



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**



GASURE

Grupo de ciencia y tecnología del gas
y uso racional de la energía



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803

INFORME FINAL

EVALUACION DEL DESEMPEÑO MECÁNICO AMBIENTAL DE VEHÍCULOS FUNCIONANDO CON TECNOLOGÍAS DE INTERÉS PARA LA EMPRESA KLEEN&GREEN S.A.

ELABORADO POR

IVÁN DARÍO BEDOYA CARO

Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía
Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Antioquia

Vehículo a diésel usando KLEENFUEL + SUPERTECH_Parte A

Medellín, 23 de Febrero de 2018

I. DESCRIPCIÓN Y ALCANCE

Este trabajo de consultoría ha incluido la evaluación de dos tecnologías de interés para la empresa Kleen&Green S.A.S. A continuación se da una breve descripción de las tecnologías evaluadas:

- a) Sistema de Filtración KLEENFUEL: Es un filtro para limpieza del combustible Diesel que es retornado a tanque de almacenamiento en sistemas de inyección common rail. El fabricante del filtro sostiene que la limpieza lograda en el combustible Diesel logra disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.
- b) Desagregador Molecular SUPERTECH: Es un dispositivo de inmersión en el tanque de combustible de los vehículos que disminuye las fuerzas intermoleculares del combustible usando radiación electromagnética, facilitando su posterior evaporación y mezclado con el aire de combustión. El fabricante del dispositivo sostiene que con su uso se logran mejoras en el consumo de combustible y reducción de emisiones contaminantes.

El estudio se ha realizado en dos fases para el siguiente tipo de vehículo:

1. **Toyota Hilux modelo 2011 de 2500 C.C.** (motor a diésel de inyección directa Common Rail)

El vehículo ha sido suministrado por la empresa Kleen&Green S.A.S. y se ha evaluado a diferentes grados de carga estáticos usando un dinamómetro de rodillos siguiendo como base la norma SAE J2177, pero incluyendo modificaciones para lograr el objetivo fundamental que es la comparación del desempeño mecánico ambiental del vehículos cuando no usa la tecnología de interés y cuando esta es usada.

Con la realización de las pruebas en dinamómetro se han caracterizado variables de funcionamiento del motor como consumo específico de combustible y emisiones contaminantes como CO₂, CO, O₂, THC y NO_x.

En esta primera parte del informe denominado A, se reportan los resultados para el vehículo a diésel usando SUPERTECH+KLEENFUEL para un grado de carga que simula la conducción en ciudad.

II. METODOLOGÍA

Inicialmente se ha verificado el estado mecánico del motor, analizando también la estanqueidad en el ducto de escape para corregir cualquier tipo de fugas o recirculación de aire que puede afectar las lecturas de los analizadores de gases. Se han instalado adaptadores en el ducto de escape que permitan el acceso rápido de las sondas de los analizadores a utilizar y el uso de un termopar tipo K que posibilite la lectura de la temperatura de los gases de escape. Los analizadores de gases se han calibrado de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes. Para realizar la medición de consumo de combustible se ha usado el método gravimétrico mediante una balanza calibrada que mide el consumo de combustible en un tiempo determinado. Se ha instalado un recipiente auxiliar de combustible para realizar la medida de consumo específico de combustible. En el ANEXO I se pueden observar las características técnicas de los equipos utilizados.

La Figura 1 muestra el vehículo montado en el dinamómetro de rodillos y el tanque auxiliar de combustible montado en la balanza utilizada.



Figura 1. Montaje del vehículo en el dinamómetro y recipiente auxiliar para medida de consumo de combustible.

La primera evaluación realizada sobre el vehículo ha sido la de potencia máxima en motor y en ruedas para evaluar que el nivel de potencia logrado corresponda al teórico loggable por el motor a condiciones de sitio de Medellín. La Tabla 1 muestra los valores obtenidos de esta prueba, los cuales son usados posteriormente para definir los puntos estacionarios en los cuales se realizarán las medidas de emisiones y de consumo específico de combustible.

Tabla 1. Datos obtenidos para la prueba de potencia máxima

Prueba de maxima potencia		
Potencia DIN 700020 [kW]	111.5	a 4625 RPM
Potencia Motor [kW]	108.6	
Potencia Rueda [kW]	97.2	
Potencia Absorbida [kW]	11.5	
Par Motor [Nm]	245	a 3034 RPM
Maxima Velocidad [km/h]	131	
Maxima RPM [RPM]	4912	

Posterior a la prueba de potencia se seleccionó un punto de operación correspondiente al intervalo de carga baja y régimen medio del motor, el cual es representativo de ciclos de conducción en ciudades. Para el vehículo evaluado se ha seleccionado un régimen de giro del motor de 2000 rpm y una fuerza axial de 2000 N en las ruedas. Bajo estas condiciones de régimen y carga se midió la composición de los gases de escape y el consumo de combustible durante un período de 3 minutos, luego de un período de estabilización de 5 minutos aproximadamente, el cual fue corroborado con la estabilidad de la temperatura de los gases de escape. Inicialmente se determinó la línea base para el vehículo operando sin los dos dispositivos y posteriormente se realizaron las pruebas con la operación del KLEENFUEL + SUPERTECH. Se ha filtrado combustible por un tiempo promedio de 30 minutos con KLEENFUEL. Dado que el dispositivo SUPERTECH necesita el movimiento natural del combustible durante el movimiento del vehículo para su funcionamiento según su fabricante, se ha simulado ese movimiento durante un intervalo temporal equivalente a 10 minutos, 5 minutos antes del comienzo de la estabilización del motor y los 5 minutos de estabilización en el punto de medición Para cada punto de operación se realizaron dos réplicas para mejorar la repetitividad de los experimentos. La Figura 2 muestra la prueba para la línea base (Sin KLEENFUEL + SUPERTECH) para el punto de mayor carga (2000 N promedio de fuerza axial en las ruedas) para un período de 659 segundos. La línea superior representa la carga o fuerza, la línea siguiente representa el régimen de giro del motor (2000 rpm en promedio) y la línea inferior representa la velocidad lineal promedio equivalente de 55 km/h.

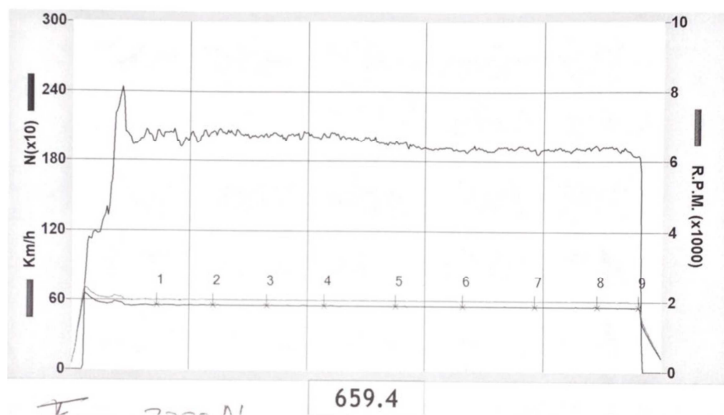


Figura 2. Visualización de la evolución de la fuerza axial, la velocidad del motor y la velocidad lineal estimada para el primer punto de operación en línea base diésel sin SUPERTECH

III. RESULTADOS

Se han relacionado los datos promedio de carga y el consumo promedio de combustible durante el tiempo de elaboración de las pruebas para atenuar las variaciones que se pueden presentar durante la toma de datos. La Figura 3 muestra el consumo específico de combustible para el punto medido donde se mantuvo una carga promedio de 2000 N de carga axial y 2000 rpm de giro en el motor. Se observa que durante esta prueba el consumo específico de combustible fue menor al usar KLEENFUEL + SUPERTECH en 13% aproximadamente.

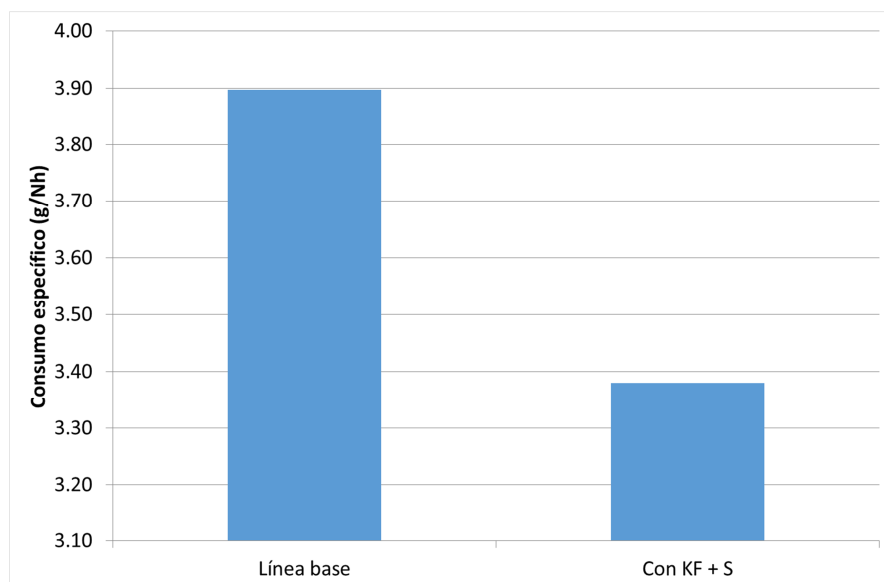


Figura 3. Consumo específico de combustible para el punto medido (2000 N, 2000 RPM)

Para observar el desempeño ambiental del vehículo se han seleccionado las emisiones de CO y THC, las cuales son reguladas en el contexto internacional. Dada la naturaleza estática de las pruebas se ha observado el comportamiento de las emisiones durante los 3 minutos de toma de datos para el consumo específico de combustible y se ha reportado la emisión promedio de contaminantes durante ese período de tiempo. La Figura 4 muestra los resultados para el punto medido (2000 N y 2000 rpm), se observa una reducción en la emisión de THC y un aumento en la emisión de CO al usar KLEENFUEL+SUPERTECH.

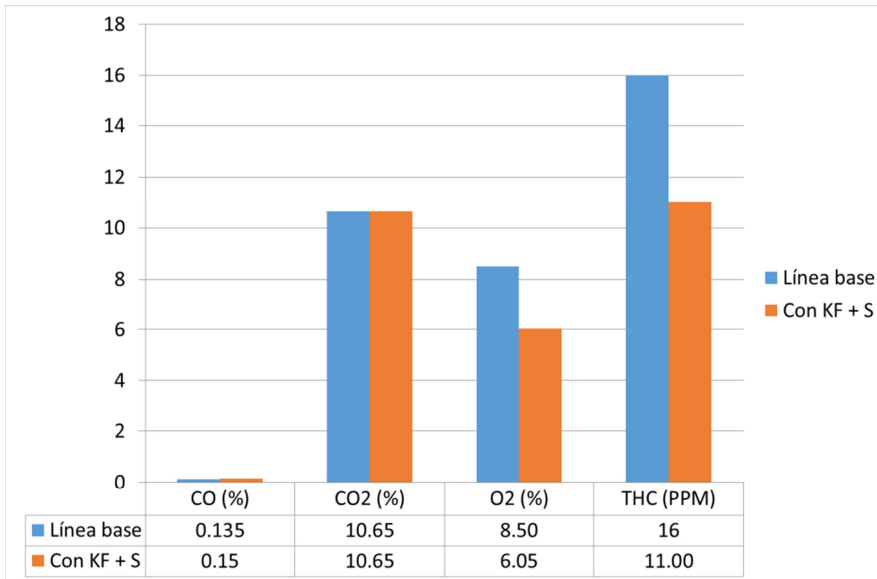


Figura 4. Emisiones de CO y THC para el punto medido (2000 N, 2000 RPM)

En el ANEXO 2 se pueden observar los valores tabulados que han servido para extraer los resultados presentados.

Ivan Dario Bedoya Caro

Grupo de Ciencia y Tecnología del Gas y Uso Racional de la Energía

Profesor Asociado

Departamento de Ingeniería Mecánica

Universidad de Antioquia

Teléfono: 57-4-2198594

Móvil: 3003867104

ivan.bedoya@udea.edu.co

ANEXO I. Características técnicas de equipos utilizados durante las pruebas

DINAMOMETRO DE RODILLOS.

MARCA: CAPATEST

MODELO: DBT-3000

CAPACIDAD: 300 KW

MEDICION EN UN SOLO EJE. DELANTERO O TRASERO

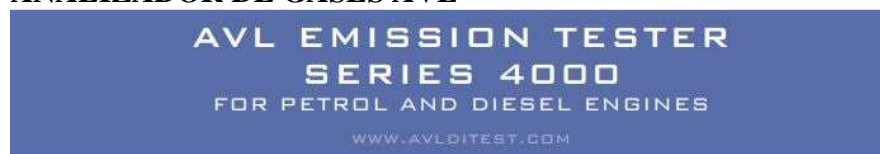
CARGA MAXIMA POR EJE: 4500 KGS

ORIGEN ESPAÑOL

SERIE:2518909

AÑO DE FABRICACION:2005

ANALIZADOR DE GASES AVL



Measurements

AVL DiCom 4000/AVL DiGas 4000/AVL DiGas 4000 Light	Measurement range:	Resolution:
CO	0-10 % Vol.	0,01 % Vol.
CO ₂	0-20 % Vol.	0,1 % Vol.
HC	0-20.000 ppm Vol.	1 ppm
NOx	0-5.000 ppm Vol.	1 ppm
O ₂	0-25 % Vol.	0,01 % Vol.
λ-calculation	0-9,999	0,001
λ-sensor voltage*	0-5,0 V	0,04 V
Engine speed	250-9.990 rpm/min	10 rpm
Oil temperature	0-150 °C	1 °C
Ignition angle TDC sensor	- 60-100 °c.a.	0,1 °c.a.
Ignition angle stroboscope	0-60 °c.a.	0,1 °c.a.
Dwell angle*	0-100 %	1,0 %

AVL DiSmoke 4000/AVL DiCom 4000

Opacity	0-100 %	0,1 %
Absorption (K value)	0-99,99 m ⁻¹	0,01 m ⁻¹
Acceleration time	0-5 s	0,05 s
Engine speed	250-9.990 rpm/min	10 rpm
Oil temperature	0-150 °C	1 °C
Ignition angle TDC sensor	- 60-100 °c.a.	0,1 °c.a.
Ignition angle stroboscope	0-60 °c.a.	0,1 °c.a.

*Except: AVL DiGas 4000 Light

Herausgeber/Published by:

AVL DiTEST Fahrzeugdiagnose GmbH, Alte Poststraße 152, A-8020 Graz, AUSTRIA
Tel. +43 316 7870, Fax +43 316 7871460, www.avlditest.com

PA7061E
03/2007 Subject to change
without notice

BALANZA PREMIER ED-3993BR

Capacidad máxima: 30 Kg

Resolución: 1 g

Precisión: ± 5 g

ANALIZADOR DE GASES BACHARAT

Técnica de medición: Celdas electroquímicas

Gases que mide:

- O₂: 0.1- 20.9 % (resolución: 0.1%)
- NO: 0-3000 ppm (resolución: 1 ppm)
- CO: 0- 4000 ppm (resolución: 1 ppm)
- SO₂: 0-5000 ppm (resolución: 1 ppm)

ANALIZADOR DE GASES THERMO SCIENTIFIC

Técnica de medición: Quimioluminiscencia

Gases que mide:

- NO: 0-2000 ppm (resolución: 1 ppm)
- NO₂: 0-2000 ppm (resolución: 1 ppm)

Balanza PREMIER ED-3993BR (La de ellos)

Capacidad máxima: 30 Kg

Resolución: 1 g

Precisión: ± 5 g

ANEXO 2. Tablas de resultados

Carga 1 2000 N 2000 RPM											
Linea Base											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Tiempo [s]	95.5	158.2	217.7	281.9	361.8	437	516.9	585.8	632.8	471.5	
Velocidad [km/h]	55.7	55.5	55.2	55.3	55.3	55.3	55.2	55.3	55.3	55.3	55.3
Fuerza [Nm]	2058.9	2059.4	2009.6	2029	1971.4	1893.6	1904.7	1921.9	1836.4	1885.1	1887.0
RPM	2014	2006	1997	1999	2001	2000	1996	2001	1999	2000	2001.3
Consumo [g]	Antes	Despues	Diferencia								
	11627	11250	377								
TEMPERATURA EN EL ESCAPE (°C)	THERMO		AVL			BACHARACH					
	Nox (ppm)	CO(% VOL)	CO2 (%VOL)	O2 (%VOL)	HC (ppm)	O2 (%VOL)	CO (ppm)	CO2 (% VOL)	Nox (ppm)		
302.7	230	0.12	10.5	6.2	17	5.9	1473	11.2	628		

Carga 1 2000 N 2000 RPM											
Linea Base/Replica											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Tiempo [s]	39.2	62.7	86.2	109.7	133.2	156.7	180.2	203.7	227.2	250.7	
Velocidad [km/h]	58.9	55.6	55.4	55.4	55.2	55.2	55.3	55.3	55.4	55.3	55.7
Fuerza [Nm]	2000.3	1979.6	2020.9	2007.5	1973.5	1967.3	1991.9	2009.5	2004.7	1996.6	2000.7
RPM	2013	2011	2004	2005	1997	1997	2000	1999	2004	2001	2003.1
Consumo [g]	Antes	Despues	Diferencia								
	5080	4700	380								
TEMPERATURA EN EL ESCAPE (°C)	THERMO		AVL			BACHARACH					
	Nox (ppm)	CO(% VOL)	CO2 (%VOL)	O2 (%VOL)	HC (ppm)	O2 (%VOL)	CO (ppm)	CO2 (% VOL)	Nox (ppm)		
267	226	0.15	10.8	5.9	15	5.6	1764	11.4	590		

Carga 1 2000 N 2000 RPM											
Filtro+Supertech											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Tiempo [s]	80.3	125.9	173.1	220.3	267.6	314.8	362	409.2	456.4	503.6	
Velocidad [km/h]	56.4	55.1	55.3	55.4	55.2	55.4	55.1	55.3	55.2	55.3	55.4
Fuerza [Nm]	2041.3	2037.2	2007	2044.7	1997.3	2003.4	1963.9	2003.9	1954.9	1972.2	2002.6
RPM	2039	1993	2000	2004	1997	2003	1994	2001	1995	2000	2002.6
Consumo [g]	Antes	Despues	Diferencia								
	10310	9961	349								
TEMPERATURA EN EL ESCAPE (°C)	THERMO		AVL			BACHARACH					
	Nox (ppm)	CO(% VOL)	CO2 (%VOL)	O2 (%VOL)	HC (ppm)	O2 (%VOL)	CO (ppm)	CO2 (% VOL)	Nox (ppm)		
266.5	220	0.09	10.5	6.4	10	6.3	1149	10.9	598		

Carga 1 2000 N 2000 RPM											
Filtro+Supertech/Replica											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom
Tiempo [s]	47.1	78.5	109.9	141.3	172.6	204	235.4	266.8	298.2	329.6	
Velocidad [km/h]	58.2	55.1	55.4	55.5	55.3	55.3	55.2	55.4	55.4	55.3	55.6
Fuerza [Nm]	2202	1954.1	2079.2	2112.9	2114.2	2073.1	2057.6	2056.4	2080.5	2041.9	2077.2
RPM	2106	1994	2002	2006	2001	2000	1997	2003	2005	1998	2011.2
Consumo [g]	Antes	Despues	Diferencia								
	8919	8579	340								
TEMPERATURA EN EL ESCAPE (°C)	THERMO		AVL			BACHARACH					
	Nox (ppm)	CO(% VOL)	CO2 (%VOL)	O2 (%VOL)	HC (ppm)	O2 (%VOL)	CO (ppm)	CO2 (% VOL)	Nox (ppm)		
280	224	0.21	10.8	5.7	12	5.4	2248	11.6	610		