieza de inyectores.
- Cambio de rodado por uno más pequeño.



Figura 5. Imagen del colectivo Scania Biodiésel, utilizado en la prueba dentro de la Línea 132.

El colectivo que formó parte de la flota de la Línea 91 es un colectivo Agrale modelo MT17 con motor Cummins, y estándares de emisión Euro V. Está fabricado en la planta de Agrale ubicada en Mercedes (provincia de Buenos Aires). En la

Figura 6 se puede apreciar un sector de la fábrica y en la Figura 7 se observa el colectivo junto al equipo de trabajo de la prueba.



Figura 6. Planta de Agrale en Mercedes, visitada por el Gobierno de la Ciudad. Montaje de chasis.



Figura 7. Colectivo Biodiésel Agrale con el equipo que trabajo en la prueba (Explora, Línea 91, Agrale, GCBA).

Ambos colectivos cuentan con 29 asientos disponibles y una capacidad máxima de 70 pasajeros, igual a los convencionales diésel utilizados por las Líneas. A diferencia de otras tecnologías alternativas, los colectivos que operan a biodiésel requieren un tren de potencia idéntico al diésel. Salvando ciertas adaptaciones menores necesarias mencionadas más adelante, relacionadas con las

características del combustible, los colectivos resultan similares, con lo que su implementación es relativamente sencilla.

2.3. Metodología de seguimiento

Con el objetivo de obtener los datos para evaluar los vehículos se utilizaron distintas plataformas de telemetría en línea, y algunos registros manuales para corroborar la información. En primer lugar, para el coche Scania la empresa le proveyó al equipo técnico del GCABA telemetría en tiempo real para poder monitorear el bus, y los datos pudieron descargarse remotamente del portal “Fleet Management Portal”, el cual permitió acceder a datos promedio en el intervalo de tiempo deseado. Los parámetros relevados fueron: distancia recorrida, tiempo en funcionamiento del motor, tiempo en ralentí, velocidad media, y consumo medio de combustible. A fin de monitorear un colectivo diésel y corroborar los datos del colectivo biodiésel, se completaron planillas manualmente por personal de la Línea y se colocaron data loggers en algunas unidades diésel.

Para el caso de Agrale, se utilizó el portal de “MyGeoTab” provisto por la empresa, se trata de una plataforma muy completa que permitió seguir en tiempo real al bus en cuestión y un testigo diésel de la Línea. La plataforma cuenta con posicionamiento en tiempo real, abundante información del funcionamiento del motor y de la operación del bus. Entre otros, se analizaron en detalle los siguientes parámetros: odómetro, tiempo de funcionamiento del motor; tiempo en ralentí; consumo de combustible, velocidad media, kilometros recorridos. Además, posee una frecuencia de datos de 1 segundo, y es flexible a la hora de diseñar la manera en que se descargan los datos, es decir, permite obtener valores diarios, mensuales o por minuto.

A su vez, el equipo de la Secretaría de Transporte del GCABA realizó un seguimiento de algunas unidades diésel para comparar el performance entre ambos combustibles, visitó de manera periódica las instalaciones de las Líneas y estuvo en permanente contacto con ambos fabricantes de colectivos. A continuación, se muestran los resultados de los datos relevados con su correspondiente análisis.

2.4. Logística de biodiésel

A diferencia del diésel convencional, el biodiésel aún no cuenta con una infraestructura de provisión de combustible masiva en la CABA. Sin embargo, esto no es una limitante para los operadores de buses ya que ellos cuentan con su propio sistema de almacenamiento.

Ahora bien, para la prueba fue necesario proveer de combustible a dos unidades en diferentes cabeceras, esta escala no justificaba el uso del

almacenamiento subterráneo de cada Línea por lo tanto se resolvió de manera alternativa. La provisión del combustible biodiésel para la prueba estuvo a cargo de la empresa Explora S.A., quien produjo y transportó el combustible en tanques IBC desde su planta en Rosario (ver Figura 8) hasta las terminales de ambas líneas. Durante la prueba, éstos se colocaban en una batea antivuelco en cada cabecera reponiéndose cada 45 días. Cabe destacar, que esta logística fue provisoria para la Prueba, para el caso de pensarlo a escala, cambiaría la logística asemejándose más a la del diésel.

En el caso de usar los tanques de almacenamiento ya existentes, en las líneas, para almacenar biodiésel sería necesario tener en cuenta que este combustible puede absorber impurezas que el diésel haya ido acumulando en las paredes de los tanques. Por lo tanto, previo a almacenar el biodiésel en recipientes donde antes solía almacenarse el diésel, se recomienda una limpieza para evitar potenciales problemas como filtros tapados. En el anexo se encuentran las especificaciones del biodiésel producido por Explora S.A.



Figura 8. Planta de biodiésel de Explora en Rosario.

2.5. Resultados de la prueba

Durante la prueba, el colectivo Scania realizó un total de 35.923 kilómetros consumiendo 21.689 litros de biodiésel, lo cual resultó un consumo promedio de **60,4 litros cada 100 kilómetros**. Por otra parte, la unidad Agrale recorrió 81.832 kilómetros consumiendo para ello unos 41.332 litros de biodiésel, lo cual resultó en un consumo medio específico de **50,5 litros cada 100 kilómetros**. La Tabla 3 muestra un resumen de los resultados obtenidos, así como algunas de las condiciones de operación de cada Línea.

Tabla 3. Resumen de los resultados obtenidos durante la prueba. Elaboración propia.

Línea	Fabricante	Distancia recorrida [km]	Consumo de combustible [L]	Velocidad media [km/h]	Porcentaje en ralentí	Consumo medio específico [L/100km]
91	Agrale	81.832	41.332	18,4	36%	50,51
132	Scania	35.923	21.689	11,8	35%	60,38

A continuación, se describirá el detalle de las distancias y los consumos mes a mes junto con las principales características operativas de cada línea.

2.5.1 Distancia recorrida

Los colectivos convencionales de la Línea 132 recorren un promedio de 3.500 km por mes, pero para el colectivo Scania a biodiésel, el promedio mensual fue menor debido a bajas del servicio por ajustes en el motor durante los meses de marzo y abril. Cabe aclarar que estas bajas de servicio son de carácter excepcional por tratarse del primer colectivo que la empresa introdujo en el mercado, y se espera que en operación normal dichas bajas no ocurran.

Las distancias para la Línea 91 rondan los 7.000 km por mes con lo cual prácticamente duplican la recorrida de los buses de la Línea 132. En la Figura 9 y Figura 10 se muestran las distancias mensuales de cada Línea a lo largo de la prueba.

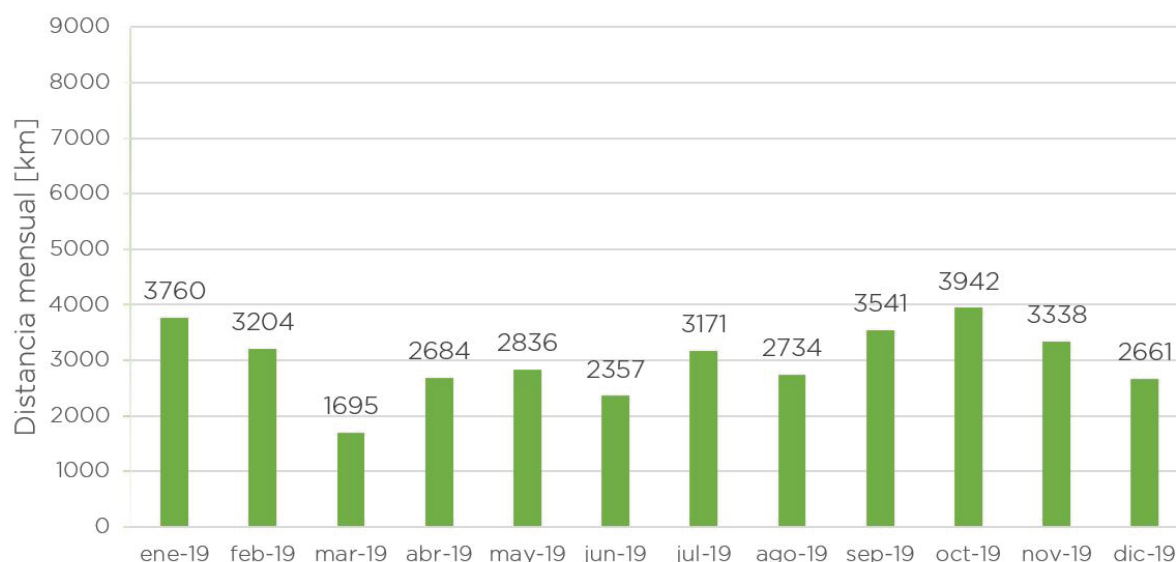


Figura 9. Distancia mensual efectuada por el bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.

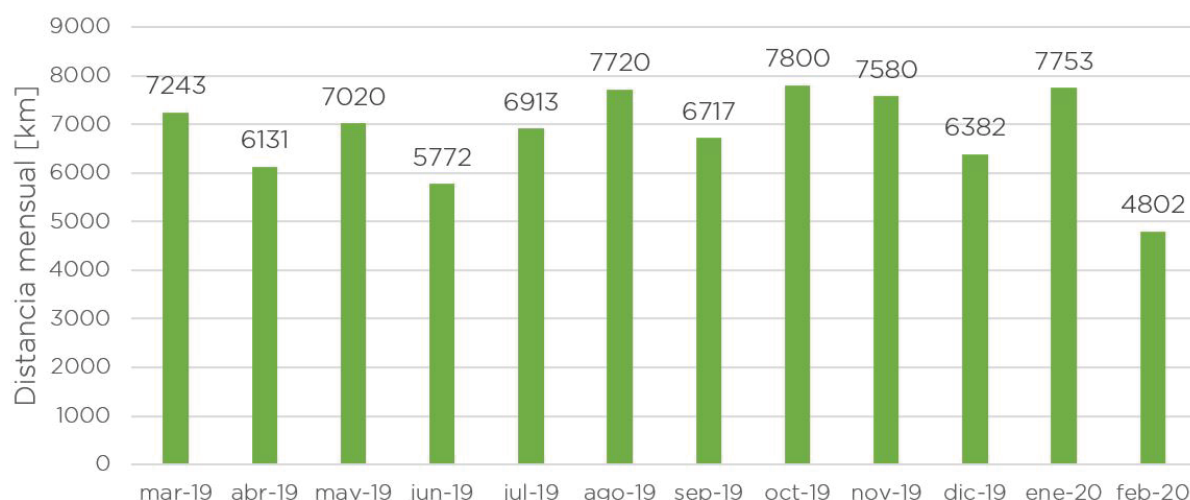


Figura 10. Distancia mensual efectuada por el bus Agrale biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.

2.5.2 Velocidad media

La velocidad media es un factor que puede tener un gran impacto en el consumo de combustible de un colectivo. En general se espera que, a mayor velocidad media se obtenga una mayor eficiencia ya que suele estar asociada a menores tiempos de ralentí, durante los cuales el motor opera sin realizar kilómetros; y menos frenadas y aceleraciones, que hacen que el motor de combustión interna opere fuera de su zona de mayor eficiencia.

La velocidad media de la Línea 132 resultó baja en comparación con la velocidad de otras líneas de la CABA, con un promedio anual de 11,8 km/h. La máxima velocidad media se registró en enero y julio, con 12,3 km/h, mientras que la mínima de solo 10,4 km/h se registró en marzo (Figura 11).

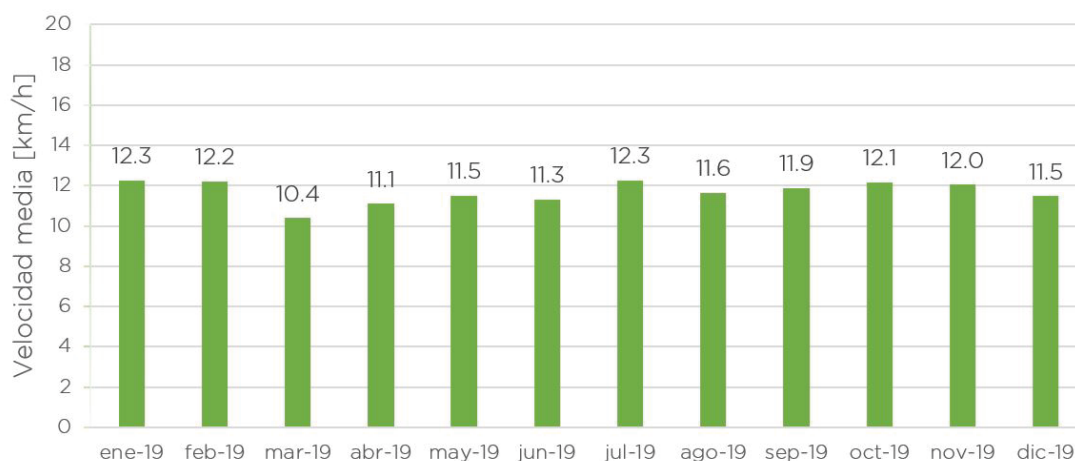


Figura 11. Velocidad media mensual del bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.

La velocidad media en la Línea 91, como se muestra en la Figura 12, fue sensiblemente elevada con respecto a la Línea 132. Esto se debe exclusivamente a las características propias del recorrido. En este caso, al ser un circuito con baja congestión, y debido a los tramos con autopista en el ramal rápido, la velocidad media estuvo alrededor de los 18 km/h, viéndose un leve incremento durante los meses de verano.

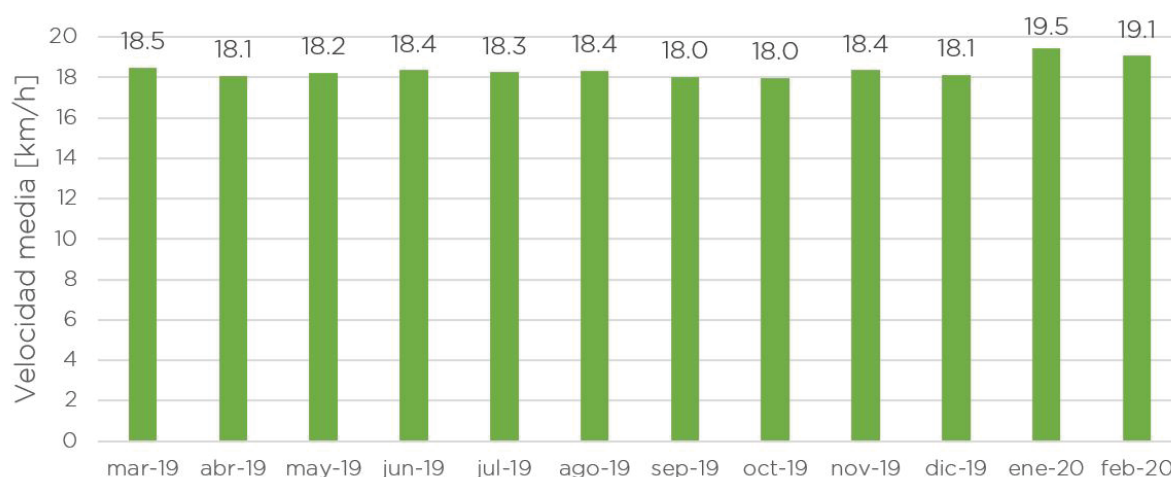


Figura 12. Velocidad media mensual del bus Agrale biodiésel en la línea 91

Esta diferencia de velocidades medias explica, en gran parte, la mayor cantidad de kilómetros realizados por el colectivo marca Agrale.

2.5.3 Tiempo en ralentí

Como se mencionó, el tiempo en ralentí también es un elemento con impacto relevante en el consumo específico de combustible. De acuerdo con los comentarios realizados por los operadores de colectivos, la mayor proporción del tiempo en ralentí se produce en las paradas de pasajeros y en menor medida, en los semáforos.

En este caso, si bien hay una gran diferencia en la velocidad media de las Líneas, no se observaron diferencias significativas en cuanto al tiempo en ralentí entre una línea y otra, siendo 35% para la Línea 132 y 36% para la Línea 91 (Figura 13 y Figura 14 respectivamente).

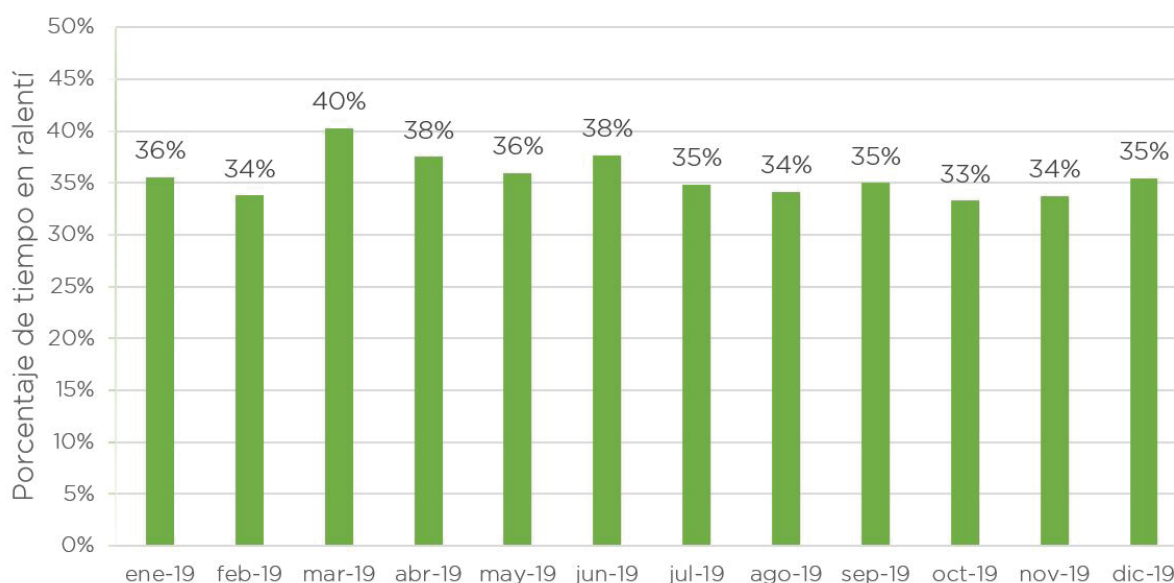


Figura 13. Porcentaje de tiempo en ralentí del bus Scania biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.

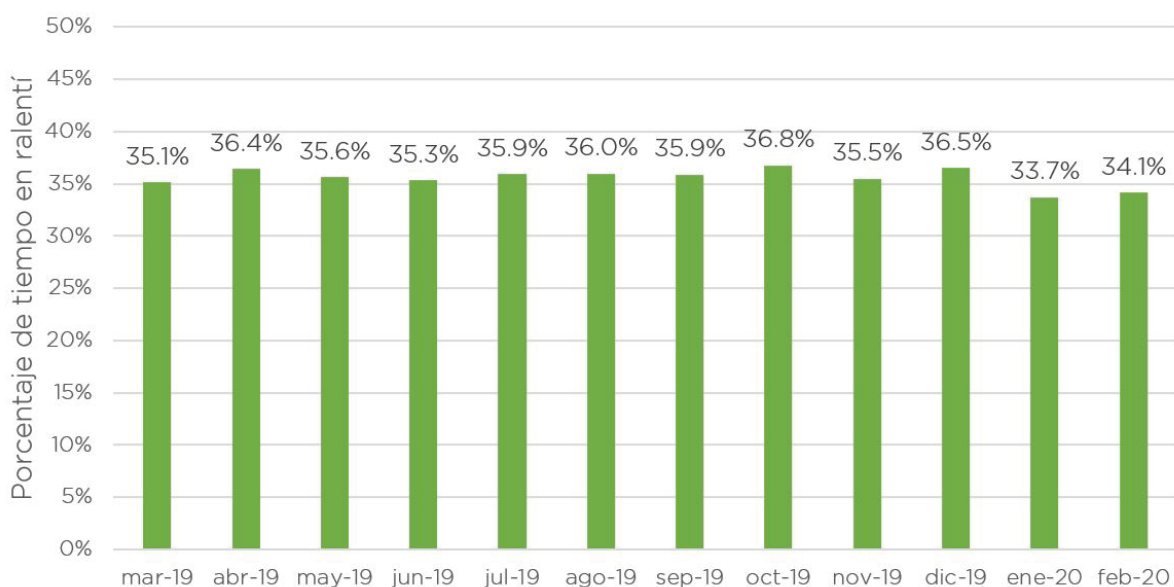


Figura 14. Porcentaje de tiempo en ralentí del bus Agrale biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.

2.5.4 Consumo específico

Habiendo revisado las características operativas más relevantes, se muestran los resultados de consumo específico por mes para cada una de las Líneas. En la Línea 132 (Figura 15), se observa que el mayor consumo se dio en los meses de verano (diciembre - marzo) mientras que el mínimo consumo se dio en julio y agosto. Como se mencionó anteriormente, el consumo promedio durante toda la prueba fue de 60,4 litros cada 100 kilómetros.

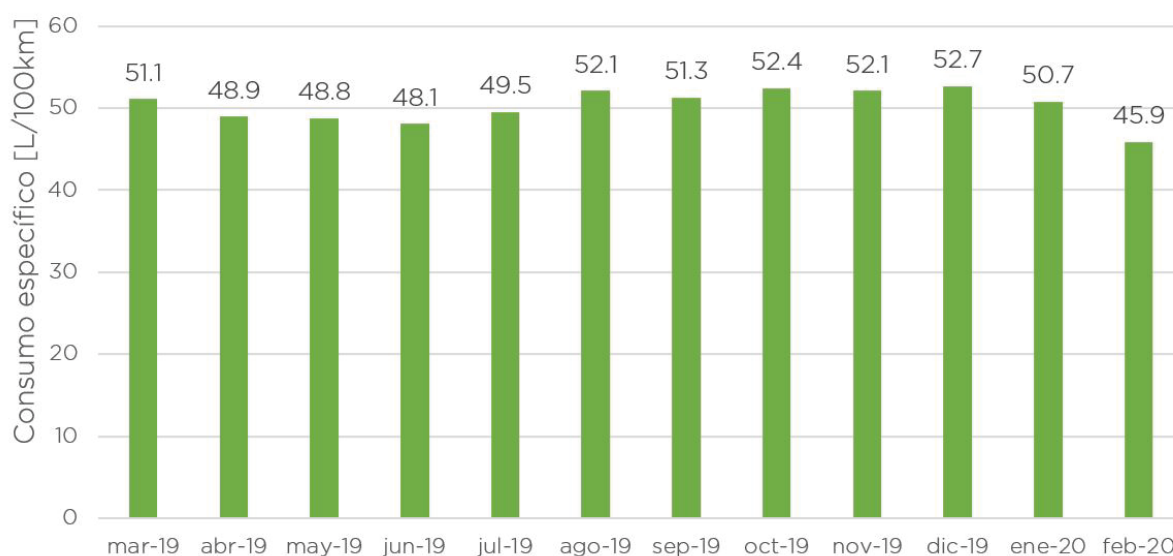


Figura 15. Consumo específico del bus Scania propulsado con Biodiésel en la Línea 132. Elaboración propia.

En la Línea 91 (Figura 16), los meses de mayor consumo fueron desde agosto a diciembre, mientras que los menores consumos se dieron entre abril y junio. El consumo promedio de toda la prueba fue de 50,51 litros cada 100 kilómetros.

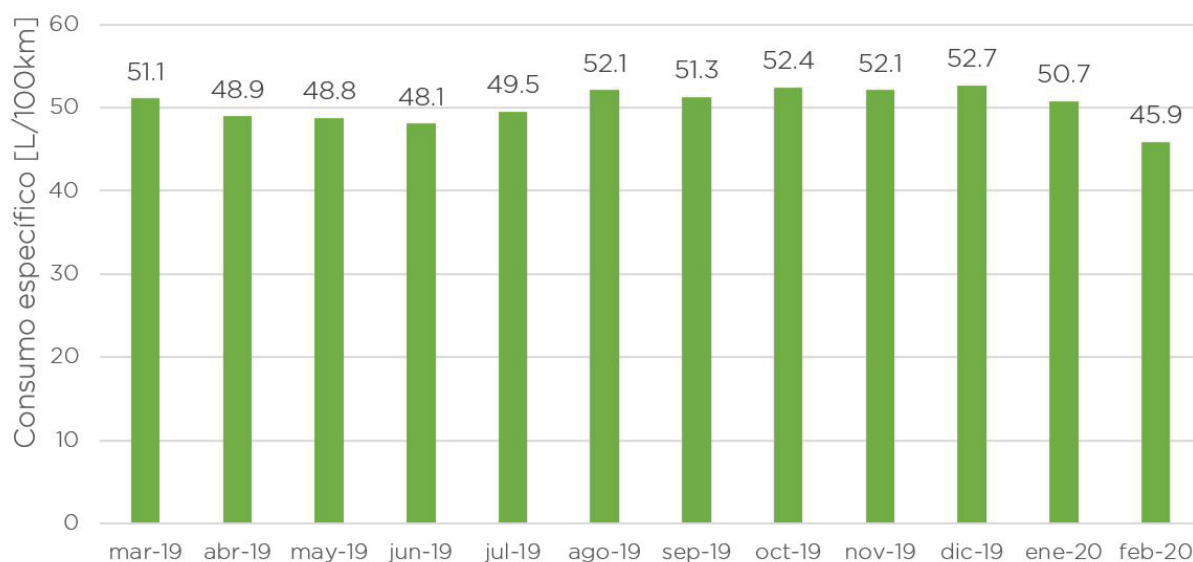


Figura 16. Consumo específico del bus Agrale con Biodiésel en la Línea 91. Elaboración propia.

Como se observa, la velocidad media de la Línea 91 es significativamente mayor a la de la Línea 132, siendo que este resultado de menor consumo específico era esperado. Esta diferencia no debería asociarse al hecho de que un vehículo es mejor que el otro, sino a la diferencia en las condiciones operativas.

2.5.5 Comparativa con el colectivo patrón diésel

Con el fin de entender hasta qué punto el cambio de combustible impacta en el consumo energético del colectivo, en ambas líneas se realizó un seguimiento de al menos una unidad patrón que realizara una operación comparable a la del colectivo biodiésel.

Entre agosto y diciembre, con la ayuda del equipo de mantenimiento de la Línea 132, se realizó un seguimiento de 4 unidades de colectivos diésel (internos 61, 107, 116 y 123), para obtener un consumo específico de referencia. Durante estos 5 meses, se registró el valor del odómetro de cada interno al final del día, así como también los litros de combustible necesarios para llenar el tanque. De esta manera, se pudieron obtener las distancias y consumos diarios, y posteriormente calcular los consumos específicos que se muestran en la Figura 17.

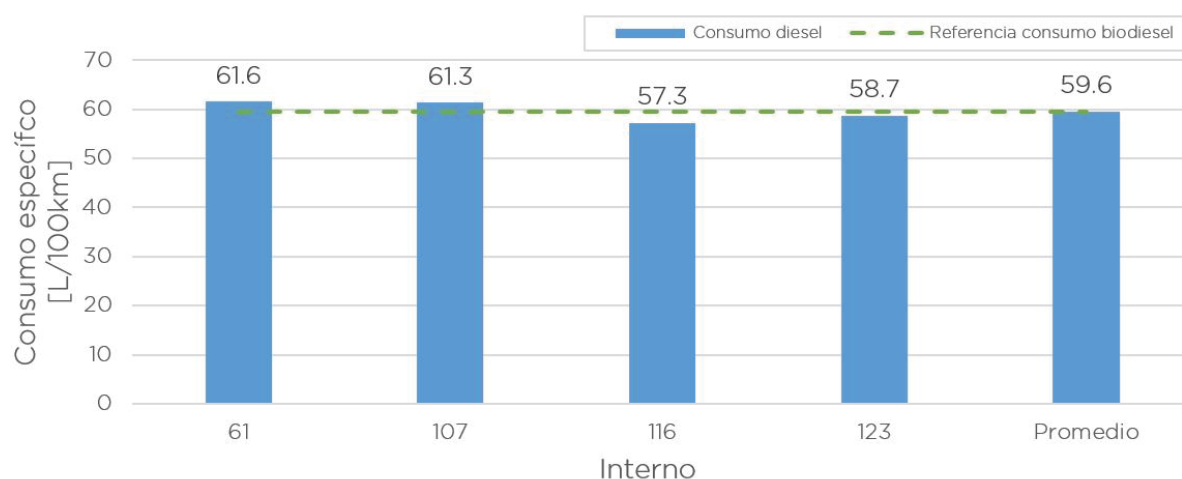
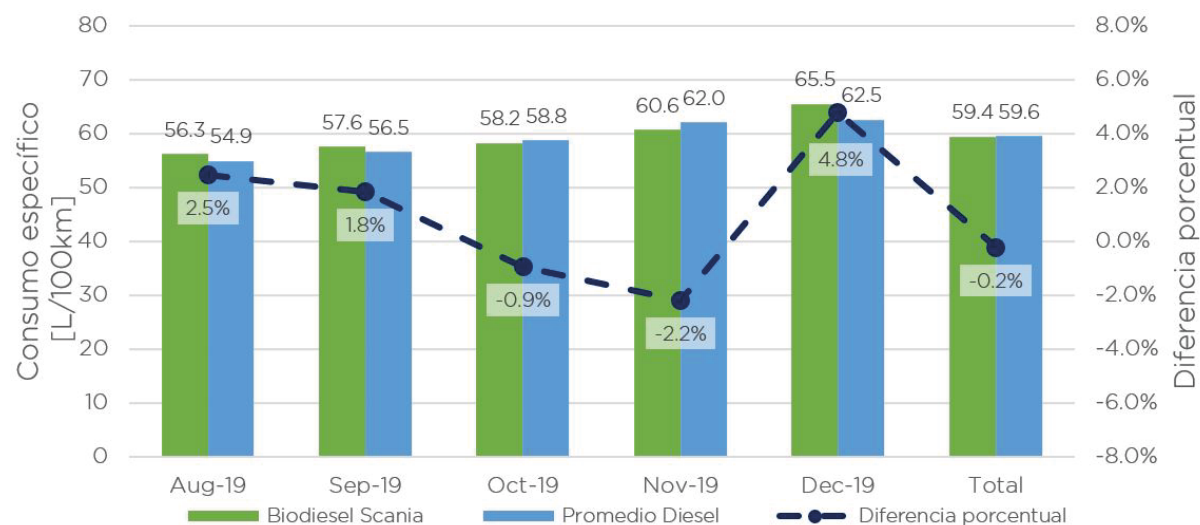


Figura 17. Consumos de los buses diésel de la Línea 132 entre agosto y diciembre de 2019. Elaboración propia.

Los internos diésel monitoreados (uno de chasis Agrale y tres de chasis Mercedes-Benz) tuvieron un consumo similar al del bus biodiésel de Scania. Entre agosto y diciembre, el bus Scania tuvo un consumo promedio de 59,4 litros cada 100 kilómetros mientras que, entre los 4 internos diésel se obtuvo un consumo promedio de 59,6 litros cada 100 kilómetros. En la siguiente figura se muestran los consumos desagregados mes a mes, comparando el promedio de los 4 internos diésel contra el consumo del biodiésel. A pesar de que hay una cierta variación en las diferencias porcentuales mes a mes, al contabilizar los consumos totales, se obtiene que la diferencia en consumo es prácticamente despreciable (0,2% a favor del biodiésel).

Figura 18. Consumo específico del bus Scania comparado con el promedio de 4 buses diésel de la Línea 132. Elaboración propia.



Las diferencias en el consumo específico entre el colectivo monitoreado biodiésel y los buses monitoreados diésel de la Línea son menores a la diferencia que reporta la literatura^{4 5}, donde generalmente se observa un mayor consumo específico del biodiésel. Entre otras razones, esto puede deberse a que se trata de motores, marcas, y años diferentes, cada bus puede tener un desempeño diferente dentro de un rango normal que no permite ver el aumento del consumo del biocombustible en comparación con el diésel. Por esta razón, en una etapa posterior se evaluará el colectivo Scania propulsado a diésel convencional.

En la Línea 91 se realizó también el seguimiento de un colectivo convencional (también de chasis Agrale), el cual estuvo circulando durante 7 meses con combustible diésel. A su vez, entre agosto y diciembre, el colectivo “patrón” estuvo circulando con combustible biodiésel por una decisión de la empresa. En la Figura 19 se observan los consumos específicos resultantes.

⁴ Alejandro Torres, Helen Denise Lugo Méndez, Raúl Lugo Leyte. (2015). Poder Calorífico Inferior de Biodiésel de Distintas Fuentes y su Desempeño en el Motor.

⁵ Alexander Scott MacGrogan, George Hutcheson Williamson, Joshua Wayne Curto, Matthew David Giambrone. (2015). A Comparative Analysis of Biodiesel and Diesel Emissions.

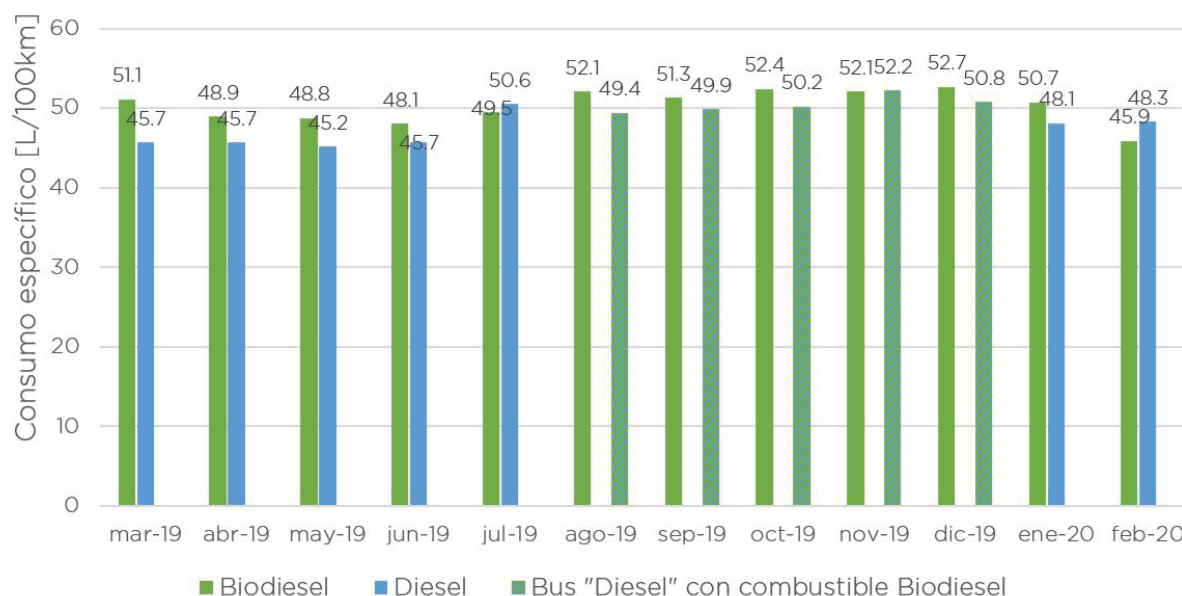


Figura 19. Comparativa de consumos entre el colectivo biodiésel y el colectivo "patrón" en la Línea 91. Elaboración propia.

Analizando en primer lugar el período en el que el colectivo patrón estuvo circulando con combustible diésel, se calcula un consumo 4,4% mayor para el colectivo biodiésel (49,2 L/100km vs 47,1 L/100km). Sin embargo, cuando se analiza el período en que ambos colectivos circularon con biodiésel (agosto a diciembre), se encuentra que la diferencia entre el colectivo biodiésel y el "patrón" de referencia es de un 3,3% (52,1 L/100km vs 50,4 L/100km).

De esta manera, resulta poco realista atribuirle la diferencia de consumo exclusivamente al tipo de combustible utilizado, ya que, de ser así, la diferencia en consumo no debería haberse mantenido durante el segundo período. Cabe aclarar que en ambos períodos las diferencias porcentuales obtenidas fueron relativamente bajas, y de acuerdo con lo mencionado por el fabricante, estas diferencias son esperables incluso entre dos colectivos idénticos circulando con el mismo combustible.

2.6. Mantenimiento

Otro factor interesante que se estudió fue el mantenimiento del colectivo, ya qué implica garantizar que un colectivo propulsado a biodiésel tenga una vida útil equivalente a la de un colectivo convencional. En el caso de la Línea 132, el mantenimiento estaba a cargo de Scania quien realizó sucesivos análisis de aceite para entender el punto óptimo de su recambio, entre otras variables que ajustaron.

A partir de los análisis de aceite realizados por Scania, en conjunto con Laboratorio Finning Cat, se concluyó que el recambio de aceite debe realizarse con una frecuencia 50% mayor en un colectivo biodiésel que en uno diésel. Para un

colectivo (marca Scania) que utiliza combustible diésel grado 3, Scania recomienda cambiar el aceite cada 600 horas de funcionamiento del motor, mientras que para el bus Biodiésel, este punto de recambio óptimo se obtuvo cada 400 horas.

Tabla 4. Diferencia porcentual en cambios de aceite según análisis de aceite periódicos realizados por Scania.

	Diesel	Biodiesel
Cambio de aceite [h]	600	400
Velocidad media de la línea [km/h]	11.8	
Cambio de aceite [km]	7080	4720
Distancia anual [km]	42000	
Cambios de aceite por año	6	9
Aumento porcentual	50%	

Como se puede ver en la Tabla 4, aumentar la frecuencia de 600 horas a 400 horas implica un aumento del 50% en la cantidad de recambios de aceite necesarios. A partir de estos resultados y de la experiencia de la empresa, Scania recomienda aumentar la frecuencia de todo el ciclo de mantenimiento (no solo el cambio de aceite) en un 50%. En la siguiente tabla, se muestran las recomendaciones de mantenimiento que Scania propone para sus unidades.

Tabla 5. Comparativa entre los esquemas de mantenimiento recomendados por Scania.

Tipo de mantenimiento	Tiempo sugerido [h]	
	Diesel	Biodiesel
X	300	200
S	600	400
X	900	600
M	1200	800
X	1500	1000
L	1800	1200

Donde X, S, M y L representan las intensidades de los servicios, siendo X el más leve y L el más fuerte. Como puede observarse, el bus diésel requiere un mantenimiento cada 300 horas de funcionamiento del motor, mientras que el biodiésel, cada 200. De acuerdo con lo reportado por Scania, el valor de un ciclo completo (como el que se muestra en la tabla) es de USD 3100 + impuestos, tanto para diésel como para biodiésel. La diferencia radica solamente en la frecuencia de este. Esta información se utilizará más adelante para el análisis económico. Cabe aclarar que estas son las recomendaciones que propone el fabricante para una vida

útil de 15 años. Una vez adquirida la unidad, el operador de la línea decide qué tan estricto deberá ser el mantenimiento en función del análisis de costo beneficio que se haga (gasto en mantenimiento vs vida útil del vehículo).

En el caso de Agrale, también realizaron análisis periódicos de aceite, pero no detectaron diferencias de calidad con respecto al colectivo patrón. En cambio, sí notaron diferencias en los filtros de combustible, con lo cual recomiendan aumentar la frecuencia al doble (de mantenimiento cada 10.000 km a 5.000 km). En términos generales, no notaron diferencias considerables en mantenimiento entre ambos buses.

3. Análisis económico

A continuación, se hará un análisis económico con la finalidad de comparar la estructura de costos de la operación de un colectivo biodiésel vs el diésel. Para esto se realiza un estudio del costo total de propiedad (TCO por sus siglas en inglés Total Cost of Ownership) que tiene un operador de buses, así como también sus distintas fuentes de ingresos. También se realizará un análisis de sensibilidad para entender el impacto que tiene el precio del combustible en el costo total.

Cabe aclarar que el siguiente análisis no debe tomarse como criterio de inversión, sino más bien como una primera aproximación a las variables económicas que intervienen en la elección de una tecnología por sobre otra. Además, los valores utilizados pueden cambiar desde la realización de este informe debido a la variación del valor de la moneda local frente al dólar y a los continuos avances tecnológicos del sector.

3.1. Costo total de propiedad

Es importante analizar la variable económica de esta prueba, ya que es un factor clave para la incorporación del biocombustible. Para ello, se presenta el costo total de propiedad (TCO) para un vehículo diésel y uno biodiésel. Para realizar este TCO, se utilizaron los datos de consumo y mantenimiento de la Prueba Piloto, mientras que los demás datos se generaron mayormente a partir de los comentarios realizados por los operadores a lo largo de la prueba junto con información otorgada por el Ministerio de Transporte de la Nación⁶.

Los precios utilizados para los combustibles fueron provistos por los operadores de las líneas, por Explora (proveedor de Biocombustible para la prueba) y por la Secretaría de Energía. Los precios del biodiésel se fijan por acuerdos entre privados (a diferencia del diésel convencional) con lo cual el precio

⁶ Costos e Ingresos Medios de los Servicios de Transporte de Pasajeros Urbanos y Suburbanos de la Región Metropolitana. Período: septiembre 2019. Según surge del Anexo III de la Resolución N° 789 de fecha 05 de diciembre de 2019 del Ministerio de Transporte de la Nación.

final dependerá de las condiciones propias de cada acuerdo. En cuanto al mantenimiento, dado que Scania recomienda un aumento del cronograma de mismo del 50%, mientras que Agrale no registra mayores modificaciones en su estrategia, se considera un aumento del 25% del costo de este. Se exceptúan de este aumento rubros donde no debería haber cambios, como en el recambio de neumáticos, engrase, lavado, entre otros. Las principales variables utilizadas en el cálculo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Valores utilizados en el análisis económico. Elaboración propia.

LÍNEA	91 - 132	
Tecnología	Diesel	Biodiesel
Consumo [Litros/km]	0,492	0,471
Distancia diaria [km]	269	269
Días operativos por mes	26	26
Vida útil del bus [años]	10	10
Aumento de flota	-	0%
Tamaño de flota	60	60
Precio del bus sin IVA [USD]	\$ 165.000	\$ 165.000
Diferencia de precio del bus	-	0%
Precio del combustible sin IVA [USD/L]	0,71	0,59
Variación de mantenimiento	-	25%
Tasa de interés del capital invertido	6,55%	6,55%
Valor residual del vehículo	5%	5%

3.2. Resultados del costo total de propiedad

A partir de esta información se construye el TCO como se observa la Figura 20. En esta se muestran los principales costos que intervienen en la operación de un bus. Se puede observar, que ambas tecnologías presentan una estructura de costos muy similar, siendo la diferencia principal entre ambas el gasto en combustible, y en segundo lugar el mantenimiento. Si bien el consumo en el biodiésel puede ser hasta un 6% mayor en algunos meses, su menor precio con respecto al diésel lo hace ser económicamente competitivo.

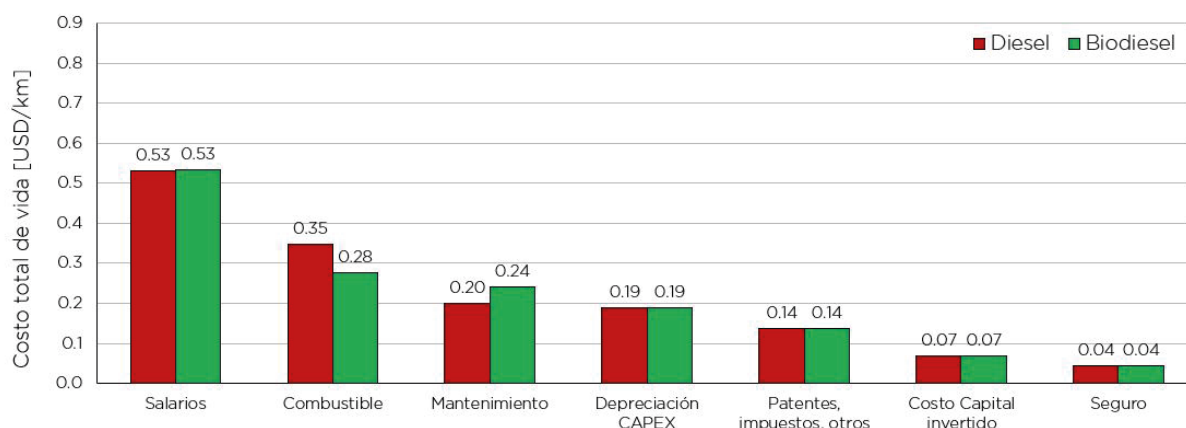


Figura 20. Costo total de vida de un colectivo diésel Euro V y un colectivo biodiésel operando dentro de la Línea. Elaboración propia.

Dicho ahorro en combustible logra sobrepasar el aumento del mantenimiento, haciendo que el TCO total del biodiésel de 1,49 USD/Km sea levemente menor (alrededor de 2%) respecto al TCO de un diésel de 1,52 USD/Km. La Tabla 7 muestra el costo total de propiedad (TCO) de ambas tecnologías, expresado en USD/km.

Tabla 7. Costo total de vida de ambas tecnologías para la operación de la Prueba Piloto para una flota de 60 unidades. Elaboración propia.

Costo total de propiedad	Biodiesel [USD/km]	Diesel [USD/km]
	1,49	1,52

Sin considerar ningún tipo de subsidio, (los cuales se analizan más adelante) el consumo de combustible representa un 19% del gasto total. En términos de costos, será conveniente utilizar biodiésel, siempre y cuando el precio del mismo compense el leve aumento en consumo y mantenimiento. A continuación, se presenta un análisis de sensibilidad para ilustrar este concepto.

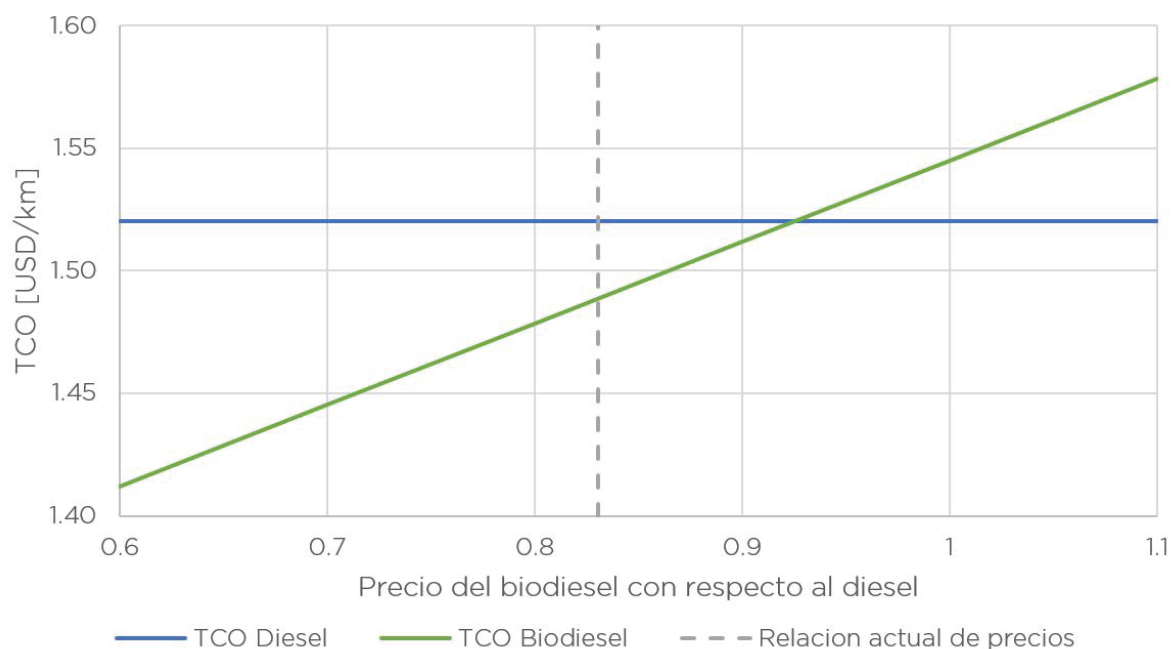


Figura 21. Análisis de sensibilidad del impacto del precio relativo en el TCO de un bus biodiésel. Elaboración propia.

En el eje x se tiene la variación en la relación de precios entre ambos combustibles, por ejemplo, un 0,90 significa un precio del biodiésel un 10% más barato que el diésel (en USD/L). Manteniendo el costo del diésel fijo, y variando el costo del biodiésel, las rectas verde y azul representan la variación en el TCO de cada tecnología en función de la relación de precios. De este gráfico se puede concluir lo siguiente: dadas las condiciones actuales, el precio del biodiésel debe ser al menos un 7% menor que el del diésel para compensar el aumento en consumo y el aumento en mantenimiento. Por otro lado, como se puede ver en la figura, con la relación actual de precios de ambos combustibles se encuentra que el TCO del biodiésel es un 2% menor que el diésel. Por lo tanto, dadas las condiciones actuales, el aumento del consumo de biocombustible se ve compensado por el menor precio de este en comparación con el diésel, dando como resultado un TCO más competitivo.

3.3. Subsidios

Para debatir de los subsidios al transporte se necesita analizar en profundidad como está estructurado el sistema, y se trata de un tema tan extenso como complejo. Como no es el objetivo de este trabajo, pero si, incide directamente

sobre los incentivos a la hora de optar por una tecnología sobre la otra, se explica de manera muy breve como reciben los operadores los subsidios.

Para completar el análisis, hace falta contemplar las diferencias en los ingresos entre ambas tecnologías. Considerando que ambos colectivos tienen la misma capacidad de transportar pasajeros, cabría esperar que ambos recauden lo mismo. Sin embargo, dada la estructura de costos y compensaciones (que a través de subsidios reciben los operadores), resulta que, al usar cualquier combustible que no sea Gasoil convencional, se deja de percibir un porcentaje de subsidio.

En primer lugar, el Gobierno Nacional reconoce una estructura de costos “tipo”, donde se tienen en cuenta todas las variables que entran en juego a la hora de operar una línea. Esta información es pública y se puede encontrar en el Boletín Oficial. Esta estructura, además, de ser muy característica del tipo de combustible mencionado asume que los operadores compran el gasoil a un precio de mercado ponderado. Luego al momento de calcular el subsidio, la estructura prevé que la empresa ya percibió un descuento de \$20 por el 90% de los litros de combustible que se estiman necesarios para cumplir con la totalidad de kilómetros considerados en la misma. El combustible representa un 13,75% de los costos de los operadores según surge de los valores publicados en la última estructura de costos vigentes para las empresas pertenecientes a CABA. Este descuento en el subsidio, que afecta a todas las prestadoras del sistema independientemente del tipo de combustible que utilicen, se compensa al momento de la carga de gasoil en la boca de expendio, donde la petrolera le descontará \$20 por litro de gasoil adquirido, hasta agotar el stock asignado a la prestadora.

En segundo lugar, la validadora SUBE transmite su geo posición tiempo real. Esto quiere decir, que se obtienen a partir de la validadora los kilómetros reales que cada línea realiza. Los kilómetros multiplicados por el costo por kilómetro (con diésel subsidiado) da como resultado el costo total de operar. A este costo total se le resta lo que cada línea recauda, neto de IVA, a través de los boletos y el mencionado monto correspondiente al descuento del gasoil a fin de determinar la “Compensación Requerida” prevista en el ANEXO 11 de la Estructura de Costos. De esta manera, según la estructura de costos del gobierno nacional la empresa quedaría con una cuenta de suma 0.

Una empresa que esté buscando comenzar a utilizar otra tecnología en sus unidades se encontraría con el siguiente problema: se encuentra pagando el precio completo del combustible biodiésel, y recibe una compensación que corresponde a un diesel con descuento. Por lo tanto, recibiría una compensación menor a la que le correspondería por pagar el precio completo del biodiésel.

Es necesario reiterar, que esta explicación está sumamente simplificada, porque no tiene como objetivo analizar el esquema de subsidios, sino analizar cómo la misma beneficia/perjudica el uso de biodiésel a la hora de ser incorporada por los operadores de colectivos.

4. Análisis ambiental

Luego de analizar los aspectos técnicos y económicos, es necesario evaluar el impacto ambiental que tiene dicha tecnología frente al diésel convencional utilizado en la CABA. En la siguiente sección se mostrarán los aspectos a tener en cuenta para la evaluación objetiva y los resultados en el impacto ambiental, principalmente cambio climático y gases de efecto invernadero. También se da una descripción de los principales contaminantes del aire presentes por la combustión de combustibles fósiles.

En esta sección se explican las principales características del biodiésel y sus ventajas comparativas con respecto al diésel convencional, basados en estudios realizados previo a esta prueba.

4.1. El biodiesel

El biodiesel es un biocombustible producido a partir de fuentes renovables que puede reemplazar o complementar el gasoil de origen fósil, utilizando su misma infraestructura de almacenaje, transporte y distribución. Además, puede producirse a partir de materia prima proveniente de diferentes fuentes. En este estudio particularmente, nos centraremos en biodiésel de primera generación sojero, pero también puede producirse a partir de aceite de coco, aceite de girasol, aceite de canola, aceite de maní, aceite de palma, aceite colza, aceite de eucaliptus, semilla de caucho, microalgas, aceite domiciliario utilizado, grasa vacuna, grasa avícola, aceite de pescado, entre otros.

4.2. Poder calorífico del biodiesel

Por su composición química, el biodiésel tiene menor contenido energético que el diésel convencional (Tabla 1) por litro de combustible. Por lo tanto, los vehículos propulsados a biodiésel suelen consumir más litros de combustible para hacer la misma cantidad de kilómetros. Si bien esta diferencia ronda el 8%, es válido recordar, que en esta prueba estaremos comparando B100 contra B10 (mezcla 10% biodiésel y 90% diésel), razón por la cual esta diferencia es ligeramente inferior.

Tabla 8. Contenido energético por tipo de combustible. Elaboración propia.

Combustible	Poder calorífico interior [MJ/L]
Biodiesel	33.22
Diesel	36.09

En general, la literatura muestra que el incremento del consumo específico es similar a la disminución del poder calorífico. La mayoría de los estudios encontraron una eficiencia térmica similar al diésel al usar biodiésel y mezclas, por lo que se concluye que el aumento en el consumo de combustible no es causado por alguna pérdida de eficiencia térmica, sino por el reducido poder calórico del biodiésel^{4 5}.

4.3.Ciclo Completo del dióxido de carbono

Para entender el impacto del biodiésel en el cambio climático y su contribución al efecto invernadero, es necesario conocer el ciclo completo de producción además de las emisiones directamente asociadas al consumo del combustible del vehículo.

En primer lugar, trataremos las emisiones del tanque a la rueda (tank-to-wheel) es decir, aquello que emite el vehículo durante la quema del combustible. Si se compara el contenido de carbono por litro de combustible, el biodiésel tiene un valor menor al diésel, no obstante, para realizar una comparación equitativa, considerando que el biodiésel tiene un menor poder calorífico, conviene medir la cantidad de carbono por unidad de energía. De esta manera, se puede observar la relación: el biodiésel presenta una cantidad levemente mayor de carbono por unidad de energía que el diésel convencional. En términos porcentuales el potencial de aumento de emisiones directas de CO₂ del biodiésel respecto al diésel es menor al 1% como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Carbono por tipo de combustible. Elaboración propia.

Combustible	Contenido de Carbono ² [kg/GJ]	Aumento teórico de emisiones (tanque a rueda) respecto al diésel
Biodiesel	20,7	0,2%
Diesel	20,3	

A diferencia de la combustión de carburantes de origen fósil, el ciclo de carbono del biodiésel es cerrado, es decir que al quemar el combustible se liberan a la atmósfera moléculas de dióxido de carbono que fueron previamente capturadas por las plantas (usadas para su producción) durante el proceso de fotosíntesis. La manera correcta de comparar las emisiones del ciclo completo de ambos combustibles es analizar la huella de carbono de los mismos. Es decir, conocer su impacto desde la etapa de producción hasta su utilización en los vehículos, ya que los procesos productivos y el transporte de ambos también generan emisiones.

Para abordar este tema tomaremos como referencia un estudio realizado por BioSource Technology: “Life cycle Energy and greenhouse gas emission of biodiesel in the United States with induced land use change impacts” (Cheng, Qin, Han, Wang, Taheripour, Tynner, O’Connor, Duffield, 2018). En este trabajo se estudia el ACV (Análisis de Ciclo de Vida) y el impacto de la expansión de los cultivos. El ACV toma en cuenta desde la producción del insumo para generar el combustible hasta quemarlo, mientras que el impacto de expansión estudia los efectos de ampliar la frontera agrícola para la producción de soja, por ejemplo.

Entonces, se comparan las emisiones de gases de efecto invernadero de todo el proceso de producción del biodiésel y del diésel. Para esto, se toma información de varias fuentes, pero la principal es el GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy in the use of Transportation) desarrollado por el Argonne National Laboratory en 2016. En el GREET se pueden estimar las emisiones de todas las actividades referidas a la producción del biodiésel a partir de la soja, y a la producción del diésel.

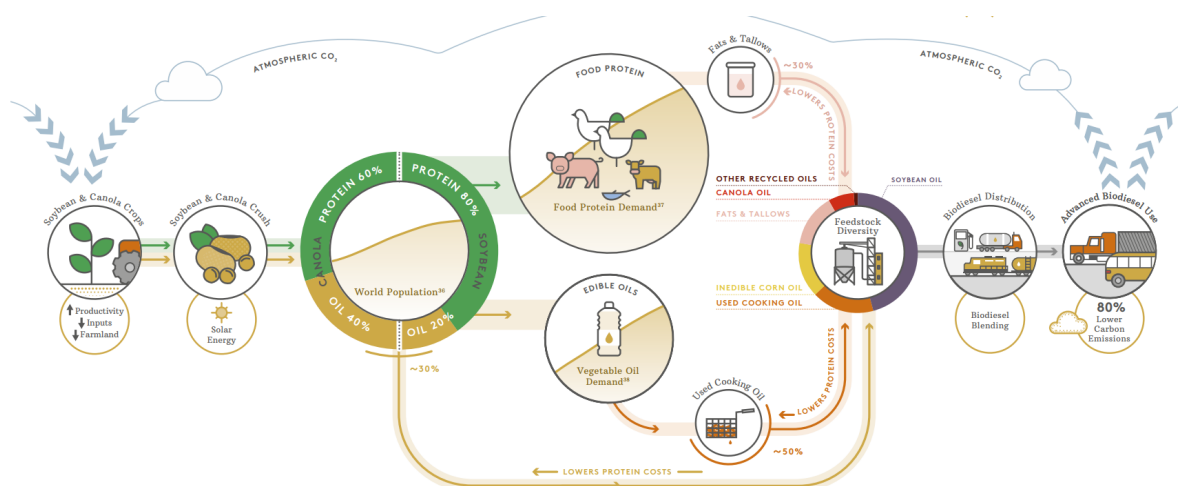


Figura 22. Diagrama de Ciclo de Vida del Biodiésel. Fuente: Biodiesel Earth Day Sustainability Booklet. Biodiesel, America's Advanced Biofuel, Spring 2019.

Los procesos que se tienen en cuenta para calcular las emisiones son: las actividades agrícolas para la producción de soja incluye el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, las prácticas de laboreo, el transporte del poroto de soja, la producción de aceite de soja, el transporte del aceite de soja, la producción del biodiésel, el transporte y la distribución del biodiésel. Por último, se tiene en cuenta la expansión de la frontera agrícola para la siembra de la soja, o de cultivos que pueden ser insumo para biocombustibles. A continuación, se muestra un diagrama (Figura 25) con las emisiones correspondientes a cada proceso del ciclo de vida de ambos combustibles.

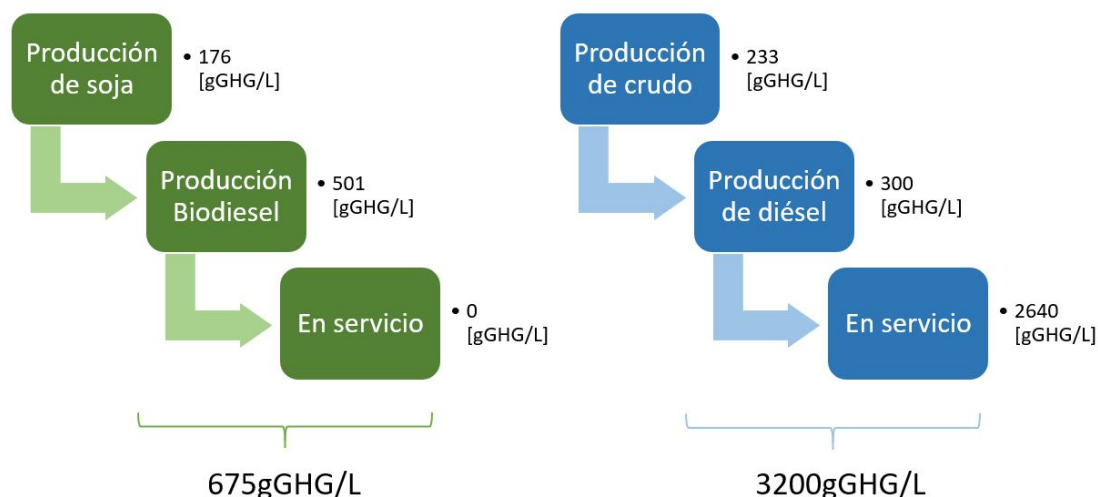


Figura 23. Emisiones correspondientes a cada proceso del ciclo de vida del combustible. (gGHG se refiere a los gramos de gases de efecto invernadero que se emiten)

En conclusión, el biodiésel proveniente del aceite de soja reduce las emisiones de CO₂ entre un 70% y 80% en comparación al diésel convencional, sin tener en cuenta la expansión de la frontera agrícola. En el caso de considerar, la expansión de la frontera agrícola, la reducción de emisiones pasa a ser un tanto menor, entre el 66/72%, con respecto al diésel. Esto dependerá de qué hábitat natural se está convirtiendo en un campo de cultivo, un bosque suele tener una reserva de carbono mayor que un pastizal, u otro cultivo agrícola. Entonces, es evidente que utilizar biodiésel en lugar de diésel tiene un impacto positivo de carácter significativo para la reducción de gases de efecto invernadero, es decir, en el cambio climático.

4.4. Calidad del aire: agentes tóxicos

Llamamos agentes tóxicos a aquellos gases que emiten los vehículos que son perjudiciales para salud y nocivos para el medioambiente. Estos gases son generados en los cilindros durante la combustión y la generación de cada uno de ellos dependen de diversas variables en dicho proceso, los cuales se comentarán en cada sección para cada uno. Si bien algunos también contribuyen al cambio climático, son especialmente dañinos para las vías respiratorias de las personas, entre los más comunes se encuentran los óxidos nitrosos y el material particulado⁷. A continuación, se describen cada uno de ellos para entender el potencial beneficio de reducir las emisiones de dichos contaminantes.

4.4.1 Óxidos nitrosos

⁷ Para dicha sección, se utiliza de referencia el GREET. Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy in the use of Transportation) desarrollado por el Argonne National Laboratory en 2016.

Cuando hablamos de óxidos nitrosos nos referimos al óxido nítrico (NO), y al dióxido de nitrógeno (NO₂). El óxido nítrico es un gas incoloro, inodoro, no inflamable, y poco tóxico. Mientras que, el dióxido de nitrógeno es un gas pardo-rojizo tóxico, que provoca daños al aparato respiratorio. Cabe señalar, que el óxido nítrico puede oxidarse en dióxido de nitrógeno con facilidad una vez en contacto con la atmósfera.

Se prevé un aumento del 10% de emisiones de NO_x cuando se comparan las emisiones generadas por el uso del biodiésel contra las del diésel convencional⁸. Esto puede variar, pero en general sucede porque se alcanzan mayores temperaturas durante la combustión. Para mitigar el efecto existe el precalentado del biodiésel que reduce su módulo de compresibilidad, retardando la apertura de los inyectores y en consecuencia reduciendo los picos de presión y temperatura en la combustión, lo que reduce las emisiones de NO_x.

4.4.2 Monóxido de carbono (CO)

Otro elemento de interés que no fue analizado en esta prueba pero que podría tenerse en cuenta en futuros trabajos, es el Monóxido de Carbono (CO). Este gas es uno de los contaminantes más perjudiciales para la salud humana cuando se encuentra en una alta concentración y en espacios cerrados. Su toxicidad proviene de su interferencia a la función principal de la hemoglobina (hemoproteína de la sangre): transportar oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos, de este efecto, se derivan múltiples enfermedades cardiovasculares. Dicho gas puede tener consecuencias en terminales de colectivos poco ventiladas donde el personal está circulando entre los vehículos para distintas tareas. Además, el monóxido de carbono luego es fácilmente oxidable en la atmósfera para generar CO₂ y NO₂ con el nitrógeno disponible en el aire, contribuyendo al impacto en el cambio climático.

La tendencia general establecida para las emisiones de monóxido de carbono del biodiésel indica una reducción de estas en comparación con el diésel convencional. Esto se debe a que el mayor contenido de oxígeno en el biodiésel promueve una combustión completa, reduciendo los niveles de monóxido de carbono en el escape. En conclusión, la reducción de monóxido de carbono del biodiésel en comparación con el diésel convencional ronda el 48%⁸.

4.4.3 Material particulado (MP)

El material particulado (MP), consiste en partículas sólidas y líquidas de sustancias que se encuentran suspendidas en el aire. Este es emitido por los

⁸ A Comparative Analysis of Biodiesel and Diesel Emissions. MacGrogan, A. S., Williamson, G. H., Curto, J. W., & Giambrone, M. D., 2015. (<https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/2429>)

motores diésel y consiste principalmente en compuestos orgánicos volátiles (COV) definidas como partículas de hollín carbonáceas y pequeñas cantidades de cenizas carbonáceas. El transporte aporta un mayor porcentaje de emisiones de MP2.5 (correspondiente a partículas más finas respecto al MP10, que se da mayormente en procesos mecánicos como las obras en construcción). Los efectos en la salud son amplios, pero afectan en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Según la OMS, el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición tanto breve como prolongada. El material particulado puede penetrar hasta los pulmones y sus efectos dependen de su composición química.

La mayoría de los estudios informan que el biodiésel conduce a una reducción en las emisiones de material particulado en comparación con el diésel: 40 a 70% menor para el biodiésel puro. Esta variación puede deberse a la materia prima con la que se fabrique el biodiésel y a la operación del motor. La reducción de material particulado a menudo se atribuye al mayor contenido de oxígeno en el biodiésel, lo que conduce a una combustión más completa y promueve la oxidación del hollín. La relación aire-combustible estequiométrica para el biodiésel es menor, lo que significa que una cantidad relativamente mayor de exceso de oxígeno está disponible en la cámara de combustión, y por lo tanto hay una probabilidad reducida de regiones ricas en combustible en la mezcla no uniforme de combustible-aire. Además, la ausencia de compuestos aromáticos en el biodiésel, que en general se consideran precursores del hollín, y el contenido nulo de azufre (de la mayoría) del biodiésel que impide la formación de sulfatos (componente significativo del MP para el diésel) contribuyen a la considerable reducción de material particulado en comparación al diésel convencional.

4.4.4 Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos son sustancias que contienen hidrógeno y carbono, su estructura molecular depende del número de átomos de carbono que forman la molécula. Hay hidrocarburos con alto peso molecular que están presentes en el material particulado que proviene de la combustión, la mayor presencia de HC en los gases de escape indica que el combustible se está quemando de forma incompleta. Si bien en la combustión de los motores diésel se da con mezcla pobre (mayor relación de oxígeno que la estequiométrica) siempre hay una pequeña fracción de HC no quemados. Los compuestos de las diferentes fracciones de los hidrocarburos pueden tener diversos efectos en la salud de las personas. Por ejemplo, algunos compuestos como el benceno, tolueno y xileno, pueden afectar al sistema nervioso. Dependiendo del tipo y cantidad de sustancias químicas, del tiempo de exposición, de la persona, entre otros, será el efecto.

En lo que respecta a emisiones, la literatura indica una reducción en las mismas para hidrocarburos en el biodiésel, en comparación con el diésel por las siguientes razones. En primer lugar, el aumento del contenido de oxígeno en el biodiésel conduce a una combustión más completa. Segundo, el mayor punto de

ebullición final del diésel implica una mayor fracción final de hidrocarburos pesados que no puede ser completamente vaporizada y quemada. Por último, el avance a la inyección y combustión de biodiésel, con un mayor número de cetano (NC), reduce el retardo de encendido y aumenta el tiempo de residencia de la combustión. En otras palabras, este número sirve como clasificación del tiempo de encendido para motores diésel, siendo que números de cetano más altos dan una mejor combustión. Por lo tanto, se estima, que los hidrocarburos se pueden reducir entre un 20% y un 70% utilizando biodiésel, en vez de diésel convencional ^{9 10}.

4.4.5 Biodiésel auto oxidación

Es válido mencionar, que el combustible biodiésel se degrada por autooxidación y los productos de la degradación se consideran indeseables. Además, es esperable que aumenten: los niveles de contaminantes insolubles (poliméricos), la viscosidad del combustible, el pH, el NC, y el poder calorífico del combustible. Para mejorar esta condición, los estudios han demostrado que TBHQ es uno de los aditivos antioxidantes más efectivos que se puede usar para aumentar la resistencia del biodiésel a la autooxidación.

4.5. Resumen Biodiésel

En resumen, es esperable un leve aumento de consumo de combustible biodiésel, en comparación al diésel convencional por su menor poder calorífico. Con respecto a emisiones de CO₂, la disminución es considerable, alrededor del 76% sin considerar la expansión de la frontera agrícola, y del 66-72% si se toma en cuenta. Además, la mayoría de los estudios informan disminución en las emisiones de monóxido de carbono, material particulado, e hidrocarburos, en el orden del 48%, 50-70%, y 20-70%, respectivamente. No obstante, es esperable un aumento de los NO_x al utilizar biodiésel, aunque este aumento no está unánimemente reportado en la literatura.

⁹ A Comparative Analysis of Biodiesel and Diesel Emissions. MacGrogan, A. S., Williamson, G. H., Curto, J. W., & Giambrone, M. D., 2015. (<https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/2429>)

¹⁰ Biodiesel Earth Day Sustainability Booklet. Biodiesel, America's Advanced Biofuel, Spring 2019.

5. Conclusiones

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires es la ciudad más poblada de la Argentina. Al igual que otras grandes ciudades del mundo presenta una compleja infraestructura haciendo que tenga importantes desafíos a la hora de desarrollar su sistema de transporte, ya que son muchas personas que dependen del mismo para circular por dicha ciudad. Estos desafíos consisten en plantear nuevos modos de producción e intercambio, buscando soluciones para las problemáticas socioambientales, articulados en una estrategia sostenible. El desarrollo del sistema de transporte resulta de vital importancia en la búsqueda de soluciones al impacto ambiental que genera. Los colectivos que circulan por la Ciudad, propulsados a diésel, son responsables de una parte significativa de las emisiones de óxidos nitrosos y de material particulado, y en menor medida de las emisiones de dióxido de carbono respecto al total de emisiones del transporte en la CABA. La contaminación afecta principalmente a la salud de los ciudadanos, y además contribuye a los efectos negativos del cambio climático en las ciudades, como las mayores y más intensas precipitaciones; y el aumento sostenido en la frecuencia y duración de las olas de calor; así como en la aceleración del aumento de la temperatura del planeta. Los resultados de este trabajo han sido el punto de partida principal para determinar una estrategia para adoptar tecnologías y hábitos cada vez más sostenibles.

Por lo antedicho, la CABA tiene objetivos ambientales ambiciosos con respecto a la movilidad y en especial al autotransporte público de pasajeros. El Programa de Prueba Piloto se creó con el objetivo de tener un marco experimental para nuevas tecnologías, como el uso de combustibles alternativos como el biodiésel. Siendo este una alternativa fácil de implementar y de menor impacto en las emisiones, respecto al diésel. De la prueba se obtuvo información sumamente valiosa que permitió entender las barreras hacia el uso de biodiésel en una flota de buses urbanos en la Ciudad.

A modo de cierre se enumeran en detalle las conclusiones de la Prueba Piloto. En primer lugar, en términos técnicos los buses biodiésel no presentaron mayores inconvenientes para incorporarse a la operación normal de las líneas en las que circularon. Las unidades biodiésel son similares que las unidades diésel, por lo tanto, no fue necesaria una adaptación por parte del personal de la línea para su manejo. Con respecto al mantenimiento de los colectivos se sugieren algunas pautas sencillas como aumentar la frecuencia del cambio de aceite y filtros en comparación a la que se realiza para los colectivos diésel. De todos modos, estas pautas de mantenimiento no se tratan de alteraciones significativas para la organización de las líneas, ni para su estructura de costos. Con respecto al biocombustible, si bien no se utilizaron los tanques típicos subterráneos de las cabeceras donde se almacena comúnmente el combustible diésel por la baja escala que implica una sola unidad, de existir el incentivo para cambiar la flota de una

línea a biodiésel se puede utilizar la misma infraestructura existente. Para esto último debería tenerse en cuenta detalles como la limpieza del tanque y cambio de filtros previo al almacenaje del biodiésel donde estuvo almacenado el diésel anteriormente.

En segundo lugar, se desprende del análisis económico, previamente expuesto, que el biodiésel resulta económicamente atractivo para las líneas metropolitanas pero la estructura de costos y compensaciones actual no genera los incentivos adecuados para el cambio tecnológico. Por un lado, cobra IVA a los boletos, mientras que subsidia la tarifa. Y a la vez que subsidia el combustible diésel, recauda por el impuesto al carbono y a los combustibles líquidos. Se desprende del precio histórico del diésel en Argentina y de la Ley 26.093 de Biocombustibles, la cual fija el precio desde 2006 del biodiésel, que el litro del biocombustible suele guardar una relación del 30% menor al precio del diésel convencional. No obstante, la estructura actual de los subsidios al transporte público distorsiona los precios, favoreciendo al diésel y desincentivando el uso de combustibles alternativos en el transporte público. La Ley 26.093 de Biocombustibles venció en mayo de 2021, a menos de un año de la fecha mencionada el marco legal es incierto.

En resumidas palabras, el sistema actual y su manera de operar los servicios dificultan el uso de combustibles alternativos al diésel y su incorporación a gran escala para mejorar en términos no solo ambientales, sino de eficiencia del sistema. De ello resulta necesario decir que urge trabajar en los distintos aspectos mencionados que dificultan los avances tecnológicos, lo que permitirían acceder a un sistema más eficiente. Si bien actualmente las 32 líneas DF (Distrito Federal) son de jurisdicción nacional, existe un escenario probable donde se traspasen al GCABA, lo cual permitiría no solo el incentivo de tecnologías bajas emisiones en el transporte, sino el uso más eficiente de los recursos con los que cuenta el Estado.

En tercer lugar, según el análisis ambiental desarrollado, el biodiésel es un combustible que superó las expectativas. Suele existir un trade-off entre tecnología limpia e inversión necesaria para implementarla. Es decir, cuanto más limpia la tecnología mayor inversión requerida. Pero en este caso, el biodiésel se comporta de manera diferente. Es decir, la incorporación del biodiésel al sistema de colectivos metropolitano no implica una inversión significativa para su implementación, pero si resulta en un ahorro importante de emisiones de dióxido de carbono (75%), y un impacto menor, pero aun así relevante, en la calidad de aire. Entre sus contras cabe mencionar que no es carbono neutral ni disminuye la contaminación sonora.

En conclusión y de conformidad con lo expuesto hasta acá, los colectivos propulsados a biodiésel mostraron ser una alternativa de implementación rápida, con baja o nula inversión, y beneficiosa en términos ambientales. Resultando una opción prometedora y de transición inmediata hacia una ciudad carbono neutral.

Por último, corresponde mencionar que es necesario y oportuno continuar con el estudio de la tecnología en cuestión y la escalabilidad de la misma, ya que existen

múltiples variables que pueden modificarse, tanto político – económicas como técnicas que podrían mejorar los resultados, y así lograr un óptimo aprovechamiento de esta alternativa.

6. Bibliografía

1. Plan de Movilidad Limpia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2017. Publicado el 21 de diciembre de 2017.
2. Resolución N°634/SECTTRANS/17 - Programa de Prueba Piloto de Buses de Tecnología Limpia, 2017. En el marco del Plan de Movilidad Limpia. Publicada en el Boletín Oficial, 10 de noviembre 2017. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
3. Resolución N°156/SSTYTRA/18 - Creación del Programa de Prueba Piloto de Buses de Combustibles Alternativos Publicada en Boletín Oficial Nro. 5341 el 20 de marzo 2018, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
4. Resolución N°158/SSTYTRA/18 - Creación de la segunda convocatoria a participar del Programa Prueba Piloto de Buses de Tecnología Limpia. Publicada en Boletín Oficial Nro. 5341 el 23 de marzo 2018, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
5. Sitio oficial Buenos Aires Data, período: 2019-2020. (<https://data.buenosaires.gob.ar/>)
6. Ley 24.449 Ley de Tránsito (1994). Publicada en el Boletín Oficial, 10 de febrero de 1995. Argentina.
7. Resolución 139/97 - Transporte Automotor de Pasajeros, Manual de Especificaciones Técnicas para vehículos. (1997). Publicada en el Boletín Oficial. 5 de enero de 1998, Argentina.
8. Sitio oficial del Ministerio de Transporte de Nación. Costos e Ingresos Medios de los Servicios de Transporte de Pasajeros Urbanos y Suburbanos de la Región Metropolitana, período: septiembre de 2019. (<https://www.argentina.gob.ar/transporte>)
9. Sitio oficial del Ministerio de Transporte de Nación - Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), período: 2019 - 2020. (<https://www.argentina.gob.ar/transporte/cnrt>)
10. Rui Chen, Zhangcai Qina, Jeongwoo Hana, Michael Wanga, Farzad Taheripourb ,Wallace Tynerb, Don O'Connorc, James Duffieldd, 2018. Life cycle energy and greenhouse gas emission effects of biodiesel in the United

- States with induced land use change impacts. *Bioresource Technology* 251 (2018) 249-258.
11. A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Assessment and Standards Division Office of Transportation and Air Quality U.S. Environmental Protection Agency. EPA, 2002.
 12. Biodiesel Earth Day Sustainability Booklet. Biodiesel, America's Advanced Biofuel, Spring 2019.
 13. GREET (Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy in the use of Transportation), desarrollado por el Argonne National Laboratory, 2016.
 14. MacGrogan, A. S., Williamson, G. H., Curto, J. W., & Giambrone, M. D., 2015. A Comparative Analysis of Biodiesel and Diesel Emissions. Retrieved from (<https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all/2429>)
 15. Méndez, H. L., Ruiz, J. C., & Valdivia, R. A., 2015. Poder Calorífico Inferior De Biodiésel De Distintas Fuentes Y Su Desempeño En El Motor. *Trabajo*, 7(11).
 16. Sitio oficial de la Organización Mundial de la Salud (OMS) – Guías de calidad de aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

7. Anexo

7.1. Ficha técnica colectivo Agrale

Buses Agrale

Buses MT 17.0 LE

MOTOR	
Marca/Modelo	CUMMINS ISB 6.7
Nivel de Emisiones	EURO V
Nº de cilindros/cilindradas	6 / 6.700 cm3
Potencia Máxima	169 kW (228 cv) a 2.300 rpm
Torque máximo	821 Nm de 1.100 a 1.800 rpm
Sistema de Inyección Electrónica	COMMON RAIL
SISTEMA ELÉCTRICO	
Sistema	24 V
Batería	24 V / 135 Ah (02 unidades)
Alternador	28 V / 80 A
TRANSMISIÓN	
Engranaje tipo	Convertidor de torque
Diámetro externo del disco	-
Caja de Cambios	ALLISON T270R Automática
Nº de marchas	5 Avance y 1 R inversa
Reducciones	1 a 3,48 : 1 / 2a 1,86 : 1 / 3a 1,41 : 1 / 4a 1,00 : 1 / 5a 0,75 : 1 / Rev. 5,03 : 1
EJES	
Eje delantero	DANA 61462XW
Tipo - Delantero	Viga I
Eje trasero	DANA S25 171
Tipo - Trasera	Totalmente Flotante
Relación de reducción Estándar (NS)	6,14 : 1
Relaciones de reducción opcionales (OPC)	-
DESEMPEÑO TÉCNICO (BASADO EN LAS RELACIONES NS Y OPC)	
Velocidad Máxima	92,49 km/h (NS)
Subida de Rampa en PBT	19,43% (NS)
Arque en Rampa en PBT (Start Ability)	15,5% (NS)
Relación Potencia / Peso	9,73 CV / TON
NEUMÁTICOS (TIPO)	
Dimensiones	275/80 R22.5

RUEDAS (TIPO)	
Dimensiones	7.50 x 22.5
CHASIS	
Tipo	LOW ENTRY (estructural)
Suspensión Delantera	Neumática
Suspensión Trasera	Neumática
Amortiguadores delantero - Trasero	Telescopicos de doble acción
FRENOS	
Freno de Servicio	Tambor "S-CAM" Neumáticos con reg. aut.
Freno Motor (accionamiento/actuación)	Electro-neumática / Tipo de escape
Freno de Estacionamiento	Spring Brake 30°
DIRECCIÓN	
Modelo	ZF SERVOCOM 8097
Tipo	Hidráulica
Ciclo de Giro	23,80 m
CAPACIDAD DE ABASTECIMIENTO (L)	
Cilindrada del motor - Volumen c/ litro	17 litros
Caja de Cambios - Volumen	17 litros
Diferencial - Volumen	14,5 litros
DIMENSIONES	
Entre ejes	6.000 mm
Largo total vehículo	12.000 mm
Arqueo Parte ext. (neumáticos) Eje Delantero	2.460 mm
Arqueo Parte ext. (neumáticos) Eje Trasero	2.413 mm
Calibre - Delantero	2.154 mm
Calibre - Trasero	1.895 mm
Balance delantero	2.300 mm
Balance trasero	3.260 mm
PESOS Y CAPACIDADES	
PBT - Paso Bruto Total	17.000 kg
Peso chasis en orden de marcha	5.703 kg
CMT - Capacidad Máxima de Tracción	17.000 kg
Carga Máxima Eje Delantero	6.500 kg
Carga Máxima Eje Trasero	11.300 kg

ITEMS DE SERIE	
Freno Motor	NS
Sistema de Regulación Aut. Del Freno	NS
Cilindra Neumático Aux. del Engranaje	NS
Computadora de bordo en el Cluster	NS
Piloto automático	NS
ITEMS OPCIONALES	
Válvula sensible a la carga	D
Relación de Accesorios e Items de Serie Buses	
Leyenda: NS (Normal de Serie) / D(Disponible) / NA (No Aplicable)	

CONCESIONARIO:

7.2. Ficha técnica colectivo Scania

Soluciones para transporte de pasajeros

EURO5

Soluciones para transporte de pasajeros

EURO5

K 250
UB 4x2

9 litros 250 HP

Los ómnibus Scania son reconocidos por su economía de operación sobresaliente. Cada componente está diseñado para mejorar el rendimiento del vehículo y establecer estándares mundiales en cuanto a la economía de combustible, la facilidad de conducción, el control en el camino, la confiabilidad y el tiempo productivo.

MOTOR

Cilindrada	Scania DC 9
Potencia máxima	9.300 cm ³
Torque máximo	250 HP (184 kW) a 1800 rpm
	1150 Nm entre 1000 y 1300 rpm
Descripción	Ciclo diesel 4 tiempos, 5 cilindros en línea, tapas de cilindros individuales, 4 válvulas por cilindro. Unidades industriales de inyección bomba. Sistema de control electrónico. Turbo sobrealimentado con post enfriador aire - aire. Sistema de reducción catalítica Scania SCR. Cumple normas de emisión Euro 5.
Freno auxiliar de motor	Manual + Automático.
Potencia máxima total de freno	251 HP (187 kW) a 2400 rpm.

CAJA DE CAMBIOS ZF 6AP1200B

- Tipo automática de 6 marchas
- Convertidor de par con bloqueo
- 1 marcha atrás.

DIFERENCIAL

Modelo	R800 de simple reducción
Reducción	4,88 (opcionales disponibles)
Atrásre máximo	40.000 Kg

CHASIS

Puesto de conducción

- Volante regulable
- Puesto de conducción de altura normal
- El tablero de instrumentos incluye los instrumentos y Neumáticos combinados, indicador de nivel de combustible, indicador de temperatura de refrigerante, velocímetro, tacómetro (Frayja verde dinámica) computadora de abordo y pantalla de diagnóstico.
- Tacógrafo de 7 días.

Características

- Chasis urbano con altura de piso bajo.
- Bascador de 8 mm de espesor.
- Suspensión neumática con 2 cámaras delante y 4 atrás.
- Suspensión reforzada.

Suspensión

- Suspensión delantera: Neumática con capacidad máxima de eje de 7.500 Kg, barra estabilizadora.
- Suspensión trasera: Neumática con capacidad máxima en el eje de (12.000Kg) barra estabilizadora.
- Elevación y descenso total 100mm.

Sistema eléctrico

- 24 voltios.
- Batería de 180 Ah.
- Alternadores 100 A + 100 A.
- Computarmento de motor con interruptores de parada, iluminación y selector de partida trasero o frontal.
- Corte general de corriente en la batería.
- Opcionales: Alternadores 150 A + 150 A, corra de batería en el tablero. Baterías de 225 Ah.

NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Delanteros	255/60 R22.5 con llantas 8.00x22.5 de acero.
Traseros	255/60 R22.5 con llantas 8.00x22.5 de acero.
Repuesto	255/60 R22.5 con llantas 8.00x22.5 de acero.
Opcional	Diversas medidas de neumáticos y llantas.

FRENOS

Tipo	A tambor
Descripción	• Control de freno electrónico EBS (incluye ABS y control de tracción). • Asistencia de arranque en pendiente Hill hold.

DIMENSIONES GENERALES

I: Voladizo delantero	2500 mm
J: Voladizo trasero	3000 mm
A: Distancia entre ejes de transporte	3000 mm
G: Largo total (Transporte)	8450 mm
Máximo ángulo de giro	52°
Ancho delantero de chasis	2475 mm
Ancho trasero del chasis	2467 mm

SCANIA

Scania tiene una política de negocio de desarrollo continuo de sus productos. Las imágenes aquí de cualquier ilustración, por lo tanto, se reserva el derecho de hacer modificaciones en sus productos en todo momento. Para mayor información sobre Scania y sus productos, visite el sitio web de Scania en su idioma local.

SCANIA

7.3. Especificaciones biodiésel explora



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ET-LA02-033
REV: B
MAYO 2019

BIODIESEL BEX

Biodiesel para uso puro en motores diésel. Calidad asegurada en punta de línea de planta Explora S.A.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITES		MÉTODO DE ENSAYO	COMENTARIOS
		Mín.	Máx.		
Contenido de éster	% m/m	96,5		EN 14103	
Densidad a 15°C	kg/m³	880	890	EN ISO 12185	
Viscosidad cinemática a 40°C	mm²/s	3,50	4,50	EN ISO 3104	
Punto de inflamación	°C	150		EN ISO 2719	
Contenido de metanol	% m/m		0,05	EN 14110	
Contenido de agua	mg/kg		250	EN ISO 12937	
Contaminación total	mg/kg		24	EN 12662	
Índice de acidez	mg KOH/g		0,50	EN 14104	
Estabilidad a la oxidación a 110°C	horas	8,0		EN 14112	Aditivo certificado "Evaluation of No Harm Properties" emitido por AGQM
Éster metílico de ácido linoléico	% m/m		12,0	EN 14103	
Metilésteres poliinsaturados (>= 4 doble-ligaduras)	% m/m		0,50	EN 15779	
Contenido de monoglicéridos	% m/m		0,70	EN 14105	
Contenido de diglicéridos	% m/m		0,20	EN 14105	
Contenido de triglicéridos	% m/m		0,10	EN 14105	
Glicerina libre	% m/m		0,01	EN 14105	
Glicerina total	% m/m		0,23	EN 14105	
Número de cetano		45		EN ISO 5165	Dato estadístico s/muestra semestral
Contenido de azufre	mg/kg		10,0	EN ISO 20846	Dato estadístico s/muestra semestral
Contenido de fósforo	mg/kg		4,0	EN 14107	Dato estadístico s/muestra semestral
Corrosión a lámina de cobre, 3hs a 50°C	grado		Clase 1A	EN ISO 2160	Dato estadístico s/muestra semestral
Residuo carbonoso	%m/m		0,025	ASTM D-4530	Dato estadístico s/muestra semestral
Cenizas sulfatadas	% m/m		0,01	ISO 3987	Dato estadístico s/muestra semestral
Metales grupo I (Na + K)	mg/kg		5,0	EN 14538	Dato estadístico s/muestra semestral
Metales grupo II (Ca + Mg)	mg/kg		5,0	EN 14538	Dato estadístico s/muestra semestral
Índice de yodo	g I ₂ /100 g		reportar	EN 14111	Dato estadístico s/muestra semestral

Explora S.A.
www.explora.com.ar

Sede Central
Av. Santa Fe 1461 2° piso • C1060ABA
Ciudad de Buenos Aires • Argentina
Tel: +54 (11) 5272 4300

Planta Industrial
Pte. H.Yrigoyen 2933 • S2202DTG
Pto. Gral. San Martín • Santa Fe • Argentina
Tel: +54 (3476) 429 400



**Buenos
Aires
Ciudad**



**Vamos
Buenos
Aires**