

Resultados de las Pruebas de Larga Duración con Biodiésel de Palma en una Flota de Servicio Público

*IV Seminario Latinoamericano y del Caribe de biocombustibles
Cali – Colombia, 28-30 de abril de 2009*



Equipo de trabajo

CENIPALMA

María Antonia Amado Díaz
Ronald Arturo Carranza Sánchez
Jhon Freddy Torres
Jesús Alberto García Núñez

ECOPETROL S.A

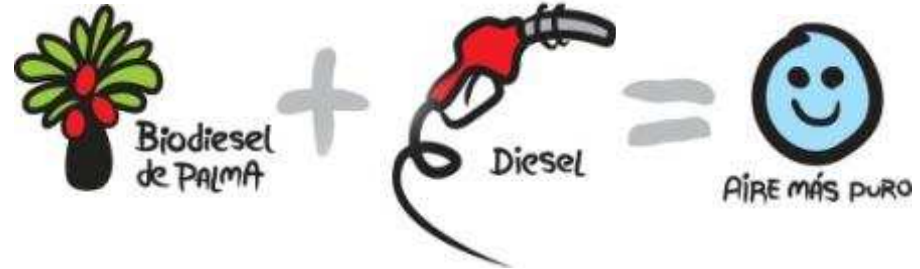
Julia Raquel Acero Reyes
José Luis Sarmiento Vesga
Humberto Vidales Olaya
José Aristóbulo Sarmiento Chaparro
Jaime Augusto Torres Novoa

Sí99

Oscar Rincón Riveros
Daniel Cabuya Parra

FEDEPALMA

Mónica Cuellar Sánchez



Equipo Directivo

FEDEPALMA

Jens Mesa Dishington

CENIPALMA

José Ignacio Sanz Scovino

Sí99

Víctor Raúl Martínez Palacio

ECOPETROL S.A.

Camilo Marulanda López
Néstor Fernando Saavedra Trujillo



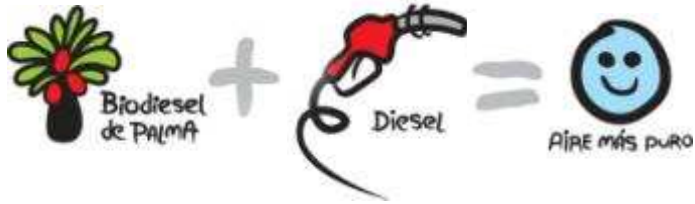


Estas pruebas son el resultado de más de un millón de kilómetros recorridos, transportando aproximadamente 6 millones de pasajeros utilizando el biodiésel de palma en el sistema Transmilenio.

Una inversión de más de \$2.800.000.000 de pesos.

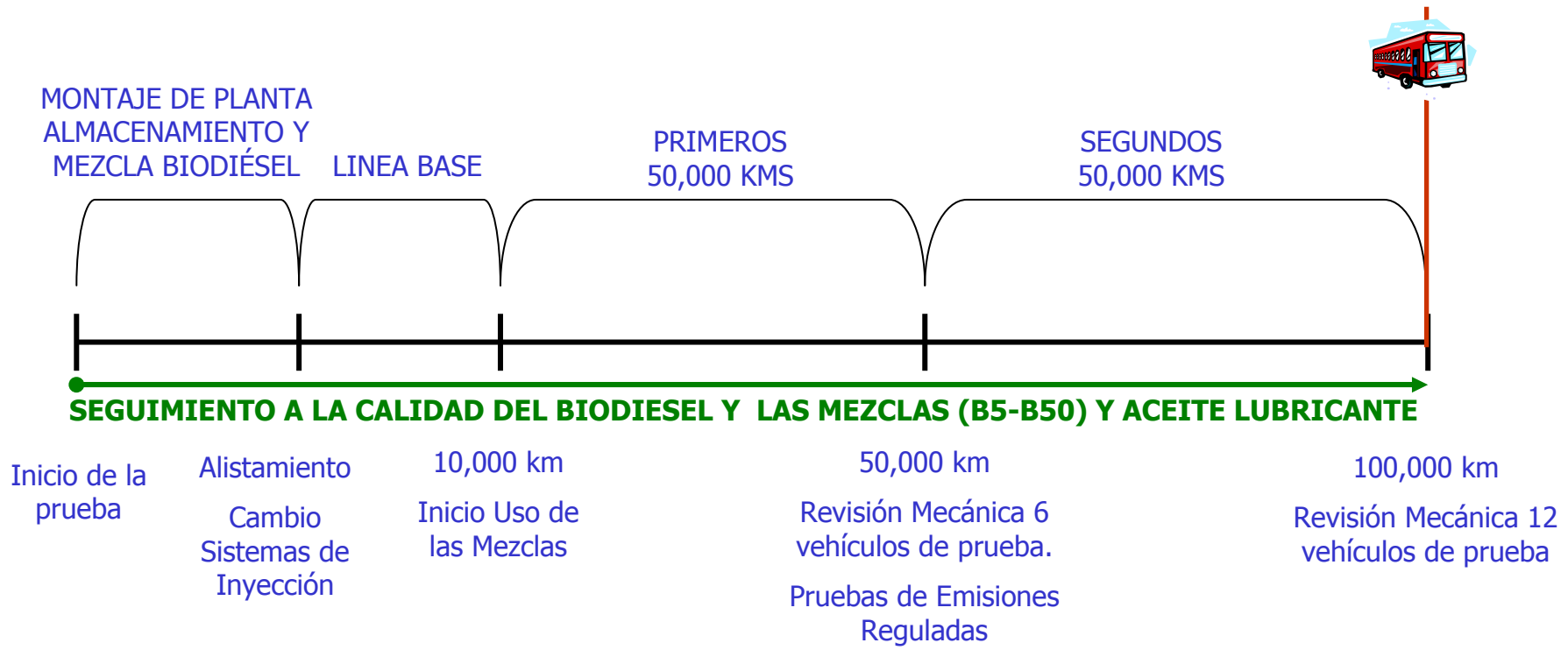
Únicas pruebas a 2600 msnm y temperatura promedio de 14°C





Objetivo general:

Evaluar el desempeño de una flota de vehículos articulados del operador Si99 de Transmilenio, al utilizar mezclas de diésel y biodiésel de palma al 5, 10, 20, 30 y 50% bajo las condiciones normales de operación de estos vehículos.



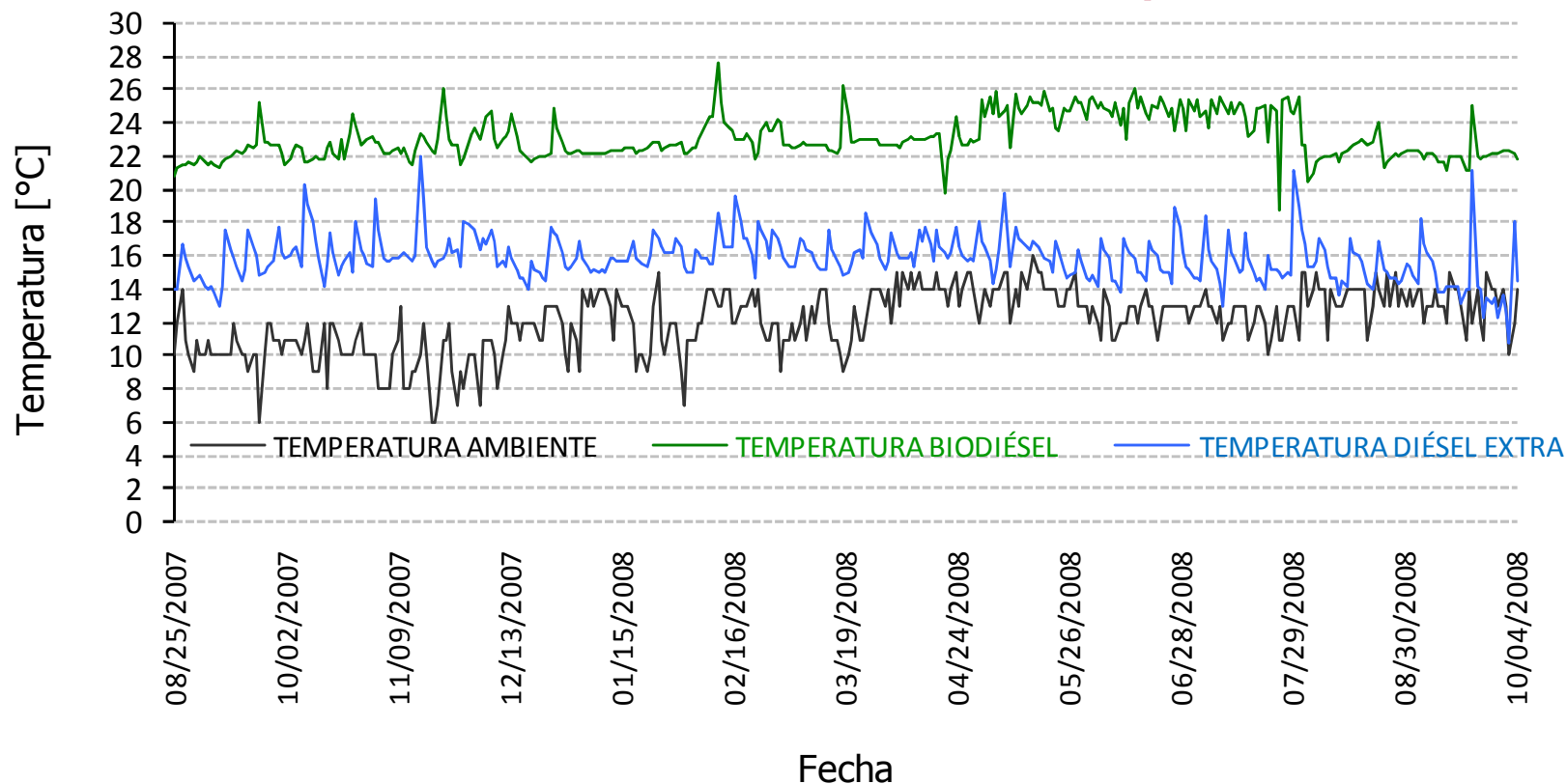
Estación de almacenamiento y mezcla de combustibles diésel y biodiésel de palma



Infraestructura para el almacenamiento de combustibles puros y suministro de mezclas



Seguimiento a las temperaturas de los combustibles en el momento del tanqueo



No se presentaron problemas de choque térmico en las condiciones de operación de la planta.
(Estudios Cenipalma y Ecopetrol S.A.)



Consolidado del control de calidad del biodiésel - B100

PROPIEDADES	UNIDADES	Resolución 182087/07	PRODUCTOR 1	PRODUCTOR 2	PRODUCTOR 3
Apariencia	---	Reportar	Amarillo brillante	Amarillo brillante	Amarillo brillante
Densidad (15°C)	kg/m ³	860-900	867,6	875,7	875,6
Gravedad API (60°F)	°API	Reportar	30,1	30,0	30,1
Viscosidad (40° C)	mm ² /s	1,9 - 6,0	4,51	4,55	4,55
Contenido de agua	Ppm	500	305,00	341,92	386,72
Punto de inflamación	°C	120 mín	159	166	172
Metanol/etanol	% en masa	0,2 máx	0,10	0,01	0,03
Número ácido	mg KOH/g	0,5 máx	0,14	0,28	0,24
Índice de yodo	g yodo/100g	máx 120	53	52	52
Punto de fluidez	°C	reportar	13	15	14
Glicerina libre	% en masa	0,02 máx	0,01	0,01	0,01
Glicerina total	% en masa	0,25 máx	0,24	0,21	0,20
Monoglicéridos	% en masa	0,8 máx	0,80	0,66	0,68
Diglicéridos	% en masa	0,2 máx	0,20	0,11	0,16
Triglicéridos	% en masa	0,2 máx	0,10	0,02	0,05
Contenido de FAME's	% en masa	96,5 mín	96,7	97,5	97,4
Destilación	°C	360 máx	353	352	339



Consolidado de calidad de las mezclas de combustible

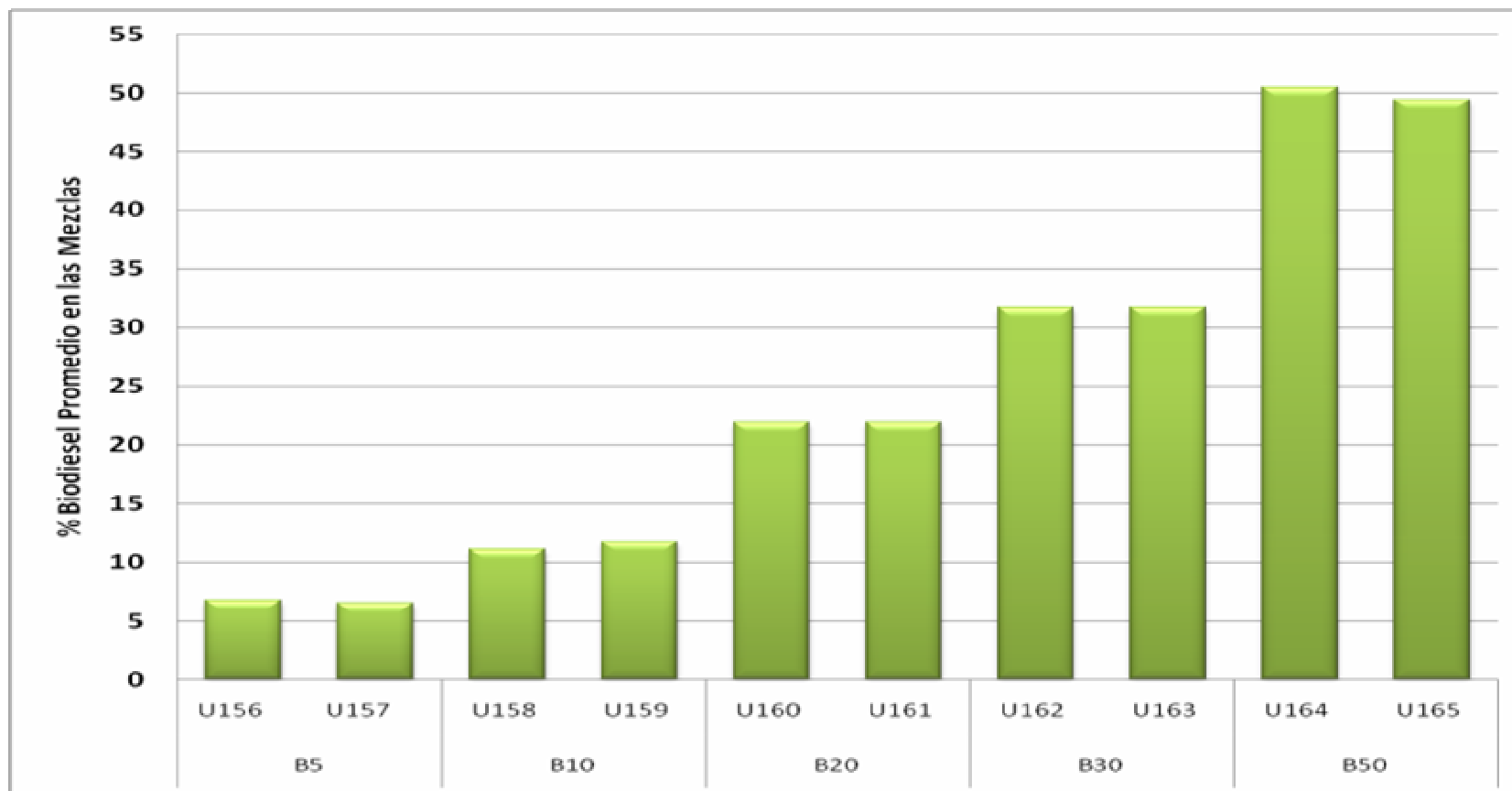
Análisis	Especificación	Mezcla diésel-biodiésel de palma				
		B5	B10	B20	B30	B50
Azufre (% masa)	0,1 Máx.	0,0733	0,0711	0,0565	0,0475	0,0370
Densidad (g/mL)	Reportar	0,855	0,856	0,857	0,859	0,864
Residuo de carbón (%masa)	0,2 Máx.	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Viscosidad (40°C)	1,9 – 4,1	2,929	2,947	3,069	3,255	3,530
Punto de inflamación (°C)	52 Mín.	65,7	65,6	67,0	70,5	78,0
Cenizas (%masa)	0,01 Máx.	0,0001	0,0001	<0,001	<0,001	0,0001
Lubricidad (micrómetros)	450 Máx.	246,75	236,38	223,25	212,75	207,00
Punto final de Ebullición: PFE (°C)	PFE: 360 Max.	344,6	345,8	343,6	344,6	341,9
No. de Cetano (adimensional)	45 Mín.	48,0	47,7	51,0	54,4	59,6
Punto de fluidez (°C)	3 Máx.	-18,0	-13,5	-9,0	-3,0	3,0
Punto de nube (°C)	Reportar	-10,3	-9,8	-8,0	-2,0	3,0
Cold filter plugging point: CFPP	Reportar	-17,5	-16,8	-14,0	-8,5	-1,0

Todas las mezclas **cumplen** con las especificaciones de calidad establecidas para el diésel en Colombia.

El uso del biodiésel de palma **contribuye a mejorar** el número de cetano, la lubricidad y a disminuir el contenido de azufre



Determinación del contenido de biodiésel en las mezclas



En las mezclas evaluadas se encontraron valores de biodiésel acordes con el teórico esperado



Selección y alistamiento de vehículos

- 12 buses seleccionados
- 400.000 km promedio de recorrido



OPERACIONES DEL ALISTAMIENTO

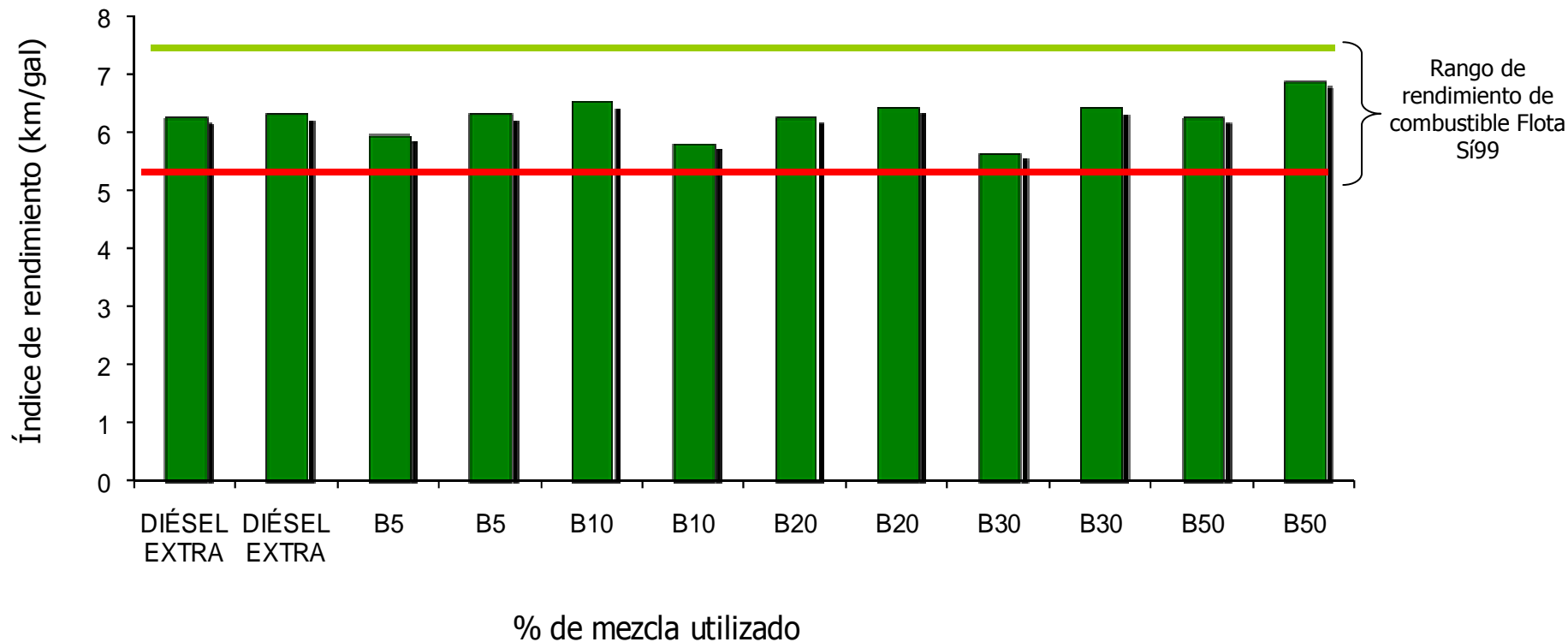
- Lavado de tanques de combustible
- Reparación de la bomba de inyección y montaje de nuevos inyectores
- Cambio de filtro, prefiltro y mangueras de combustible
- Cambio de aceite de motor y filtro
- Lavado del depósito de aceite de motor y cambio de empaquetadura
- Instalación y puesta a punto de sistema FM200 de adquisición de datos a bordo

Este alistamiento NO es necesario en un vehículo convencional cuando va a empezar a utilizar biodiésel



Rendimiento de combustibles

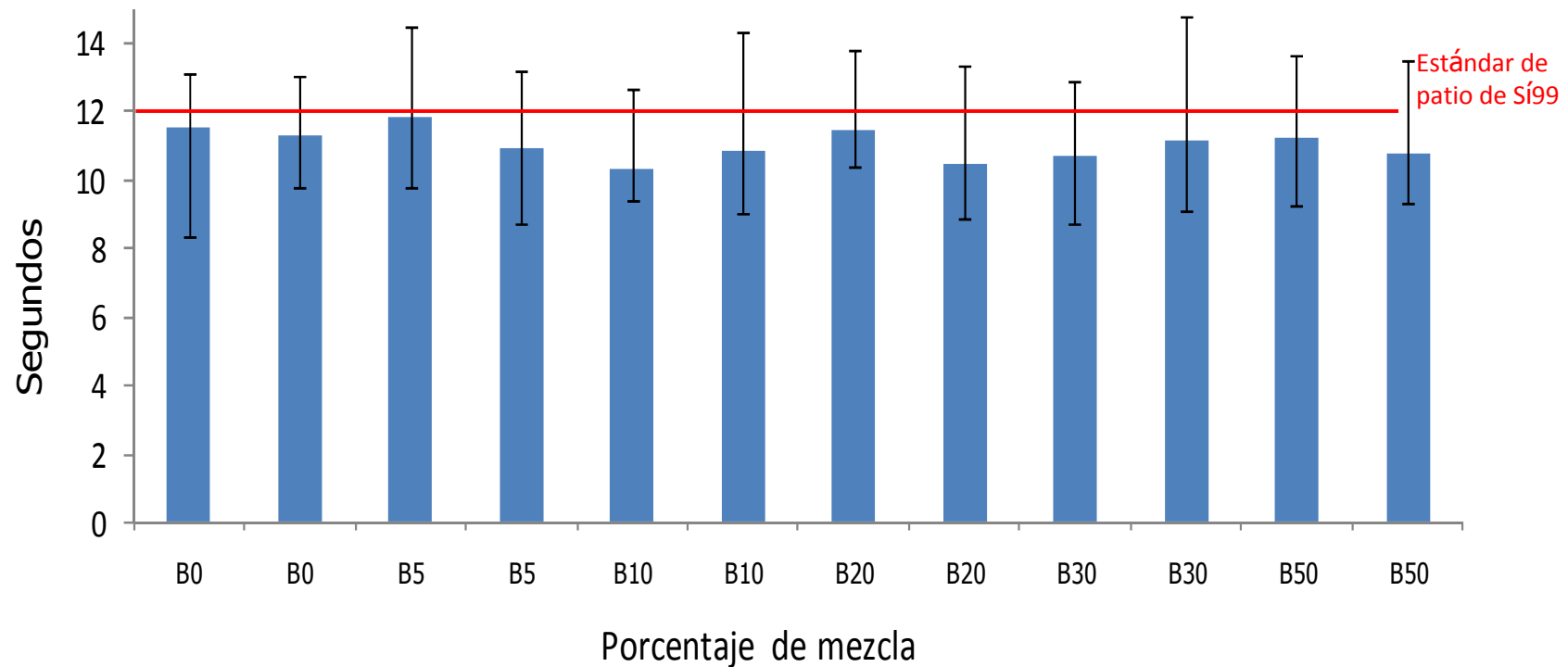
Periodo de prueba



El rendimiento de combustible no se ve afectado por el uso del biodiésel de palma.



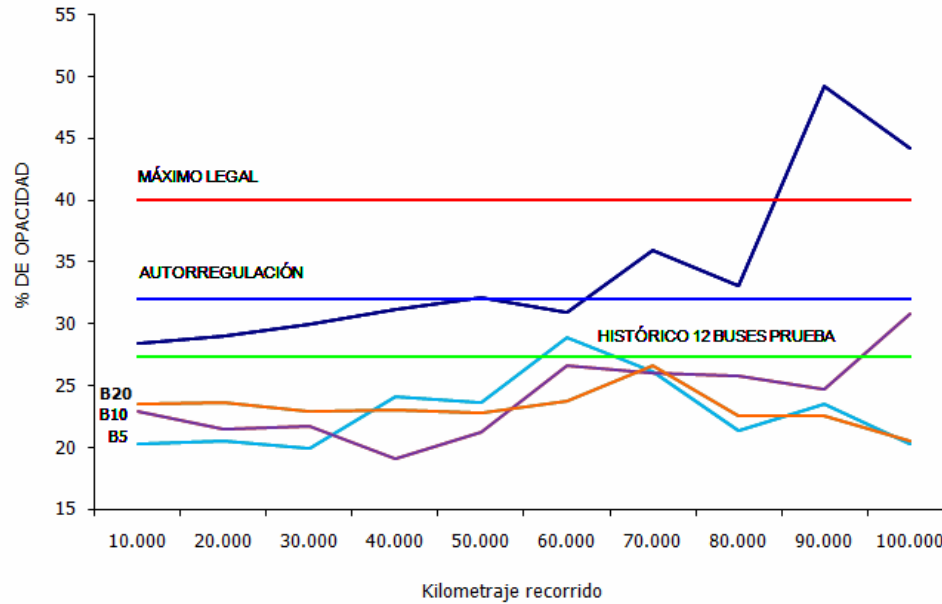
Aceleración durante el periodo de prueba



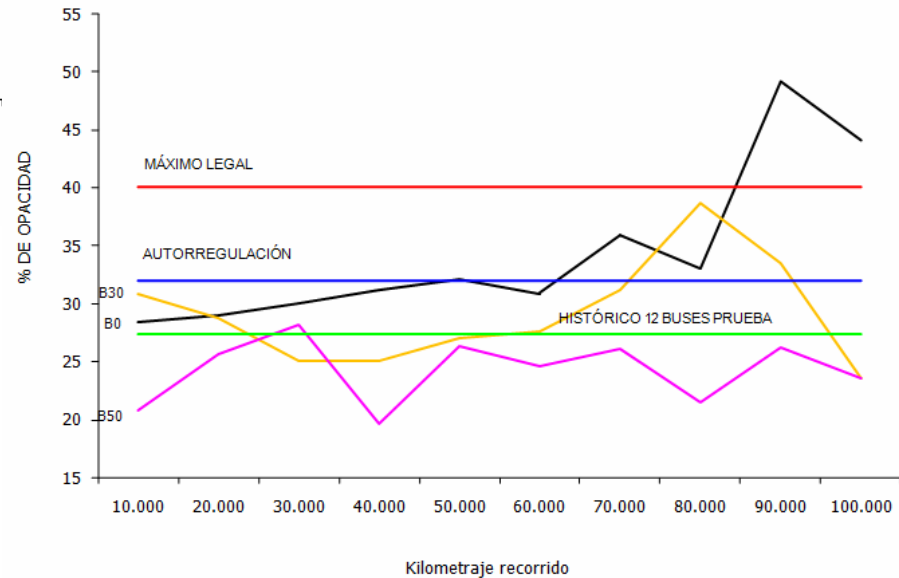
En todos los buses de la prueba se observaron valores satisfactorios de aceleración (315 datos por bus).



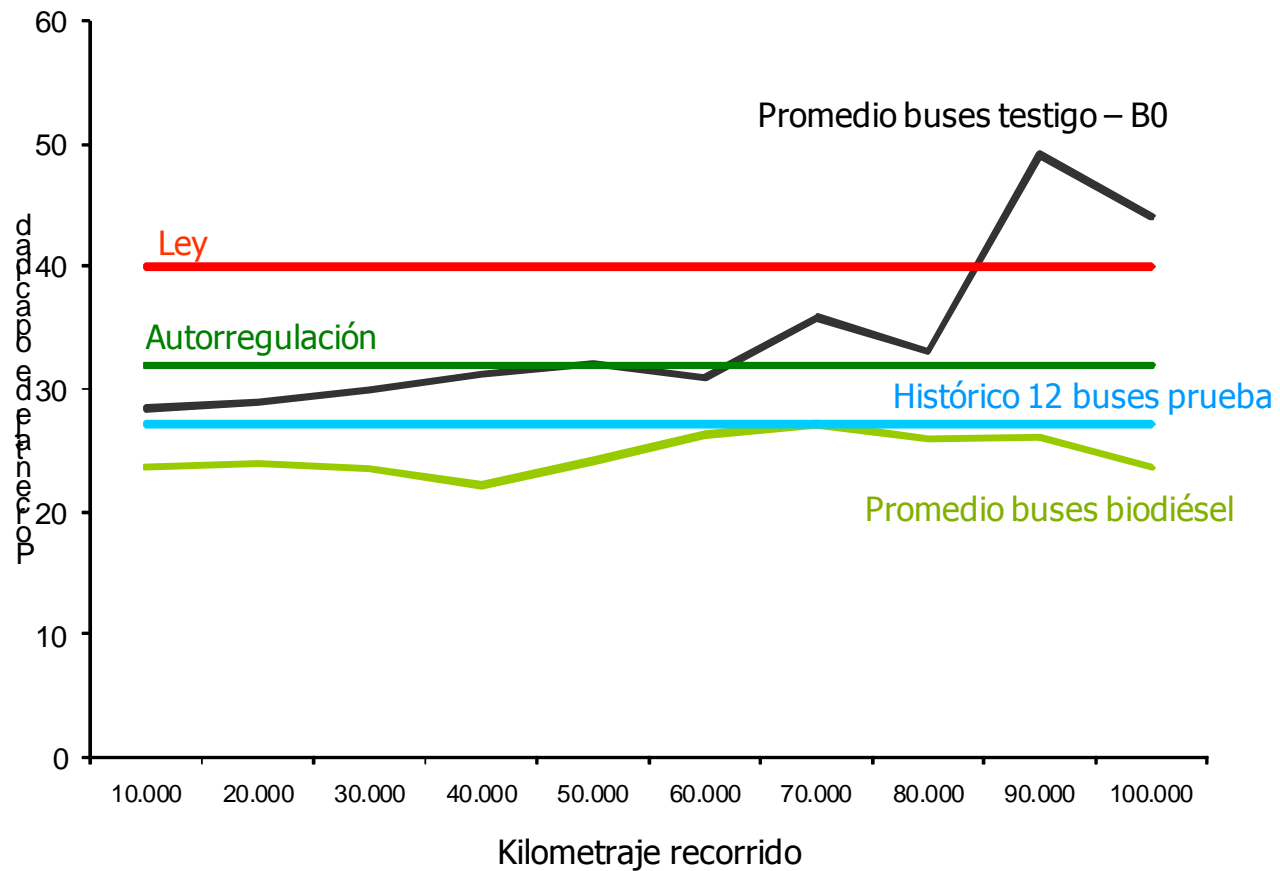
Opacidad registrada – B0, B5, B10 y B20 B0, B30 y B50



Se aprecia una reducción de la opacidad con el uso de las mezclas diésel-biodiésel de palma



Consolidado de opacidades registradas



Estos resultados confirman que la opacidad de los buses mejora con el uso de las mezclas diésel-biodiésel de palma.

(400 datos)



Resultados generales de los análisis de tribología de aceites

- El contenido de metales por desgaste se encuentra en concentraciones normales de acuerdo con el kilometraje recorrido.
- Las propiedades fisicoquímicas del lubricante: viscosidad cinemática y TBN, están dentro de los parámetros normales de uso del aceite lubricante.
- Con el uso de las mezclas diésel-biodiésel de palma se obtuvo una disminución sustancial del hollín.
- El decaimiento del TBN fue más lento en los buses que utilizaron el biodiésel de palma.



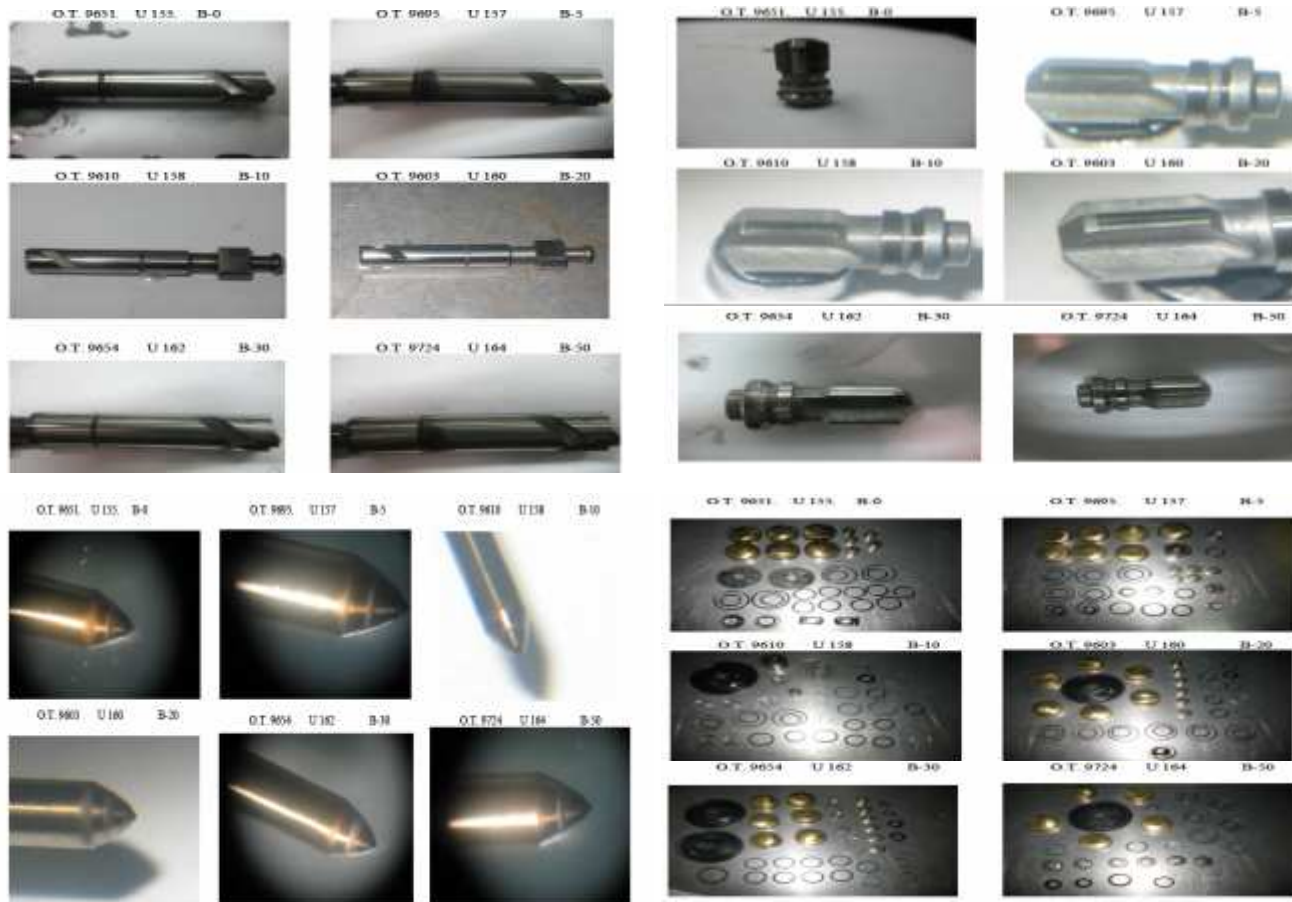
Revisión del sistema de inyección a los 50.000 y 100.000 km de prueba

Procedimiento realizado por la empresa **Maxdiesel & Turbos** (Empresa Distribuidora de Servicio y repuestos Bosch autorizada para Colombia):

1. Desmonte del sistema de inyección (bomba e inyectores)
2. Despiece de bomba e inyectores
3. Lavado de las piezas
4. Registro fotográfico de cada pieza.
5. Armado de bombas e inyectores con repuestos nuevos (kit reparación).
6. Calibración de bomba y ajuste de inyectores.
7. Reinstalación y ajuste del sistema en el vehículo (opacidad, aceleración)



Registro fotográfico de los elementos, válvulas de entrega, agujas conjunto de empaquetaduras revisados de cada bomba de inyección



“Al realizar el comparativo de los elementos, tanto de la bomba que trabajo con diésel como las que trabajaron con los diferentes porcentajes de mezcla, no se observó desgaste significativo”

“Como conclusión final, las partes que tuvieron contacto con diésel y con los diferentes porcentajes de biodiésel, no se presentan diferencias o desgastes al cambiar el combustible”

Tomado del informe de MaxDiesel y Turbos (representante oficial de Bosch)

Circuito recorrido entre las 10 PM
y 6 AM (Marzo y Abril 2008)



PRUEBA DE EMISIONES EN RUTA

No de Buses en Prueba

12 Vehículos

Km. Recorridos por Circuito

8 Km.

No de repeticiones

6 por vehículo

Combustibles a Evaluar

Mezclas de combustible biodiésel al
5%, 10%, 20%,30% y 50% y
combustible diésel

¿Qué se Evalúa?

Emisiones gaseosas y Material
Particulado

Registro fotográfico de las pruebas de Emisiones en Ruta



Vista posterior del montaje



Manguera de Aire y Manguera de Gases de Escape



Anemómetro

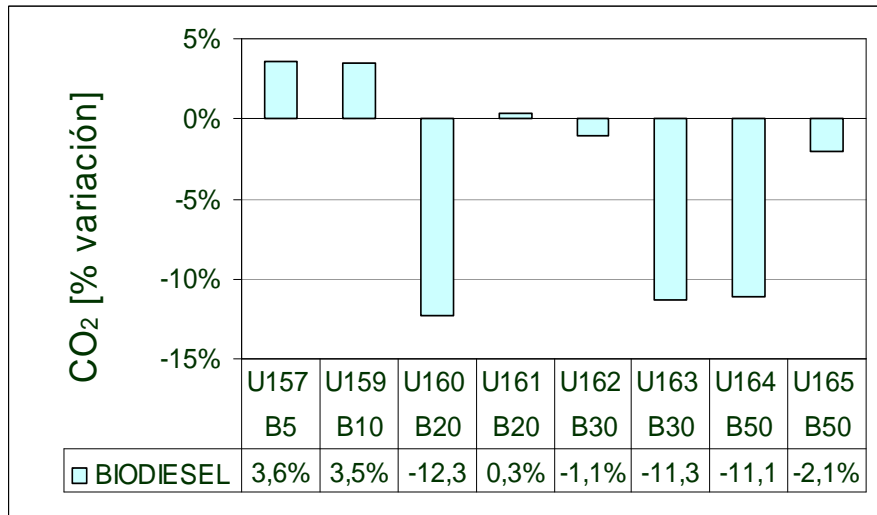


Lámpara Quinta Rueda

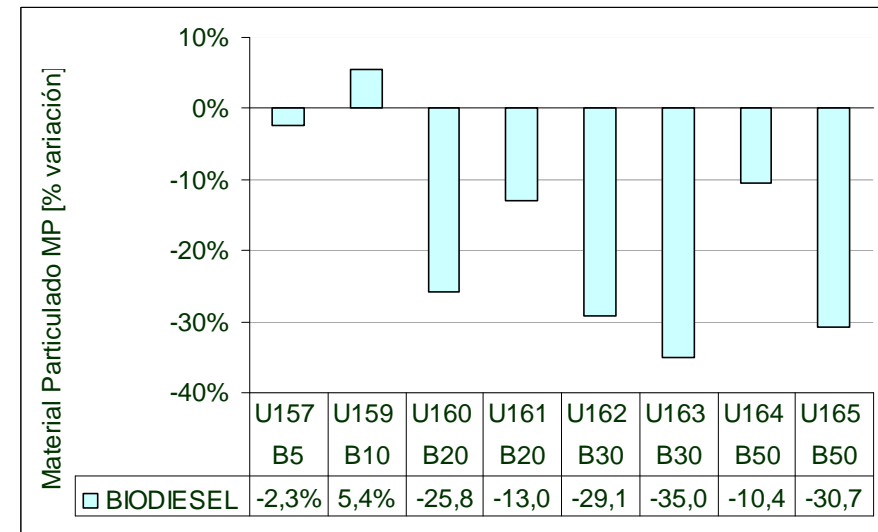


Sistema de monitoreo y captura de datos

Resultados de las pruebas de emisiones en ruta



Se aprecia una tendencia de disminución del CO₂ con el uso de las mezclas. Este análisis se debe llevar a cabo conjuntamente con el consumo de combustible y análisis de CHN de combustible.



Se aprecia una tendencia de disminución de material particulado con el uso de las mezclas diésel-biodiésel de palma.



CONCLUSIONES

Las mezclas de diésel-biodiésel de palma evaluadas en este proyecto (desde el 5 hasta el 50%) **cumplen** con las especificaciones de calidad establecidas para el combustible diésel en Colombia.

El biodiésel de palma contribuye a **mejorar** el número de cetano del diésel fósil y su lubricidad.

Por efecto de dilución, la adición de biodiésel de palma al diésel fósil **reduce** el contenido de **azufre** y de compuestos **aromáticos** y **poliaromáticos**.



Sistema Integrado de Transporte S.A.

CONCLUSIONES

Todas las mezclas evaluadas presentaron un **buen desempeño** en los motores de los vehículos evaluados, mejorando en algunos aspectos su desempeño y mostrando beneficios ambientales.

Se comprobó que no existe impedimento técnico para utilizar mezclas de diésel-biodiésel de palma superiores a la actual (5%) en vehículos convencionales sin necesidad de modificación alguna al motor.



Agradecimientos

*TRANSMILENIO S.A.
FONDO DE FOMENTO PALMERO*

Vicepresidencia de suministro y mercadeo de Ecopetrol S.A.

Hans Moreno
Jorge Gaviria

TERPEL

Por el préstamo de los tanques y surtidor de la estación de combustibles

A quienes hicieron parte del equipo de trabajo:

Diana Duarte – Cenipalma (2007)

Mauricio Rojas - Cenipalma (2007)

Germán Gómez – Cenipalma (2008)

Alejandra Rueda – Fedepalma (2007-2008)

Otto Sarmiento – Sí99 (2007-2008)

