



GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E004-V01-02

Página 1 de 8

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

### 1.0 Objetivo:




Medir el nivel de opacidad en flujo parcial en pruebas en vacío, método de aceleración libre, y en carga sobre dinamómetro de chasis, en buses de la locomoción colectiva cuando operan con combustible diesel más el aditivo "Fuel Fix" incorporado en éste.

### 2.0 Alcance y campo de aplicación:

Los vehículos que participaron en los ensayos se describen a continuación:

Bus N°	Marca	PPU	Modelo	Año
1	International	LK 7626	3000 FE	1994
2	Mercedes Benz	LD 8520	OF 1318	1994
3	Mercedes Benz	LF 5978	OF 1318	1994
4	Mercedes Benz	LB 1808	OF 1318	1994
5	Mercedes Benz	KS 7037	OF 1115	1993
6	Mercedes Benz	KX 5717	OF 1115	1993
7	Mercedes Benz	KG 4444	OF 1115	1993
8	Mercedes Benz	KG 4342	OF 1115	1992
9	Mercedes Benz	KA 6509	OF 1115	1992

El programa de seguimiento se llevó a cabo entre los meses de Abril a Julio del 2002, contemplándose en la programación inicial un total de 11 series de mediciones para cada vehículo, de las cuales las 3 primeras correspondían a mediciones sin aditivo en el combustible, vale decir mediciones base, y 8 series de mediciones correspondían a mediciones con el aditivo mezclado en el combustible. Cada serie de mediciones se efectuó conforme a procedimientos estandarizados y, contemplaba los ensayos de opacidad en flujo parcial en carga y en vacío, no obstante este programa sólo se completó respecto de 3 buses.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





### 3.0 Métodos de Medición:

Los resultados informados corresponden a mediciones que se ajustaron al siguiente procedimiento:

- Opacidad en flujo parcial medida en aceleración libre conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N°4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Opacidad en flujo parcial medida en carga sobre dinamómetro de chasis conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N° 4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

### 4.0 Documentación de referencia:

- Manual de procedimientos de revisión técnica clase A1
- Decreto Supremo N° 4/94 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Carpeta Plan Experimental 3CV/EXP/025/02.
- Estadística Murray R. Spiegel (Serie Schaum)

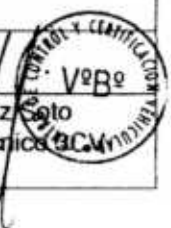
### 5.0 Método Estadístico para el Análisis de los Resultados

#### 5.1 Test de Diferencia de Medias

Para analizar si a partir de los resultados es posible concluir que los valores de opacidad con aditivo en el combustible, son menores que los resultados sin aditivo en el combustible, se emplea un test de hipótesis con los siguientes enunciados:

Ho: El valor de la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo con aditivo en el combustible es igual a la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo sin aditivo en el combustible ( $\langle X \rangle_{con} = \langle X \rangle_{sin}$ ).

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico





INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

H1: El valor de la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo con aditivo en el combustible es menor a la media de opacidad de la muestra tomada al vehículo sin aditivo en el combustible ( $\langle X \rangle_{con} < \langle X \rangle_{sin}$ )

Para contrastar la hipótesis  $H_0$  de que las medias de las muestras con y sin aditivo en el combustible son iguales, se considera la distribución de la diferencia de las medias, que para muestras pequeñas, como las de este estudio, siguen una distribución Student ( $t$ ), donde:

$$t = (\langle X \rangle_{con} - \langle X \rangle_{sin}) / (\sigma \cdot \sqrt{1/N_{con} + 1/N_{sin}})$$

$$\sigma = \sqrt{(N_{con} \cdot S_{con}^2 + N_{sin} \cdot S_{sin}^2) / (N_{con} + N_{sin} - 2)}$$




$$S = \hat{S} \cdot \sqrt{(N-1)/N}$$

Donde,

- $\langle X \rangle$  : Media de la Muestra
- $N$  : Tamaño de la Muestra
- sin : Sufijo que indica la muestra sin convertidor
- con : Sufijo que indica la muestra con convertidor
- $S$  : Desviación Estándar de la Población
- $\hat{S}$  : Desviación Estándar de la Muestra

Considerando un nivel de significación del 95%, el valor del estadístico  $t$  para definir la región de rechazo de la hipótesis  $H_0$  es de  $t < -1.83$  (distribución Student,  $N_{con}=8$ ,  $N_{sin}=3$  y 95% de significación).

De lo anterior, para los vehículos en estudio, cuando el estadístico  $t$  resulte menor que  $-1.83$ , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con aditivo en el combustible resultaron menores que las mediciones sin aditivo en el combustible, de manera estadísticamente significativa, para la opacidad medida (se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ )

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico



GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E004-V01-02

Página 4 de 8

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

Si  $t$  se encuentra entre +1.83 y -1.83 diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión medidos con y sin aditivo mezclado en el combustible.

Si  $t$  resulta ser mayor que +1.83 diremos, por lo tanto, que los resultados de opacidad utilizando aditivo son mayores que los resultados obtenidos sin aditivo en el combustible.

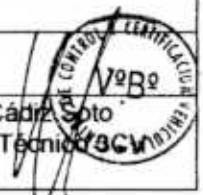
### 6.0 Resultados:

#### 6.1 Vehículo placa patente LD 8520

Nº de Control	Fecha	OFP m-1		Aditivo
		Carga	Vacio	
1	03/04/02	0,90	0,55	NO
2	05/04/02	0,96	0,65	NO
3	17/04/02	0,82	1,25	NO
4	25/04/02	0,61	0,64	SI
5	03/05/02	0,56	0,69	SI
6	10/05/02	1,14	0,50	SI
7	17/05/02	0,57	0,88	SI
8	28/05/02	0,55	0,48	SI
9	05/06/02	0,61	0,93	SI
10	28/06/02	0,45	0,98	SI
11	02/07/02	0,35	2,57	SI
Norma		1,20	1,60	
Promedio sin Aditivo		0,89	0,82	
Desv. Estándar sin Aditivo		0,07	0,38	
Promedio con Aditivo		0,61	0,96	
Desv. Estándar con Aditivo		0,23	0,68	
$t$		-1,97	0,32	

Para la prueba en carga se tiene  $t < -1.83$  por lo que podemos entonces afirmar con un 95% de confianza que las mediciones con aditivo incorporado en el combustible son menores que las mediciones de opacidad sin el aditivo en el combustible. (31.5% de diferencia)

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E004-V01-02

Página 5 de 8

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

Para las mediciones de opacidad en aceleración libre, tenemos que el estadígrafo  $t$  se encuentra entre  $-1.83$  y  $+1.83$  por lo que podemos decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión medidos con y sin aditivo en el combustible.

6.2 Vehículo placa patente KS 5717

N° de Control	Fecha	OFP m-1		Aditivo
		Carga	Vacio	
1	10/04/02	0,56	0,37	NO
2	12/04/02	0,34	0,26	NO
3	19/04/02	0,32	0,22	NO
4	26/04/02	0,26	0,25	SI
5	08/05/02	0,35	0,19	SI
6	15/05/02	0,30	0,30	SI
7	23/05/02	0,64	0,42	SI
8	29/05/02	0,39	0,37	SI
9	06/06/02	0,46	0,11	SI
10	26/06/02	0,19	0,26	SI
11	01/07/02	0,40	0,21	SI
Norma		1,50	1,90	
Promedio sin Aditivo		0,41	0,28	
Desv. Estándar sin Aditivo		0,13	0,08	
Promedio con Aditivo		0,37	0,26	
Desv. Estándar con Aditivo		0,14	0,10	
$t$		-0,42	-0,31	

Para ambas pruebas, en carga y en vacío, se tiene que el estadígrafo  $t$  se encuentra entre los valores de  $-1.83$  y  $+1.83$  por lo que podemos afirmar entonces con un 95% de certeza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de emisión obtenidos con y sin aditivo, es decir, nos encontramos en una región de indiferencia

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cadiz Soto Cargo: Secretario Técnico





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E004-V01-02

Página 6 de 8


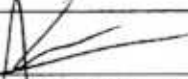

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

6.3 Vehículo placa patente KA 6509

Nº de Control	Fecha	OFF m-1		Aditivo
		Carga	Vacío	
1	09/04/02	0,63	0,57	NO
2	16/04/02	0,83	0,57	NO
3	23/04/02	1,03	0,85	NO
4	02/05/02	0,72	0,37	SI
5	09/05/02	1,77	0,53	SI
6	16/05/02	1,20	0,53	SI
7	30/05/02	0,52	0,43	SI
8	30/05/02	0,92	0,41	SI
9	31/05/02	0,36	0,34	SI
10	07/06/02	1,32	0,57	SI
11	27/06/02	0,63	0,62	SI
Norma		1,50	1,90	
Promedio sin Aditivo		0,83	0,66	
Desv. Estándar sin Aditivo		0,20	0,16	
Promedio con Aditivo		0,93	0,48	
Desv. Estándar con Aditivo		0,47	0,10	
t		0,35	-2,21	

Para la prueba en carga se tiene que el estadígrafo t se encuentra entre  $-1.83$  y  $+1.83$  por lo que podemos entonces, afirmar con un 95% de certeza que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las emisiones con y sin aditivo.

Para la prueba en aceleración libre, el estadígrafo t  $< -1.83$  por lo que podemos afirmar con un 95% de certeza que las mediciones con aditivo en el combustible resultaron menores que las mediciones sin aditivo en éste, de manera estadísticamente significativa para la opacidad medida (27.3% de reducción).

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cárdenas Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E004-V01-02

Página 7 de 8

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

**6.4 Vehículos eliminados del plan experimental:**

6.4.1 Placa patente LK 7626 eliminado por presentar sello de bomba de combustible cortado.

6.4.2 Placa patente LF 5978 eliminado por presentar controles de emisiones fuera de norma e inasistencia.

6.4.3 Placa patente LB 1808 eliminado por no presentarse a los controles programados.

6.4.4 Placa patente KS 7037 eliminado por presentar control de emisiones fuera de norma e inasistencia.

6.4.5 Placa patente KG 4444 eliminado por no presentarse a controles de emisión programados.

6.4.6 Placa patente KG 4342 eliminado por no presentarse a controles de emisión programados.

Fecha de Aprobación	Generado por: <i>POM</i>	Revisado por: <i>AK</i>	Aprobado por: <i>VºBº</i>
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR




3CV-ST-E004-V01-02

Página 8 de 8

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
EVALUACIÓN ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL

### 7.0 Conclusiones:

- ◆ De los 9 buses con los que se inició el plan de seguimiento de emisiones sólo 3 de ellos lograron llegar hasta el final de éste.
- ◆ En el bus placa patente LD 8520 el uso del aditivo en el combustible diesel solamente presentó reducción de emisiones en OFP en carga, 32% aproximadamente, resultando indiferente para OFP en aceleración libre.
- ◆ En el bus placa patente KS 5717 el uso del aditivo en el combustible no presentó diferencias en el nivel de emisiones, ni en carga ni en aceleración libre.
- ◆ En el bus placa patente KA 6509 el uso del aditivo en el combustible solamente presentó reducción de emisiones en la prueba de OFP en aceleración libre, 27% aproximadamente resultando indiferente para OFP en carga.
- ◆ Se puede concluir que para la muestra finalmente ensayada (3 buses), el aditivo no produjo siempre reducciones en la opacidad y cuando la produjo éstas se registraron en un solo tipo de prueba: en carga ó en aceleración libre.
- ◆ Éstos resultados se obtuvieron en vehículos con adecuadas condiciones de mantención lo que se verificó mediante el cumplimiento de las normas de emisión en las mediciones base y el sellado de la bomba de inyección diesel evitando de este modo modificaciones posteriores

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
23/07/2002	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Programas Experimentales.	Nombre: Aliosha Reinoso Durán Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo.	Nombre: Alfonso Carrasco Soto Cargo: Secretario Técnico-3CV