



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

3CV-ST-E002-V01-02

Página 1 de 7

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

### 1.0 Objetivo:

Evaluar el comportamiento de emisiones cuando se usa el dispositivo Convertidor Catalítico de Oxidación Diesel denominado "Clean Air", en un bus urbano licitado de transporte público de Tecnología Tradicional o VTT (sin sello verde). Lo anterior para pruebas de opacidad en flujo parcial en carga y de opacidad en flujo parcial en aceleración libre.

### 2.0 Alcance y campo de aplicación:

El vehículo que participó en este programa experimental se describe a continuación:

- Bus Urbano Licitado:
  - Placa Patente Única DP 1080
  - Año Fabricación 1991
  - Marca Chasis y Motor Mercedes Benz
  - Modelo Chasis OF-1115
  - Modelo Motor OM366/150 CV

El programa de seguimiento se llevó a cabo entre el 09/04/02 y el 02/05/02. Se realizaron un total de 11 series de mediciones, de las cuales las tres primeras (1 a 3) se llevaron a cabo con el vehículo sin el dispositivo Convertidor Catalítico de Oxidación y las ocho restantes (4 a 11), con el dispositivo instalado. Cada serie de mediciones contempló los dos ensayos ya señalados (opacidad en aceleración libre y en carga).

La series de medición sin el dispositivo se consideran como situación base de comparación y respecto de la cual se evalúan los resultados con el dispositivo incorporado al vehículo.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





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

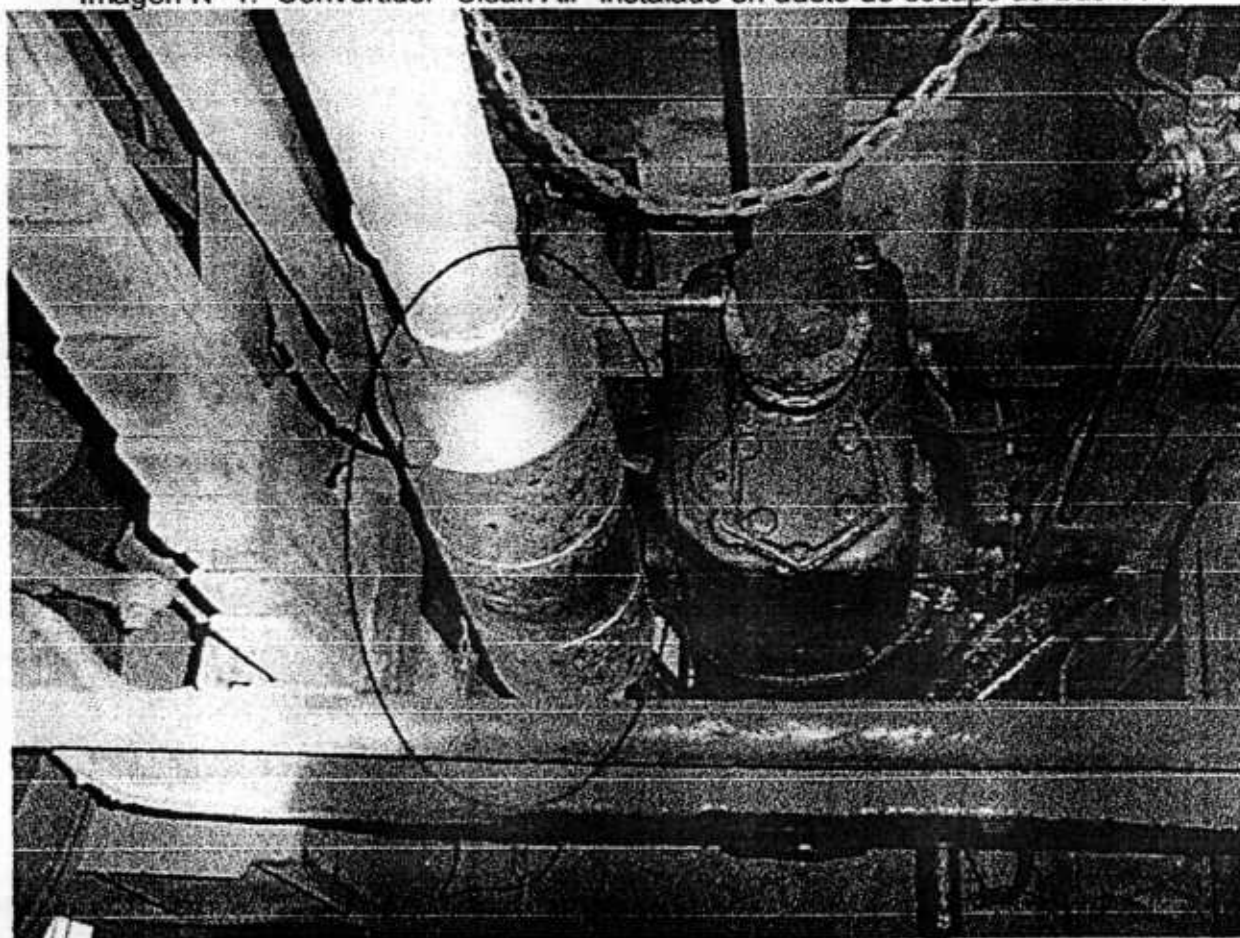
3CV-ST-E002-V01-02

Página 2 de 7

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

Se presenta a continuación una fotografía con el convertidor de oxidación instalado en el bus del programa experimental.

Imagen N° 1: Convertidor "Clean Air" instalado en ducto de escape de Bus VTT



Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Cruz Cargo: Secretario Técnico





INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

**3.0 Métodos de Medición:**

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

- Opacidad en aceleración libre conforme procedimiento de Revisión Técnica y Decreto Supremo N° 4/94 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Opacidad en aceleración en carga 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 Programa Experimental 3CV/EXP/028/02
- Estadística Murray R. Spiegel (Serie Schaum)

**5.0 Método Estadístico Para el Análisis de Resultados.**

**5.1 Test de Diferencia de Medias**

Puesto que se cuenta con una muestra de 3 mediciones para la opacidad sin dispositivo y 8 para la opacidad con dispositivo, es posible aplicar el test de la diferencia de medias. Es por ello que para analizar si a partir de los resultados es posible concluir que los valores de emisiones con el dispositivo, son menores que los resultado sin el dispositivo, se emplea un test de hipótesis con los siguientes enunciados:

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

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Cadiz Cargo: Secretario Técnico





INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

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

Para contrastar la hipótesis  $H_0$  de que las medias de las muestras con dispositivo y sin dispositivo 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 dispositivo
- con : Sufijo que indica la muestra con dispositivo
- $S$  : 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 cuando el estadístico  $t$  resulte menor que  $-1.83$ , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con el dispositivo resultaron

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Ocaña Cargo: Secretario Técnico





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARIA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACION  
VEHICULAR

3CV-ST-E002-V01-02

Página 5 de 7

INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

menores que las mediciones sin el dispositivo, de manera estadísticamente significativa, para la emisión medida.

A su vez si  $t$  se encuentra entre  $+1.83$  y  $-1.83$  diremos que no hay diferencia estadísticamente significativa en los resultados de emisión medidos antes y después del dispositivo.

Por último si el estadístico  $t$  resulta mayor que  $+1.83$ , podremos afirmar, con un nivel de confianza del 95%, que las mediciones con el dispositivo resultaron mayores que las mediciones sin el dispositivo, de manera estadísticamente significativa, para la emisión medida.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

6.0 Resultados:

6.1 Resultados Generales de Emisiones:

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para las distintas pruebas realizadas:

TABLA N°1: Resultados de emisiones para el Bus DP-1080 .

Fecha	OFP m-1		Contenido Azufre	Convertidor Instalado
	Carga	Aceleración Libre	ppm	
09-04-02	1,50	0,81	249	No
10-04-02	1,28	0,80	239	No
11-04-02	1,35	0,80	252	No
15-04-02	0,89	0,58	257	Si
17-04-02	0,56	0,56	224	Si
19-04-02	0,57	0,62	184	Si
22-04-02	0,59	0,39	237	Si
25-04-02	0,63	0,32	251	Si
26-04-02	0,61	0,55	217	Si
30-04-02	0,59	0,58	209	Si
02-05-02	0,66	0,45	222	Si
Norma	1,50	1,90		
Promedio sin Convertidor	1,38	0,80		
Desv. Estándar sin Conv.	0,11	0,01		
Promedio con Convertidor	0,64	0,51		
Desv. Estándar con Conv.	0,11	0,11		
t	-9	-4		

Los resultados de opacidad en carga del vehículo medido presentan una disminución estadísticamente significativa cuando las mediciones son hechas con el dispositivo instalado en el vehículo. Es posible afirmar esto con un 95% de certeza dado que el valor del estadígrafo t para esta prueba es largamente inferior a -1.83. Esta disminución es en promedio de un 54% de la opacidad respecto del vehículo sin el dispositivo.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Valde Cargo: Secretario Técnico





INFORME TÉCNICO PROGRAMA EXPERIMENTAL  
CONVERTIDOR DE OXIDACIÓN CLEAN AIR

Respecto de los resultados de opacidad en aceleración libre el vehículo medido presenta una disminución estadísticamente significativa cuando las mediciones son hechas con el dispositivo instalado en el vehículo. Es posible afirmar esto con un 95% de certeza dado que el valor del estadígrafo  $t$  para esta prueba es largamente inferior a  $-1.83$ . Esta disminución es en promedio de un 36% de la opacidad respecto del vehículo sin el dispositivo.

### 7.0 Conclusiones

Conforme los resultados obtenidos en las mediciones de opacidad en carga y en aceleración libre, se concluye:

- Los valores de opacidad en carga y en aceleración libre, del vehículo Mercedes Benz, modelo OF-1115, descrito en el punto 2.0 de este informe, presentaron reducciones estadísticamente significativas, cuando estas se hicieron con el convertidor "Clean Air" de oxidación diesel.
- Estas reducciones alcanzaron en promedio a un 54% en carga y a un 36% en aceleración libre.
- Los valores de azufre del diesel, durante los ensayos, fueron siempre inferiores a 300 ppm.
- Estos resultados se obtuvieron en un vehículo con adecuadas condiciones de mantenimiento, lo que se verificó mediante el cumplimiento de las normas de emisión durante las mediciones base y el sellado de la bomba de inyección diesel.
- Estos resultados se obtuvieron sin efectuar otras intervenciones mayores al motor, que las requeridas por la mantenimiento habitual señalada en el punto anterior, conforme programa de mantenimiento facilitado por la empresa Quimex, contraparte de este programa experimental.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
13/05/02	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Jefe Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinadora Laboratorio de Combustible	Nombre: Alfonso Vial Cargo: Secretario Técnico

