



**INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS**

**1.0 Objetivo**

El objetivo de este plan piloto es la evaluación del impacto del aditivo CHISS, en las emisiones de material particulado, en una flota piloto de buses de locomoción colectiva urbana de Santiago.

**2.0 Alcance y Campo de Aplicación**

La evaluación se realizó sobre la base de los siguientes vehículos que formaron parte de la flota piloto:

**Tabla 1: Flota Piloto**

Marca/Modelo Chasis	Marca/Modelo Motor	Año Fabricación	PPU	Observación
AGRALE/MA 8.5	CUMMING/ISB	2003	VX-4218	Finaliza plan experimental
			VX-4228	Finaliza plan experimental
			VX-4285	Finaliza plan experimental
M. BENZ/LO 915	M. BENZ/OM 904	2003	VZ-2083	Finaliza plan experimental
			VZ-2086	No finaliza plan experimental
			VZ-2089	No finaliza plan experimental

Como se indica en la Tabla 1, cuatro de los seis buses de la flota piloto finalizaron el programa experimental, el cual contemplaba tres series de mediciones, la primera sin aditivo y las restantes con aditivo en el combustible. Siendo estas series las que se indican en la Tabla siguiente.

**Tabla 2: Fecha de mediciones**

Marca	Modelo	Patente	1ª Serie sin aditivo	2ª Serie con aditivo	3ª Serie con aditivo
AGRALE	MA/8.5	VX-4218	14-06-2005	28-06-2005	06-09-2005
		VX-4228	14-06-2005	28-06-2005 <sup>(1)</sup>	07-09-2005
		VX-4285	17-06-2005	29-06-2005	08-09-2005
M. BENZ	LO-915	VZ-2083	15-06-2005	30-06-2005	09-09-2005
		VZ-2086	15-06-2005 <sup>(2)</sup>	30-06-2005	
		VZ-2089	20-06-2005 <sup>(3)</sup> 22-06-2005	29-06-2005	

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Gálvez Solís Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05

Página 2 de 14

## INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL ADITIVO CHISS

- (1) Se rompe mangera de combustible. No se mide superficie de partículas.  
(2) Sercha motor mala. No se mide masa ni superficie de partículas.  
(3) Fuga de gases en tubo de escape y neumático en mal estado. Se suspende la medición.

La primera serie de mediciones fue con combustible sin el aditivo CHISS, como línea base de comparación y las otras dos con el aditivo, el cual se incorporó al diesel en presencia del personal el 3CV<sup>1</sup>, en el estanque de pruebas que se conectó a la bomba inyectora del motor durante las pruebas de emisiones. La dosis de aditivo incorporada se realizó conforme a la información entregada por el solicitante del plan experimenta, (1 litro de aditivo cada 3.000 litros del diesel). El diesel utilizado correspondió a diesel comercial. A su vez el interesado informó al 3CV que durante todo el periodo posterior a la primera serie de mediciones los vehículos operaron con aditivo CHISS, con excepción de los días 28 y 29 de Agosto, según lo informado por la empresa solicitante.

Los buses VZ-2086 y VZ-2089 no concurren a la tercera serie de mediciones y no fueron considerados en el análisis de resultados.

Para el análisis de las emisiones del material particulado se consideraron mediciones de masa, superficie de partículas, opacidad en carga y opacidad en aceleración libre. Los métodos de medición utilizados en cada caso se detallan en el punto 3.0.

El material particulado se midió con el vehículo rodando sobre un dinamómetro de chasis, a 40 HP de potencia y 60 km/h constantes.

### 3.0 Métodos de Medición

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

- Masa de material particulado, medido con túnel de dilución y equipo TEOM, en flujo total. Con el vehículo operando a 40 HP y 60 km/hora, sobre dinamómetro de chasis.

<sup>1</sup> No se realizaron análisis químicos del aditivo incorporado al combustible de pruebas en la segunda ni en la tercera serie de mediciones.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cabello Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05


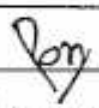

Página 3 de 14

**INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS**

- Superficie total medida con equipo Nanomet, en flujo parcial, con método de difusión de cargas eléctricas. Con el vehículo operando a 40 HP y 60 km/hora, sobre dinamómetro de chasis.
- 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.
- Decreto Supremo N° 129/02 Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- Carpeta Plan Experimental 3CV/EXP/001/05.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cádiz Soto. Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05

Página 4 de 14

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

## 5.0 Resultados

### 5.1 Resultados Primera Serie (Sin Aditivo)

Estos resultados corresponden a la primera serie de mediciones con el motor operando sin aditivo CHISS.

Tabla 3: Resultados material particulado 1ª serie de mediciones (sin aditivo)

Marca	Modelo	PPU	1º Serie (Sin Aditivo)			
			Material Particulado [g/test]	Op. Carga [m <sup>-1</sup> ]	Op. Libre [m <sup>-1</sup> ]	Superficie Total DC [µm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]
AGRALE	MA/8.5	VX-4216	0,238	0,07	0,21	1,86E+05
		VX-4228	0,425	0,46	0,3	2,99E+05
		VX-4285	0,279	0,06	0,22	2,24E+05
M. BENZ	LO-915	VZ-2083	0,085	0,03	0,17	8,55E+04
		Promedio	0,259	0,155	0,225	1,99E+05
		Desv. Estándar	0,136	0,204	0,054	8,86E+04

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cáceres Cargo: Secretario Técnico



INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

### 5.2 Resultados Segunda Serie (con Aditivo)

A continuación se presentan los resultados de la segunda serie de mediciones, con aditivo incorporado al estanque de prueba.

Tabla 4: Resultados material particulado 2ª serie de mediciones (con aditivo).

Marca	Modelo	PPU	2ª Serie (Con Aditivo)			
			Material Particulado [g/test]	Op. Carga [m <sup>-1</sup> ]	Op. Libre [m <sup>-1</sup> ]	Superficie Total DC [um <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]
AGRALE	MA/8.5	VX-4218	0,287	0,13	0,39	3,10E+05
		VX-4228	0,551	0,44	0,42	7,14E+05
		VX-4285	0,351	0,14	0,28	2,91E+05
M. BENZ	LO-915	VZ-2083	0,134	0,05	0,23	8,76E+04
		Promedio	0,331	0,190	0,330	3,51E+05
		Desv. Estándar	0,173	0,171	0,090	2,62E+05

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cagiz Golo Cargo: Secretario Técnico 3CV



INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

### 5.3 Resultados Tercera Serie (con Aditivo)

A continuación se presentan los resultados de la tercera y última serie de mediciones, con aditivo incorporado al estanque de prueba.

Tabla 5: Resultados material particulado 3ª serie de mediciones (con aditivo).

Marca	Modelo	PPU	3ª Serie (Con Aditivo)			
			M.P. [g/test]	Op. Carga [m <sup>-1</sup> ]	Op. Libre [m <sup>-1</sup> ]	Superficie Total DC [µm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> ]
AGRALE	MA/8.5	VX-4218	0,25	0,06	0,21	1,63E+05
		VX-4228	0,76	0,57	0,66	
		VX-4285	0,24	0,12	0,27	1,92E+05
M. BENZ	LO-915	VZ-2083	0,12	0,03	0,15	7,52E+04
		Promedio	0,345	0,195	0,323	1,44E+05
		Desv, Estándar	0,286	0,253	0,230	6,10E+04

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico



**INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS**

**5.4 Comparación de Resultados.**

Para analizar los resultados, se comparan la emisiones de la primera serie de mediciones (sin aditivo), con la 2ª y 3ª serie de mediciones, ambas con aditivo. Esta comparación se hace desde la perspectiva de la eficiencia del aditivo en la reducción del material particulado, como sigue:

$$Eficiencia = \frac{(E_s - E_c)}{E_s} \times 100 [\%]$$

Donde:

$E_s$  = Emisiones de material particulado sin aditivo.

$E_c$  = Emisiones de material particulado con aditivo.

Los resultados obtenidos para cada serie de mediciones (tablas 3,4 y 5) se grafican en las Figuras 1 a 4 del Anexo I. Los resultados del aditivo se calculan como una eficiencia para cada bus y cada método de ensayo y se muestran en las tablas 6 y 7 para la 2ª y 3ª serie de mediciones, respectivamente.

Tabla 6: Resultados de eficiencia del aditivo (primera y segunda serie de mediciones)

Marca	Modelo	PPU	Eficiencia (%): 2ª Serie v/s Sin Aditivo			
			M.P.	Opaclidad en Carga	Opaclidad Libre	Superficie Total DC
AGRALE	MA/8.5	VX-4218	-20,4	-85,7	-85,7	-66,7
		VX-4228	-29,6	4,3	-40,0	-138,8
		VX-4285	-25,8	-133,3	-27,3	-29,9
M. BENZ	LO-916	VZ-2083	-41,1	-66,7	-35,3	-2,5
Sobre las emisiones Promedio de la Flota			-27,5	-22,6	-46,7	-76,5

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cárdenas Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05

Página 8 de 14

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

Es posible observar que para todos los buses y en todos los tipos de ensayo de medición la emisión de material particulado aumentó para toda la flota experimental (valores de eficiencia negativos), excepto para la opacidad en carga del bus VX-4228<sup>2</sup>. En todo caso, la eficiencia del aditivo sobre la emisión promedio de la flota fue negativa (aumento de las emisiones), con un aumento del 27,5% en masa, 22,6% en Opacidad en Carga y 46,7% en Opacidad en aceleración Libre y 76,5 % en concentración de superficie de partículas.

Tabla 7: Resultados de la eficiencia del aditivo (primera y tercera serie de mediciones).

Marca	Modelo	PPU	Eficiencia (%): 3ª Serie v/s Sin Aditivo			
			Masa Material Particulado	Opacidad		Superficie Total DC
				Op. Carga	Op. Libre	
AGRALE	MA8 S	VX-4218	-6.0	14.3	0.0	12.2
		VX-4228	-79.7	-23.9	-120.0	-
		VX-4285	12.7	-100.0	-22.7	14.1
M. BENZ	LO-815	VZ-2083	-26.2	0.0	11.6	12.1
Sobre las Emisiones promedio de la flota (*)			-33.0	-25.8	-43.3	13.1

(\*) Para el cálculo eficiencia en superficie, no se consideró el resultado del bus VX-4228 para la 1ª serie de mediciones, sin aditivo. Descartando el valor de emisiones de superficie de este bus en el promedio de la primera serie, se obtiene un valor 1,65E+05 utilizado para el cálculo.

En relación con la tercera 3ª serie de mediciones (Tabla 7), el resultado es variable. En el bus VX-4228, se detectó un nuevo incremento de las emisiones de material particulado medidas en masa y opacidad. En esta oportunidad todos los indicadores de eficiencia del aditivo resultaron negativos a excepción de la eficiencia en la superficie de partículas<sup>3</sup>.

Respecto de los otros 3 buses de la flota experimental, los resultados se sitúan a ambos extremos de 0% de eficiencia en uno y otro sentido, dependiendo del tipo de ensayo y el bus.

En todo caso si analizamos la eficiencia del aditivo sobre las emisiones promedio de los cuatro buses de la flota piloto observamos que la masa de material particulado aumenta, para la 3ª serie de mediciones, en un 33,3% en masa, 25,81% en opacidad en carga y en un 43,33% en opacidad en aceleración libre. Siendo para esta serie la superficie de partículas el

<sup>2</sup> Una explicación para este comportamiento es que la diferencia entre la primera y segunda medición de opacidad en carga se encuentre en el rango de incertidumbre del método.

<sup>3</sup> Problemas técnicos del bus impidieron la medición de superficie en esta serie.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cádiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05

Página 9 de 14

**INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS**

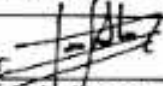


único tipo de ensayo que presentó una disminución en las emisiones de material particulado de un 13,2 %<sup>4</sup>. Al respecto, esto se explica principalmente por la ausencia del valor de superficie en esta serie de mediciones para el bus VX-4228, el cual registra los mayores incrementos de material particulado en masa y opacidad.

Una gráfica general de los resultados de eficiencia del aditivo se pueden observar en el Anexo II.

### 7.0 Conclusiones

- ♦ En la segunda serie de mediciones (con aditivo), las emisiones del material particulado en la flota experimental, registraron un aumento cuando se usó el aditivo CHISS.
- ♦ En la tercera serie de mediciones, las emisiones del material particulado en la flota experimental, registraron un comportamiento variable con aumentos o algunas disminuciones, dependiendo del tipo de ensayo y del bus. En todo caso las emisiones promedio de la flota experimental medidas en masa, opacidad en carga y opacidad en aceleración libre, aumentaron cuando se utilizó el aditivo CHISS.

<sup>4</sup> Este porcentaje se calcula sobre la base de los mismos tres buses medidos en la 1ª y 3ª serie de mediciones.

Fecha de Aprobación	Generado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cadz Sotz Cargo: Secretario Técnico 3CV



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

3CV-ST-E001-V01-05

Página 10 de 14

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

# ANEXO I

## Resultados Individuales por Bus

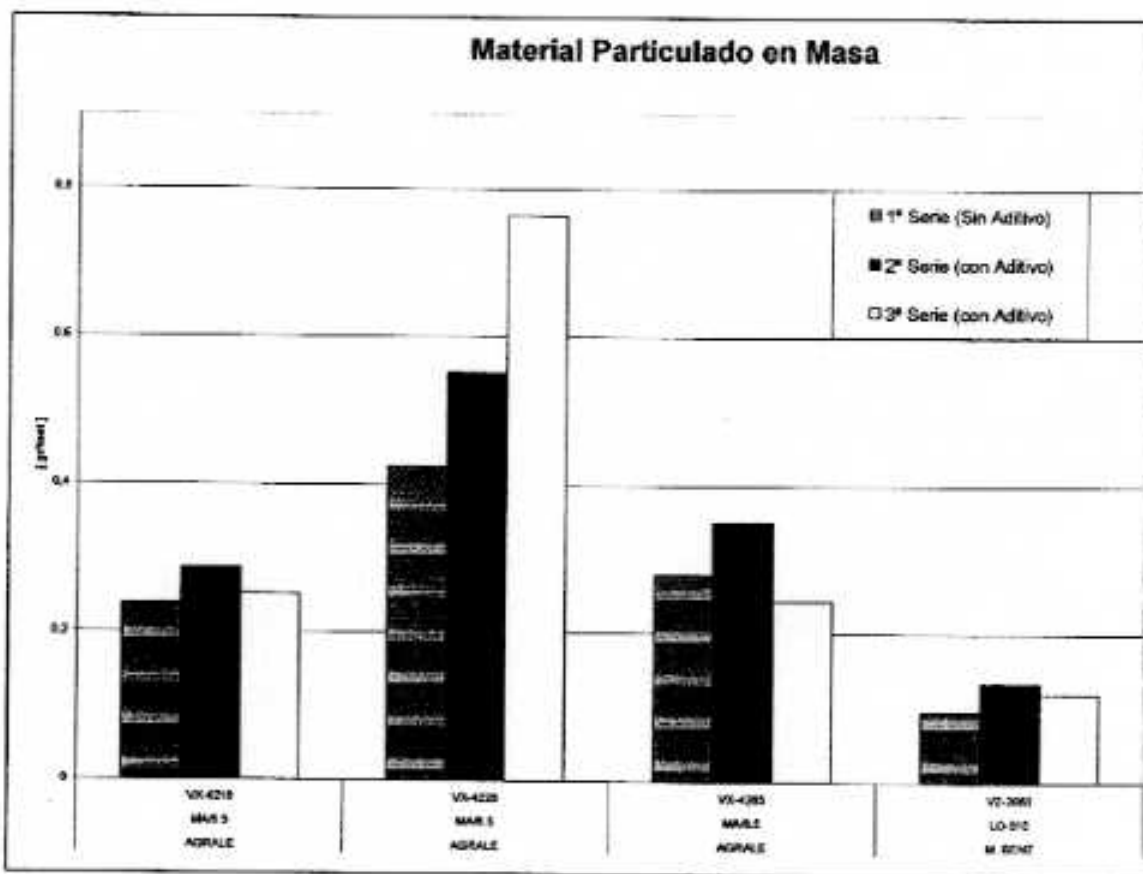


Figura 1: Resultados por Bus en Masa

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Qadiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



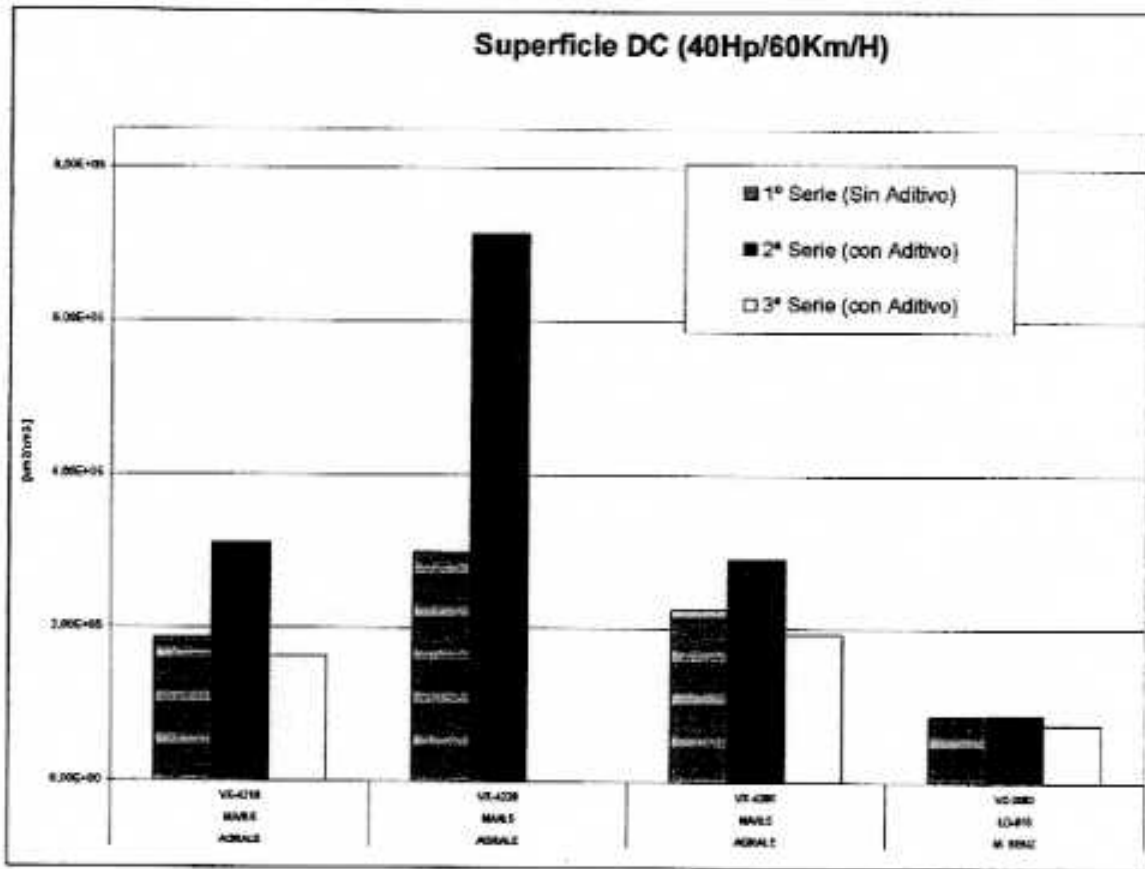
GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E001-V01-05

Página 11 de 14

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

Figura 2: Resultados por Bus en Superficie.



Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: Jose Luis Alvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cadiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



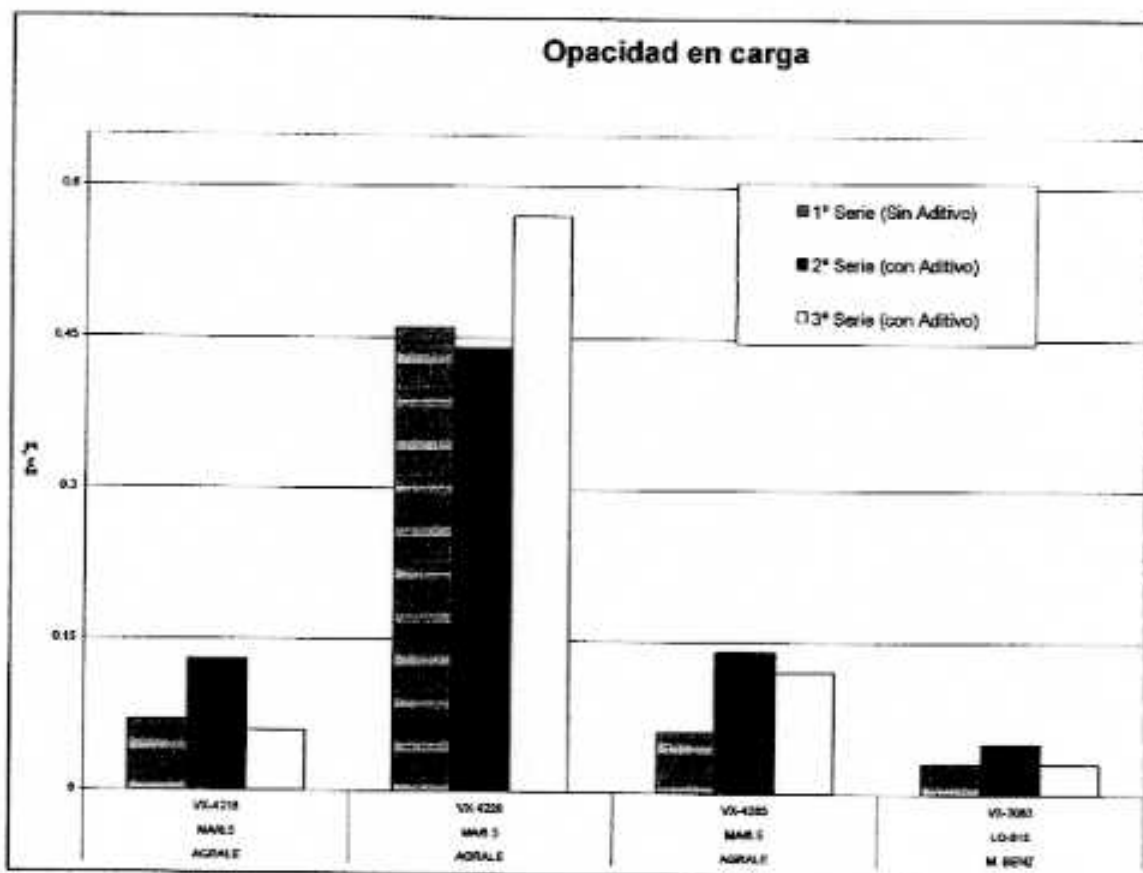
GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E001-V01-05

Página 12 de 14

### INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL ADITIVO CHISS

Figura 3: Resultados por Bus Opacidad en Carga.



Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cadiz Soto Cargo: Secretario Técnico 3CV



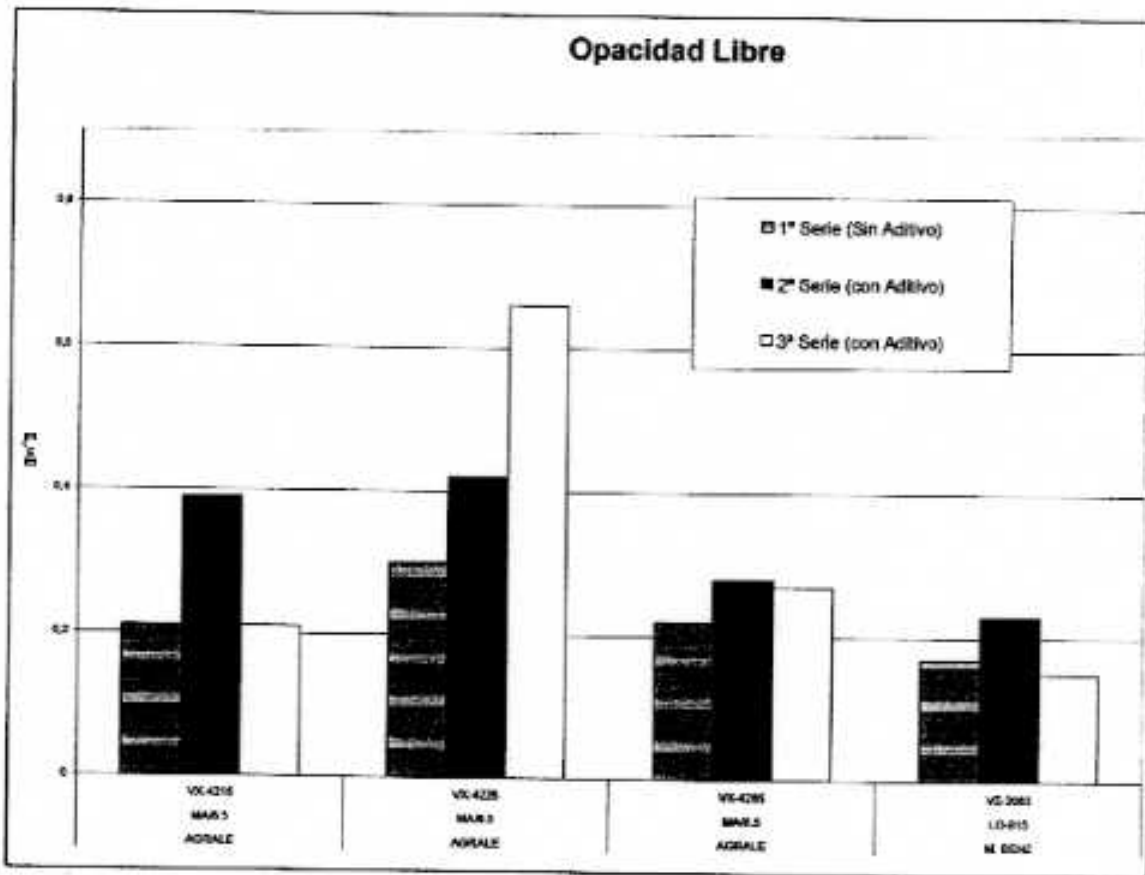
GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES  
CENTRO DE CONTROL Y CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E001-V01-05

Página 13 de 14

INFORME PROGRAMA EXPERIMENTAL  
ADITIVO CHISS

Figura 4: Resultados por Bus Opacidad Aceleración Libre.



Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Alvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo.	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Galiz Sojo Cargo: Secretario Técnico 3CV



## ANEXO II

### Resultados

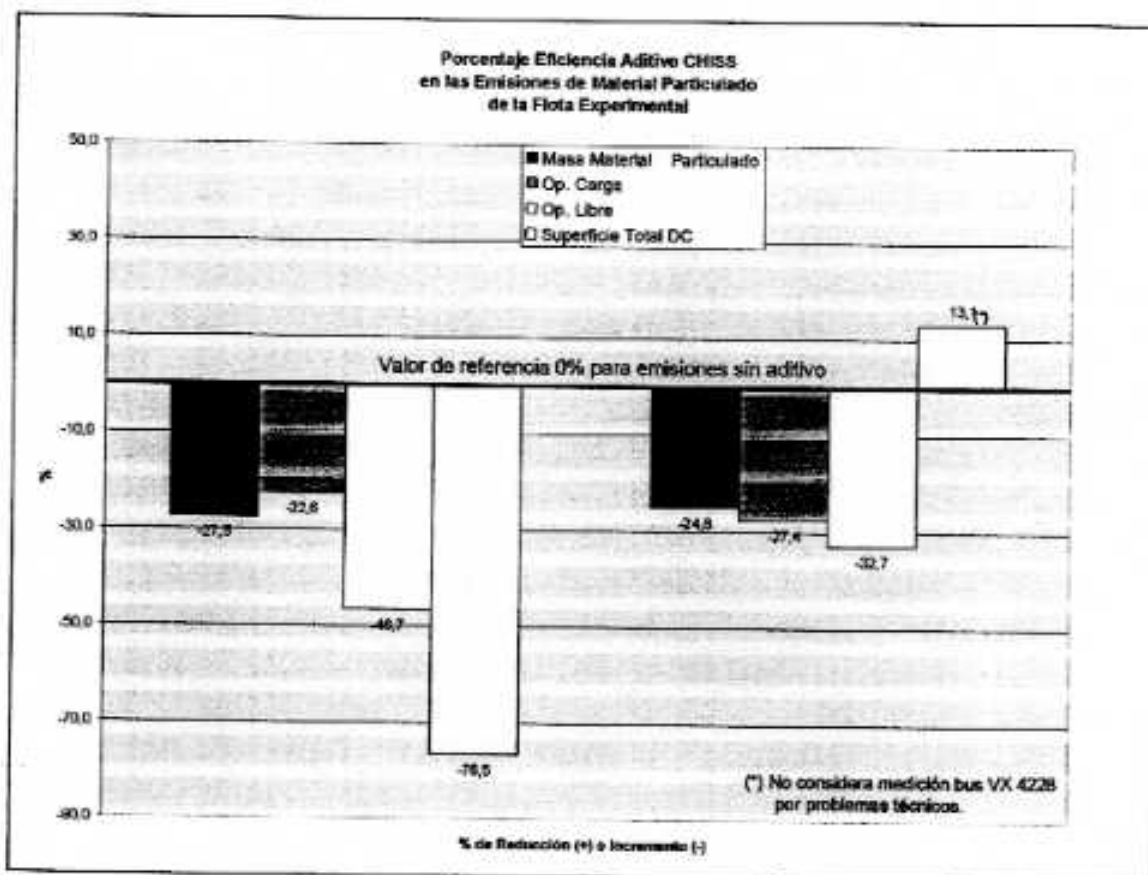


Figura 4: Eficiencia Aditivo CHISS de la 2º y 3º serie de ensayos.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
25/10/2005	Nombre: José Luis Álvarez Cargo: Ing. Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo B. Cargo: Apoyo Planes Experimentales	Nombre: Alfonso Cádiz Boto Cargo: Secretario Técnico