



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

3CV-ST-E002-V01-03

Página 1 de 1

**PROGRAMA EXPERIMENTAL EVALUACIÓN  
BUS CON TECNOLOGÍA HÍBRIDA**

**1.0 Objetivo:**

Evaluar el nivel de opacidad y de ruido de un bus urbano de locomoción colectiva, con tecnología eléctrico híbrida de propulsión (diesel/eléctrico).

**2.0 Alcance y campo de aplicación:**

Este programa experimental contempló el seguimiento de un bus de locomoción colectiva de la Región Metropolitana el que fue sometido a controles periódicos de opacidad y ruido entre el 24 de Octubre y el 31 de Diciembre de 2002.

Durante este periodo se desarrollaron 9 series de medición, cada serie consistió en un ensayo de opacidad en flujo parcial en transiente y 4 ensayos en carga a distintos regímenes de operación (máxima carga y máxima carga a 20 km/h, 40 km/h y 50 km/h). Asimismo se midieron los niveles de ruido emitidos por el vehículo. Los procedimientos de medición se detallan mas adelante.

El vehículo ensayado es de las siguientes características:

- Marca: Eletra
- Modelo: O-500 M – Eletra 120 kW
- Año: 2002
- Carrocería: Marco Polo
- Chasis: Mercedes Benz O – 500 M 1725/59
- Motor: Generador: OM 904 LA

Según la información proporcionada por el solicitante del programa (Transeléctric), el bus posee una configuración en serie diesel dominante, lo que determina al motor eléctrico como único medio de propulsión del vehículo (tracción conectada al motor eléctrico). El generador diesel provee la energía eléctrica al motor de propulsión. Cuando el motor requiere de mayor energía eléctrica la toma de las baterías, las cuales son posteriormente cargadas con el excedente proveniente del generador en los momentos de baja demanda de energía. Esto permite la operación del generador diesel en régimen estacionario a 1800 r.p.m., en carga, o de 600 r.p.m, en ralentí.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
21/02/2003	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinador de Laboratorio Combustible	Nombre: Alfonso Gadiaga Cargo: Secretario Técnico





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

3CV-ST-E002-V01-03

Página 2 de 2

**PROGRAMA EXPERIMENTAL EVALUACIÓN  
BUS CON TECNOLOGÍA HÍBRIDA**

**3.0 Métodos de Medición:**

Para los fines de este programa piloto se usaron los siguientes métodos de medición:

- Opacidad en Transiente: Se midió la opacidad de los gases de escape del generador diesel en el periodo de aceleración transiente desde las 600 r.p.m. (ralentí) a las 1800 r.p.m. (generador en operación estacionaria).
- Opacidad en Régimen Estacionario: Se midió la opacidad de los gases de escape del generador diesel en operación estacionaria (1800 r.p.m.), en diferentes condiciones de carga del sistema de tracción del vehículo (máxima carga y máxima carga a 20 km/h, 40 km/h y 50 km/h). Este ensayo se realizó sobre un dinamómetro de chasis.
- Medición de ruido: La medición de ruido se efectuó conforme a procedimientos previstos para ruido en motor, interior de carrocería y escape de buses de locomoción colectiva.

La opacidad se midió con un opacímetro de flujo parcial del tipo utilizado en las mediciones en las revisiones técnicas y en la vía pública.

**4.0 Documentación de referencia:**

- Carpeta programa experimental 3CV/EXP/026/02

**5.0 Resultados:**

A continuación se presentan los resultados para las mediciones efectuadas.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
21/02/2003	Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinador de Laboratorio Combustible	Nombre: Alfonso Gámez Cargo: Secretario Técnico





GOBIERNO DE CHILE  
SUBSECRETARÍA DE TRANSPORTES

CENTRO DE CONTROL Y  
CERTIFICACIÓN  
VEHICULAR

3CV-ST-E002-V01-03

Página 3 de 3

PROGRAMA EXPERIMENTAL EVALUACIÓN  
BUS CON TECNOLOGÍA HÍBRIDA

TABLA 1: RESULTADOS DE OPACIDAD

Fecha	Opacidad Transiente 600 a 1800 r.p.m [m -1]	Opacidad Máxima Carga (1) [m -1]	Opacidad Carga a 20Km/h [m -1]	Potencia Ensayo (2) a 20Km/h [Hp]	Opacidad Carga a 40Km/h [m -1]	Potencia Ensayo (2) a 40Km/h [Hp]	Opacidad Carga a 50Km/h [m -1]	Potencia Ensayo (2) a 50Km/h [Hp]
24-oct-02	0,13	0,01	0,04	14,30	0,04	23,50	0,02	45,00
13-nov-02	0,05	0,03	0,02	2,20	0,05	25,30	0,03	46,00
27-nov-02	0,10	0,36	0,02	8,40	0,11	52,30	0,09	67,00
04-dic-02	0,06	0,03	0,03	10,20	0,03	41,00	0,03	75,00
11-dic-02	0,12	0,01	0,03	10,00	0,01	60,00	0,02	71,00
18-dic-02	0,10	0,09	0,01	12,50	0,01	68,00	0,01	70,00
20-dic-02	0,11	0,02	0,02	10,20	0,01	64,00	0,01	71,00
26-dic-02	0,08	0,03	0,03	10,00	0,02	64,00	0,01	68,00
31-dic-02	0,13	0,01	0,02	11,20	0,01	65,00	0,01	69,00
Promedio (3)	0,10	0,03	0,02	—	0,02	—	0,02	—
Desv. Estándar	0,03	0,03	0,01	—	0,01	—	0,01	—

(1) Se aplicó 78 HP de potencia, salvo el 24-oct-02 (45 Hp), 13-nov-02 (40,5 Hp) y 27-nov-02 (71 Hp).

(2) Se aplicó la máxima potencia a la velocidad definida, salvo el 24-oct-02, 13-nov-02 y 27-nov-02.

(3) Para los promedios y desviación estándar no se consideraron los valores de opacidad en carga del 24-oct-02, 13-nov-02 y 27-nov-02.

TABLA 2: RESULTADOS DE EMISIÓN DE RUIDO

Fecha	Nivel de Ruido Interior Db	Nivel de Ruido Motor Db	Nivel de Ruido Escape Db
24-oct-02	68,97	78,40	85,03
27-nov-02	65,53	78,83	84,20
Límite	88,00	98,00	95,00

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
21/02/2003	Nombre: Alisha Reinoso Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinador de Laboratorio Combustible	Nombre: Alfonso Cáriz Cargo: Secretario Técnico





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

3CV-ST-E002-V01-03

Página 4 de 4

**PROGRAMA EXPERIMENTAL EVALUACIÓN  
BUS CON TECNOLOGÍA HÍBRIDA**

De los resultados de la TABLA 1, se puede afirmar que:

- Para las condiciones ensayadas, todos los resultados presentan niveles de opacidad muy por debajo de los valores límite exigidos a los actuales buses con sello verde de  $1,2 \text{ m}^{-1}$  en los ensayos en carga y de  $1,6 \text{ m}^{-1}$  en los ensayos en aceleración libre<sup>1</sup>.
- Los niveles mas altos de opacidad se registraron en el ensayo de opacidad en transiente.
- Se observa que los valores de opacidad promedio para diferentes condiciones de carga son similares, lo que refleja una independencia de las emisiones respecto de los requerimientos de potencia del bus.
- Se observa en general baja dispersión de los resultados, los que son particularmente homogéneos en carga, con la excepción de la medición realizada el 27 de Noviembre de 2003.

Respecto de la TABLA 2, podemos señalar que el bus ensayado cumple con los niveles de ruido máximo permitidos.

**6.0 Conclusiones**

De los resultados de opacidad registrados en el desarrollo del programa se puede concluir que el bus presentó niveles de opacidad muy bajos en todas las condiciones de ensayo, siendo la condición mas crítica de medición la opacidad en transiente<sup>2</sup> de 600 a 1800 rpm (de ralentí a carga).

Por otro lado todas las mediciones en distintas condiciones de carga resultaron similares e independientes de la carga aplicada, lo que se explicaría por la operación estacionaria del generador diesel e independiente del motor eléctrico de tracción ya que la carga aplicada al bus sería transmitida al motor eléctrico y no directamente al generador diesel.

En cuanto a las mediciones de ruido el bus ensayado cumple holgadamente con la Norma prevista para las emisiones de ruido interior de carrocería, motor y ruido de escape.

<sup>1</sup> Los valores de opacidad en aceleración libre y carga se consideran sólo una referencia puesto que los procedimientos de medición para este programa debieron ser modificados respecto de los procedimientos de revisión técnica aplicable a buses diesel.

<sup>2</sup> La medición transiente en este caso no tiene el mismo sentido que en un bus diesel, dado que en este todas las transiciones de velocidad y carga se transmiten directamente al motor. Para el caso del bus híbrido en estudio sólo existiría transiente entre el ralentí y el inicio de la operación con carga del generador diesel.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
21/02/2003	Nombre: Alisha Reinosa Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinador de Laboratorio Combustible	Nombre: Alfonso Cádiz Cargo: Secretario Técnico





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

3CV-ST-E002-V01-03

Página 5 de 5

**PROGRAMA EXPERIMENTAL EVALUACIÓN  
BUS CON TECNOLOGÍA HÍBRIDA**

Por último es posible afirmar que durante la realización de las pruebas no se observó alteraciones o desperfectos de aspectos estructurales o de seguridad.

Fecha de Aprobación	Generado por:	Revisado por:	Aprobado por:
21/02/2003	Nombre: Aliosha Reinoso Cargo: Coordinador de Planificación y Desarrollo	Nombre: Pamela Olivo Cargo: Coordinador de Laboratorio Combustible	Nombre: Alfonso Gádiz Cargo: Secretario Técnico

