

## **INFORME FINAL**

**ELABORACION DE ESTUDIOS Y ANTECEDENTES PARA LA REVISION DE LA  
NORMA SOBRE CONTAMINACION ACUSTICA PARA VEHICULOS DE  
LOCOMOCION COLECTIVA CONTENIDA EN EL DS N° 122/91 MINTRATEL**

*Contrato CONAMA N° 22-0023-013/99  
CONSULTOR: AMBIENTE CONSULTORES LTDA.*

**1999**

## INDICE ANALITICO

<b>INDICE DE FIGURAS</b>		i
<b>INDICE DE TABLAS</b>		ii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>		
1.1	<u>Introducción</u>	1 – 1
1.2	<u>Objetivos y alcance del estudio</u>	1 – 1
1.3	<u>Estrategia de trabajo</u>	1 – 2
1.4	<u>Actividades realizadas</u>	1 – 3
1.5	<u>Equipo de trabajo</u>	1 – 4
<b>2. INSTITUCIONALIDAD DE FISCALIZACION</b>		
2.1	<u>Marco legal</u>	2 – 1
2.1.1	<i>Resumen de normas jurídicas</i>	2 – 1
2.1.2	<i>Legislación sobre ruido</i>	2 – 2
2.1.3	<i>Legislación sobre transporte de pasajeros</i>	2 – 4
2.1.4	<i>Legislación sobre dictación de normas ambientales</i>	2 – 5
2.1.5	<i>Legislación sobre homologación y verificación de conformidad (DS 54.97)</i>	2 – 6
2.2	<u>Atribuciones de fiscalización y sanción</u>	2 – 8
<b>3. ANALISIS DEL D.S. 122/91 MINTRATEL</b>		
3.1	<u>Alcance</u>	3 – 1
3.2	<u>Contenido</u>	3 – 1
3.3	<u>Discusión</u>	3 – 2
3.4	<u>Necesidad de cambios</u>	3 – 3
<b>4. ANTECEDENTES TECNICOS</b>		
4.1	<u>Normativa extranjera</u>	4 – 1
4.1.1	<i>Métodos de ensayo en aplicación</i>	4 – 1
4.1.2	<i>Límites existentes en otros países</i>	4 – 2
4.1.3	<i>Normativa Francesa sobre ruido de vehículos motorizados</i>	4 – 4
4.2	<u>Antecedentes técnicos</u>	4 – 5
4.2.1	<i>Fuentes de ruido en motores Diesel</i>	4 – 5
4.2.2	<i>Listado de referencias consultadas</i>	4 – 8
4.3	<u>Antecedentes del sistema de locomoción pública</u>	4 – 10

## 5. METODOLOGIA DE MEDICION

5.1	<u>Instrumentos de medición</u>	5 – 1
5.2	<u>Ensayos dinámicos</u>	5 – 1
	5.2.1 <i>Normas aplicadas</i>	5 – 1
	5.2.2 <i>Instrumentación utilizada</i>	5 – 2
	5.2.3 <i>Lugar de medición</i>	5 – 2
	5.2.4 <i>Procedimiento</i>	5 – 3
5.3	<u>Ensayos estacionarios</u>	5 – 6
	5.3.1 <i>Normas utilizadas</i>	5 – 6
	5.3.2 <i>Instrumentación utilizada</i>	5 – 6
	5.3.3 <i>Lugar de medición</i>	5 – 8
	5.3.4 <i>Procedimiento</i>	5 – 9
5.4	<u>Mediciones en condiciones reales</u>	5 – 13
	5.4.1 <i>Instrumentos de medición</i>	5 – 13
	5.4.2 <i>Lugares de medición</i>	5 – 13
	5.4.3 <i>Procedimiento</i>	5 – 13

## 6. RESULTADOS DE MEDICIONES

6.1	<u>Caracterización de universo de buses</u>	6 – 1
6.2	<u>Muestreo con métodos dinámicos</u>	6 – 4
	6.2.1 <i>Muestreo en recorrido real</i>	6 – 6

## 7. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

7.1	<u>Correlación de resultados de ensayos dinámicos</u>	7 – 1
	7.1.1 <i>Correlación interior – exterior</i>	7 – 1
	7.1.2 <i>Correlación ensayo dinámico con otros ensayos</i>	7 – 2
	7.1.3 <i>Correlación con la edad de los buses</i>	7 – 4
7.2	<u>Correlación de resultados de ensayos estacionarios</u>	7 – 5
	7.2.1 <i>Comparación entre regímenes a <math>\frac{3}{4}</math> y máx RPM</i>	7 – 5
	7.2.2 <i>Comparación de posiciones de medición</i>	7 – 8
	7.2.3 <i>Comparación por ubicación del motor</i>	7 – 10
	7.2.4 <i>Comparación por peso de los buses</i>	7 – 12
	7.2.5 <i>Comparación con resultados anteriores</i>	7 – 16

## 8. PROPOSICION DE NORMATIVA

8.1	<u>Proposición de métodos</u>	8 – 1
8.2	<u>Proposición de límites</u>	8 – 3
8.3	<u>Proposición de texto</u>	8 – 5
8.4	<u>Análisis de límites propuestos</u>	8 – 13
	8.4.1 <i>Comparación con límites Europeos</i>	8 – 13
	8.4.2 <i>Simulación de rechazos por aplicación de límites</i>	8 – 15
8.5	<u>Esquema de aplicación</u>	8 – 21

## 9. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACION

9.1	<u>Recursos para aplicación de normativa</u>	9 – 1
	9.1.1 <i>Instrumentos requeridos para realizar las mediciones Estacionarias</i>	9 – 1
	9.1.2 <i>Espacio requerido para las mediciones estacionarias</i>	9 – 2
	9.1.3 <i>Instrumentos requeridos para realizar las mediciones Dinámicas</i>	9 – 2
	9.1.4 <i>Espacio requerido para las mediciones dinámicas</i>	9 – 2
	9.1.5 <i>Recursos humanos para operar el sistema</i>	9 – 3
	9.1.6 <i>Estimación del rendimiento en la aplicación del sistema</i>	9 – 4
9.2	<u>Costos de fiscalización</u>	9 – 4
	9.2.1 <i>Mediciones estacionarias</i>	9 – 4
	9.2.2 <i>Mediciones dinámicas</i>	9 – 5
9.3	<u>Universo de buses impactados</u>	9 – 5
	9.3.1 <i>Parque de buses existente</i>	9 – 5
	9.3.2 <i>Parque futuro</i>	9 – 6
.4	<u>Costos de cumplimiento</u>	9 – 7

## 10. CONCLUSIONES

10.1	<u>Conclusiones sobre el marco jurídico e institucionalidad respectiva</u>	10 – 1
10.2	<u>Conclusiones sobre el parque actual de buses</u>	10 – 1
10.3	<u>Conclusiones sobre los ensayos</u>	10 – 1
10.4	<u>Conclusiones sobre la norma a proponer</u>	10 – 1
10.5	<u>Conclusiones sobre los límites propuestos</u>	10 – 2
10.6	<u>Conclusiones sobre la implementación de la norma de emisión</u>	10 - 2

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama de flujo de posibles instancias de fiscalización y sus Actores.	2 – 11
Figura 4.1	Curvas de potencia, torque y consumo de un motor Diesel	4 – 6
Figura 4.2	Velocidad de giro del motor OM-366 en uso normal en Santiago.	4 – 7
Figura 4.3	Resumen de las importaciones en 1998	4 – 11
Figura 4.4	Gráfico resumen A.G.M.T.P. y Proveedores	4 – 12
Figura 5.1	Diagrama del área de medición según ISO 362-1998	5 – 4
Figura 5.2	Vista general del ensayo dinámico	5 – 5
Figura 5.3	Diagrama de block del sistema de medición estacionario	5 – 7
Figura 5.4	Ubicación de micrófonos para bus con motor delantero	5 – 8
Figura 5.5	Ventana de calibración software TEB	5 – 9
Figura 5.6	Diagrama de block del software TEB	5 – 10
Figura 5.7	Ventana principal software TEB	5 – 11
Figura 5.8	Equipo de medición y micrófono de escape	5 – 11
Figura 5.9	Micrófono en posición de motor	5 – 12
Figura 5.10	Micrófono en posición interior	5 – 12
Figura 6.1	Universo de buses muestreados por ensayo estacionario.	6 – 1
Figura 6.2	Universo de buses muestreados por ensayo dinámico	6 – 2
Figura 6.3	Distribución niveles interiores ensayo dinámico	6 – 5
Figura 6.4	Distribución de niveles exteriores ensayo dinámico ISO 362	6 – 5
Figura 6.5	Distribución niveles de bocina	6 – 6
Figura 6.6	Promedios de niveles interiores test real.	6 – 8
Figura 6.7	Promedios de niveles de aceleración vertical test real	6 – 8

Figura 6.8	Promedios de niveles de aceleración longitudinal test real	6 – 9
Figura 6.9	Distribución de R.P.M. en un recorrido real con motor delantero	6 – 9
Figura 6.10	Distribución de R.P.M. en un recorrido real con motor trasero	6 – 10
Figura 6.11	Distribución acumulativa para ensayo estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM.	6 – 14
Figura 6.12	Distribución acumulativa para ensayo estacionario a máx. RPM.	6 – 14
Figura 7.1	Comparación Interior v/s Exterior, todos los buses.	7 – 1
Figura 7.2	Correlación individual Interior v/s Exterior, todos los buses	7 – 2
Figura 7.3	Correlación Lmáx v/s Escape estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 2
Figura 7.4	Correlación Lmáx v/s Motor estacionario a $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 3
Figura 7.5	Correlación Interior dinámico e Interior estático a $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 3
Figura 7.6	Niveles por ensayo dinámico v/s Año de fabricación, para Estratos Intermedio, Trasero y Taxibuses	7 – 4
Figura 7.7	Niveles de ruido para modelo OH – 1420 según año de Fabricación.	7 – 5
Figura 7.8	Distribución acumulativa de Nivel de Ruido de Escape	7 – 6
Figura 7.9	Distribución acumulativa de Nivel de Ruido de Motor	7 – 6
Figura 7.10	Correlación de Niveles de Ruido de Escape para $\frac{3}{4}$ y máx. RPM	7 – 7
Figura 7.11	Correlación de Niveles de Ruido de Motor para $\frac{3}{4}$ y máx. RPM	7 – 8
Figura 7.12	Distribución acumulativa de Nivel a $\frac{3}{4}$ RPM, para Interior, Escape y Motor	7 – 8
Figura 7.13	Correlación entre Niveles de Ruido de Motor y Escape para $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 9
Figura 7.14	Correlación entre Niveles de Ruido de Interior y Escape para $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 9
Figura 7.15	Correlación entre Niveles de Ruido de Interior y Motor para $\frac{3}{4}$ RPM.	7 – 10
Figura 7.16	Distribución ruido de motor a $\frac{3}{4}$ RPM, para ubicaciones de motor	

	Intermedio, Trasero y Delantero.	7 –10
Figura 7.17	Distribución ruido de motor a máx. RPM, para ubicaciones de Motor Intermedio, Trasero y Delantero.	7 –11
Figura 7.18	Distribución ruido de escape a $\frac{3}{4}$ RPM, para ubicaciones de Motor Intermedio, Trasero y Delantero.	7 –11
Figura 7.19	Distribución ruido de escape a máx. RPM, para ubicaciones de Motor Intermedio, Trasero y Delantero.	7 –12
Figura 7.20	Distribución acumulativa Nivel Escape a $\frac{3}{4}$ RPM, para buses Y Taxibuses	7 – 13
Figura 7.21	Comparación de Nivel Escape a máx. RPM, para buses y Taxibuses	7 -13
Figura 7.22	Comparación de Nivel Motor a $\frac{3}{4}$ RPM, para buses y Taxibuses.	7 –14
Figura 7.23	Comparación de Nivel Motor a máx. RPM, para buses y Taxibuses	7 –14
Figura 7.24	Comparación de Nivel Interior a $\frac{3}{4}$ RPM, para buses y Taxibuses	7 –15
Figura 7.25	Comparación de Nivel Interior a máx. RPM, para buses y Taxibuses	7 –15
Figura 7.26	Distribución de niveles de escape en 1993 (Larrea)	7 – 16
Figura 7.27	Distribución de niveles de escape en 1994 (Santana)	7 – 17
Figura 7.28	Comparación de estudios para todo tipo de buses	7 – 17
Figura 7.29	Comparación de estudios para buses con motor delantero	7 – 18
Figura 8.1	Comparación de la evolución de límites para buses livianos	8 – 14
Figura 8.2	Comparación de la evolución de límites para buses pesados	8 – 14
Figura 9.1	Disminución requerida para cumplimiento de límites de ingreso Propuestos	9 – 7

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Equipo de trabajo del consultor	1 – 4
Tabla 2.1	Cuadro Resumen de Normativa Nacional Relevante	2 – 1
Tabla 2.2	Atribuciones de fiscalización y sanción	2 – 9
Tabla 4.1	Comparación de normas que definen métodos estacionarios	4 – 1
Tabla 4.2	Comparación de normas que definen métodos dinámicos	4 – 2
Tabla 4.3	Límites aplicados en otros países	4 – 3
Tabla 4.4	Límite para emisiones de ruido de vehículos en dBA	4 – 4
Tabla 4.5	Fuentes de ruido y condiciones de operación.	4 – 7
Tabla 4.6	Componentes emisores de ruido en vehículos Diesel	4 – 8
Tabla 4.7	Resumen del mercado de buses urbanos del país	4 – 11
Tabla 4.8	Cuadro resumen A.G.M.T.P. y Proveedores	4 – 12
Tabla 5.1	Listados de instrumentos utilizados en las mediciones	5 – 1
Tabla 6.1	Distribución de muestras y estratos	6 – 1
Tabla 6.2	Características técnicas de buses muestreados.	6 – 3
Tabla 6.3	Resultados de muestreo por ensayos dinámicos	6 – 4
Tabla 6.4	Resumen niveles interiores test condiciones reales	6 – 7
Tabla 6.5	Resumen de datos ensayo estacionario	6 – 11
Tabla 7.1	Niveles comparativos para 50% de buses y taxibuses	7 - 16
Tabla 8.1	Parámetros utilizados para evaluar la emisión de ruido.	8 – 1
Tabla 8.2	Ventajas y desventajas de los parámetros utilizados	8 – 2
Tabla 8.3	Esquema de límites en dBA propuestos para buses existentes A enero 2001	8 – 3
Tabla 8.4	Esquema de límites en dBA propuestos para el ingreso de	

	nuevos buses medianos y pesados	8 – 4
Tabla 8.5	Esquema de límites propuestos para el ingreso de nuevos Buses Livianos	8 – 4
Tabla 8.6	Simulación de rechazos para Criterio 0 (rechazo nulo en 1998)	8 – 16
Tabla 8.7	Simulación de rechazos para Criterio 1	8 – 16
Tabla 8.8	Simulación de rechazos para Criterio 2	8 – 17
Tabla 8.9	Simulación de rechazos para Criterio 3 (aplicable el 2001)	8 – 17
Tabla 8.10	Simulación de rechazos para Criterio 4	8 – 18
Tabla 8.11	Simulación de rechazos para Criterio 5	8 – 18
Tabla 8.12	Simulación de rechazos para Criterio 6 (aplicable el 2005)	8 – 19
Tabla 8.13	Simulación de rechazos para Criterio 7	8 – 19
Tabla 8.14	Simulación de rechazos para Criterio 8	8 – 20
Tabla 8.15	Simulación de rechazos para Criterio 9 (aplicable el 2010)	8 – 20
Tabla 9.1	Instrumentos para ensayo estacionario	9 – 1
Tabla 9.2	Instrumentos para ensayos dinámicos	9 – 2
Tabla 9.3	Recursos humanos para realización de ensayos	9 – 3
Tabla 9.4	Costos de inversión para ensayo estacionario	9 – 4
Tabla 9.5	Costos de inversión para ensayos estacionarios	9 – 5
Tabla 9.6	Estimación de buses existentes rechazados	9 – 6
Tabla 9.7	Costos agregados de cumplimiento de límites	9 – 6

# 1. INTRODUCCION

## 1.1 Introducción

El presente informe corresponde al resultado del estudio “Elaboración de estudio y antecedentes para la revisión de la norma sobre contaminación acústica para vehículos de locomoción colectiva contenida en el DS N°122/91 Mintratel”.

Este estudio fue encargado por el Depto. Descontaminación, Planes y Normas de CONAMA a través de una licitación, adjudicada al consultor Ambiente Consultores Ltda. bajo el Contrato N° 022-0023-13/99.

El período de realización del estudio fueron los meses de mayo a septiembre de 1999.

## 1.2 Objetivos y alcance del estudio

Los términos de referencia plantean los siguientes objetivos mínimos para el estudio:

- a) Realizar un análisis de las materias incluidas en el DS 122/91 MINTRATEL, en cuanto a qué materias deberían reemplazarse, agregarse, modificarse o no modificarse, al revisar oficialmente la mencionada norma.
- b) Recopilar, revisar y analizar antecedentes nacionales e internacionales relevantes sobre las normas que regulan la emisión de ruido de vehículos de locomoción colectiva (normativos, científicos, técnicos y otros), según lo requerido por el proceso de dictación de normas que coordina CONAMA.
- c) Proponer un procedimiento de medición aplicable a la realidad del país, con el fin de ser incorporado en la norma.
- d) Identificar, analizar y establecer la institucionalidad asociada a la fiscalización y sanciones de la normativa de regulación de emisión de ruido de vehículos de locomoción colectiva.
- e) Caracterizar acústicamente el parque automotriz chileno que estará afecto a la regulación
- f) Elaborar una propuesta borrador de norma de emisión de ruido de vehículos de locomoción colectiva, factible de implementar en Chile, según nuestra realidad nacional.
- g) Identificar y analizar los costos y tecnologías requeridas para el control, medición y fiscalización de la normativa propuesta, según los requerimientos del proceso de

dictación de normas, y las tecnologías necesarias para la reducción de ruido en las fuentes emisoras que serán reguladas.

El consultor propuso el logro de los siguientes objetivos adicionales:

- h) Evaluar el rango de condiciones reales de trabajo de los buses del parque nacional.
- i) Obtener información del rango de niveles generados por bocinas de acuerdo a un método simple

Se descartó como objetivo, en atención a la limitación de horas del proyecto, la medición de umbrales de contaminación acústica o grados de aceptabilidad por parte de la población. Se subentiende que el transporte colectivo constituye una fuente de contaminación acústica, por lo que su disminución generaría beneficios significativos, pero indeterminados.

Por lo tanto no se considera en este estudio una medición subjetiva de los efectos actuales ni del impacto de una reducción de emisiones, lo que a mediano plazo sería necesario para evaluar la efectividad de la norma propuesta.

### 1.3 Estrategia de trabajo

El punto de partida del marco de trabajo está definido por algunos principios básicos:

- a. El procedimiento de dictación debe estar de acuerdo al DS 93/95
- b. El método de ensayo debe ser compatible con normas ISO
- c. El universo principal serán los nuevos buses que están ingresando al parque

Sin embargo, la efectividad de la norma propuesta depende de un factor fundamental: la aplicabilidad de todas las etapas y procedimientos, los que a su vez dependen de varios factores:

- d. La claridad del texto de la norma
- e. La aceptación por consenso de los límites exigibles
- f. La simplicidad y economía del procedimiento de fiscalización
- g. La factibilidad técnica y económica de cumplir las exigencias
- h. La disminución real de la contaminación acústica generada

Por lo tanto, se ha puesto especial énfasis en lograr una norma realista, que considere las capacidades de la institucionalidad existente, los operadores de transporte existentes, los proveedores de máquinas existentes, los operadores de revisión técnica existentes, etc.

En consecuencia, la metodología aplicada ha considerado los siguientes aspectos:

- i. La institucionalidad actual para fiscalizar y sancionar
- j. Un borrador de norma autosuficiente, que incluya todos los detalles técnicos en el texto
- k. Un procedimiento de medición que sea compatible con las normas internacionales y al mismo tiempo refleje las condiciones reales de operación de los buses
- l. Un muestreo de la oferta de buses nuevos que represente la variedad del mercado actual
- m. Una proposición de límites que sea técnicamente factible de implementar y al mismo tiempo genere una reducción significativa de la exposición al ruido de pasajeros, conductores y de la población

#### 1.4 Actividades realizadas

Para efectos de organización interna, las actividades se asignaron a la jefatura o a una de las 3 áreas de trabajo: Area Legislación, Area Documental y Area Experimental.

Las actividades asignadas al **Area Jefatura** son las siguientes:

- 
- 1,1 Jefatura del proyecto
  - 1.2 Presentación de informes de avance
  - 1.3 Análisis del D.S. 122/91 de MINTRATEL
  - 1.4 Preparación de un Borrador de Norma
  - 1.5 Proposición de límites máximos permisibles
  - 1.6 Redacción final norma
  - 1.7 Informe final y resumen ejecutivo
- 

Las actividades asignadas al **Area Legislación** son las siguientes:

- 
- 2.1 Institucionalidad de fiscalización
  - 2.2 Revisión jurídica de la norma propuesta
- 

Las actividades asignadas al **Area Documental** son las siguientes:

- 
- 3.1 Documentación técnica
-

- 
- 3.2 Factibilidad de implementación de la normativa propuesta
  - 3.3 Edición de anexos, figuras y tablas
  - 3.4 Estimación del impacto económico de la normativa propuesta
  - 3.5 Elaboración de resultados
- 

Las actividades asignadas al **Area Experimental** son las siguientes:

- 
- 4.1 Preparación de mediciones
  - 4.2 Medición de las condiciones reales de operación de los buses
  - 4.3 Muestreo de buses 1
  - 4.4 Muestreo de buses 2
- 

Con fechas 15 de junio y 31 de julio se presentaron informes de avance, los que fueron revisados por la contraparte y se formularon observaciones que han sido incorporadas a este informe.

### 1.5 Equipo de trabajo

Las personas responsables de las diferentes funciones del consultor fueron los siguientes.

**Tabla 1.1 Equipo de trabajo del consultor**

---

FUNCION	PROFESION	NOMBRE
Jefe de Proyecto	Ingeniero Civil	Eugenio Collados
Encargado área Legislación	Abogado	Javier Vergara
Encargado área Experimental	Ing. Ejec. en Sonido	Christian Urrea
Encargado área Documental	Ing. Ejec. en Sonido	Domingo Pacini
Coordinación general	Ing. Civil en Sonido y Acústica	Matías Zañartu
Secretaria	Secretaria	Silvia Bustamante

---

La contraparte administrativa fue realizada por el Sr. Carlos Parr, Unidad de Proyectos CONAMA.

La contraparte técnica estuvo formada por las siguientes personas:

- Ing. Enrique Suárez, CONAMA
- Abogado Luis Venegas, CONAMA
- Ing. Igor Valdebenito, CONAMA
- Ing. Roberto Santana, Centro de Control y Certificación Vehicular, MINTRATEL
- Abogado Patricio Figueroa, MINTRATEL
- Ing. Antonio Marzzano, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, MINSAL

## 2. INSTITUCIONALIDAD DE FISCALIZACION

### 2.1 Marco legal

#### 2.1.1 Resumen de normas jurídicas

Un resumen de normas jurídicas relacionadas con las emisiones de ruido y con la operación de buses se muestra a continuación.

**TABLA 2.1 CUADRO RESUMEN DE NORMATIVA NACIONAL RELEVANTE**

<b>NORMA JURIDICA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>MODIFICADO</b>
<b>LEY N° 18.290/84</b>	Ley del Tránsito	Ley N° 18.316 Ley N° 18.389 Ley N° 18.490 Ley N° 18.563 Ley N° 18.597 Ley N° 18.724 Ley N° 18.768 Ley N° 18.903 Ley N° 18.931 Ley N° 19.071 Ley N° 19.171 Ley N° 19.495 Ley N° 19.552 Ley N° 19.572
<b>LEY N° 18.696/88</b>	Modifica Artículo 6° de la Ley N° 18.502, autoriza importación de vehículos que señala y establece normas sobre transporte de pasajeros	Ley N° 18.768 Ley N° 19.011 Ley N° 19.110 Ley N° 19.453
<b>LEY N° 19.040</b>	Establece normas para adquisición de el Fisco de vehículos que indica y otras disposiciones relativas a la locomoción colectiva de pasajeros	
<b>LEY N° 19.300/94</b>	Ley sobre bases generales del medio ambiente	Ley N° 19.453
<b>D.S. N° 163/84</b>	Reglamento de los servicios de transporte por calles y caminos	D.S. N° 156/88 D.S. N° 212/92 D.S. N° 131/97
<b>D.S. N° 156/90</b>	Reglamenta revisiones técnicas y la autorización y funcionamiento de las plantas revisoras	D.S. N° 228/94 D.S. N° 34/95 D.S. N° 192/95
<b>D.S. N° 122/91</b>	Fija requisitos dimensionales y funcionales a vehículos que prestan servicios de locomoción colectiva urbana	D.S. N° 156/93 D.S. N° 303/95

**Continuación TABLA 2.1**

<b>NORMA JURIDICA</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>MODIFICADO</b>
<b>D.S. N° 212/92</b>	Reglamento de los servicios nacionales de transporte público de pasajeros	D.S. N° 265/93 D.S. N° 14/93 D.S. N° 46/93 D.S. N° 97/93 D.S. N° 120/93 D.S. N° 136/93 D.S. N° 8/94 D.S. N° 59/94 D.S. N° 57/94 D.S. N° 141/94 D.S. N° 156/94 D.S. N° 210/94 D.S. N° 293/94 D.S. N° 287/95 D.S. N° 11/95 D.S. N° 130/95 D.S. N° 151/95 D.S. N° 302/95 D.S. N° 16/96 D.S. N° 181/96 D.S. N° 98/96 D.S. N° 32/97
<b>D.S. N° 168/93</b>	Dispone medidas aplicables a buses de locomoción colectiva que presten servicios en ciudades que indica de la V Región	D.S. N° 185/93 D.S. N° 1/94 D.S. N° 314/94 D.S. N° 236/95 D.S. N° 1/96 D.S. N° 19/96 D.S. N° 232/96 D.S. N° 373/96
<b>D.S. N° 93/95</b>	Reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión	
<b>D.S. N° 54/97</b>	Dispone normas sobre homologación de vehículos	

### 2.1.2 Legislación sobre ruido

La legislación chilena sobre ruido distingue notoriamente el ruido generado por fuentes fijas y el generado por fuentes móviles. En el caso de las fuentes fijas, tanto el emisor como el receptor son identificables, por lo cual las normas regulan a la vez la emisión y la inmisión o calidad acústica resultante, expresada como niveles máximos permisibles, evaluados en el receptor. En este caso el cuerpo legal es el Decreto Supremo N° 146 de 1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

En el caso de la fuentes móviles en vías públicas, en cambio, la inmisión es el resultado del paso de más de un vehículo, dependiendo del flujo, velocidad, superficie, hábitos, etc., además

de la potencia acústica individual de cada vehículo. La normativa para evitar la contaminación acústica por vehículos debe contemplar, por lo tanto, las siguientes partes como mínimo:

- límites de la emisión potencial de los vehículos que ingresan al parque
- límites al deterioro, mantención o alteración de los sistemas de escape y otros que generan ruido
- límites a los hábitos de circulación
- límites al diseño, construcción y operación de vías vehiculares en zonas sensibles al ruido
- límites al diseño, construcción y operación de actividades sensibles al ruido en zonas contaminadas por vehículos motorizados

Respecto de los 2 primeros puntos, sólo existe la regulación del DS 122/91 ya descrita en los Términos de Referencia y analizada en detalle en el Capítulo 3. La Ley del Tránsito indica en el Artículo 76 que los vehículos deberán estar provistos de un aparato sonoro que sólo podrá emitir sonidos monocordes de intensidad moderada.

El D.S. N° 212 de 1992 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en su Artículo N° 50, prohíbe en los vehículos de locomoción colectiva urbana el funcionamiento de radios portátiles, tocacasetes o instrumentos musicales en su interior. La radio del vehículo podrá ser puesta en funcionamiento siempre que su volumen sea moderado y ningún pasajero se oponga.

Respecto del 3er punto, la Ley del Tránsito faculta a las Direcciones del Tránsito Comunales para restringir la velocidad, el paso de vehículos pesados, el horario o el uso de bocina en lugares que así lo requieran.

Respecto del 4to punto, la Ley 19.300 y su Reglamento exigen la evaluación y mitigación de impactos acústicos en proyectos de creación o modificación de vías. Sin embargo, la aplicación óptima del S.E.I.A. requeriría de normas de evaluación del ruido de vehículos más apropiadas que la norma suiza 814.41. actualmente en uso.

Respecto del 5to punto, existe una norma NCh 352 en consulta pública sobre calidad acústica de las viviendas, que en parte define ciertos límites de inmisión para viviendas afectadas por ruido de vehículos.

Dentro de este marco, la revisión del DS 122/91 contribuye a iniciar un proceso de regulación acústica de las fuentes móviles. Sin embargo, la revisión deberá someterse al Reglamento de dictación de normas de emisión, DS 93/95 del MINGEPRES, por lo que prácticamente constituye una normativa nueva, completamente fundamentada.

### **2.1.3 Legislación sobre transporte de pasajeros**

La Ley del Tránsito N° 18.290 en su Artículo 89 establece que los servicios de locomoción colectiva deberán ajustarse a las normas que determine el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Los Artículos 94 y 97 establecen que deberá encontrarse vigente un certificado de revisión técnica, no obstante otras revisiones que decreten los Tribunales y de los controles que se practiquen en la vía pública.

La Ley N° 18.696 en su Artículo N° 3 establece que el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones podrá disponer el uso de las vías para determinados tipos de vehículos y/p servicios, mediante procedimientos de licitación pública, para el funcionamiento del mercado de transporte de pasajeros.

Las bases de estas licitaciones deberán contemplar, entre otros factores que serán evaluados, los factores ambientales relativos al ruido. La concesión respectiva que derive de una licitación deberá otorgarse mediante resolución fundada y concretarse en un contrato entre la empresa de transporte de pasajeros beneficiada y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, en el cual ambas partes se obligan a los términos incluidos en las bases de la licitación y en el que se establecen sanciones para cada parte en el caso de incumplimiento.

Además, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones estará facultado para dictar las normas técnicas relativas a seguridad y contaminación, que permitan decretar la definitiva obsolescencia técnica de vehículos destinados al transporte de pasajeros y su consecuente salida de este parque automotriz.

El Artículo N° 4 indica que el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones podrá fijar por regiones, provincias o comunas de país los establecimientos que practiquen las revisiones técnicas.

El Decreto Supremo N° 122 de 1991 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones fija los requisitos que deben cumplir los vehículos que presten servicios de locomoción colectiva urbana. En el capítulo 3 se analiza en detalle este decreto.

El Decreto Supremo N° 212 de 1992 reglamenta los servicios nacionales de transporte público de pasajeros. En su Artículo N° 8 señala que para la inscripción de un vehículo en el Registro Nacional de Servicios de Transporte de Pasajeros se requiere, entre otros, fotocopia del Certificado de Revisión Técnica, vigente.

El Artículo N° 31 señala que los vehículos de locomoción colectiva deberán contar con revisión técnica practicada por una planta revisora autorizada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, ubicada en la región donde se encuentre inscrito el servicio que con ellos se preste.

El Artículo N° 36 señala que las plantas revisoras autorizadas por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones no aprobarán la revisión técnica de los vehículos de locomoción colectiva cuando, por alteraciones introducidas en su chasis o carrocería, hayan perdido sus condiciones originales de fabricación.

#### **2.1.4 Legislación sobre dictación de normas ambientales**

El Artículo 2° de la Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente define como Norma de Emisión: “las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora.”

El Artículo N° 40 de dicha ley determina que las normas de emisión se establecerán mediante decreto supremo del ministerio respectivo, o por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia, en materias que no correspondan a un determinado ministerio.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente propondrá, facilitará y coordinará la dictación de normas de emisión, de acuerdo a las siguientes etapas señaladas en el inciso 3°, Artículo N° 32 y en el reglamento respectivo.

Dicho artículo señala que se considerarán a lo menos las siguientes etapas:

- análisis técnico y económico
- desarrollo de estudios científicos
- consultas a organismos competentes, públicos y privados
- análisis de las observaciones formuladas

Según el Artículo N° 14 del D.S. N° 93 de 1995 de la Secretaría General de la Presidencia, el anteproyecto de norma contendrá una relación completa de sus fundamentos, señalará los organismos con competencia en la fiscalización de la materia normada e indicará los procedimientos de medición y control de los parámetros normados.

El Artículo N° 34 de dicho reglamento señala que los estudios previos a la dictación de una norma de emisión deben dar cuenta de los siguientes aspectos:

- la concentración ambiental o distribución del contaminante en el área de aplicación de la norma, su metodología de medición y los resultados encontrados
- la relación entre las emisiones del contaminante y la calidad ambiental
- la capacidad de dilución y de autodepuración del medio receptor involucrado en la materia normada
- los efectos que produce el contaminante sobre la salud de las personas, la flora o la fauna u otros elementos del medio ambiente como por ejemplo, áreas silvestres protegidas y monumentos
- las tecnologías aplicables a cada caso y un análisis de la factibilidad técnica y económica de su aplicación

Según el Artículo N° 28, las normas de emisión deberán señalar, al menos:

- los valores críticos que determinen las situaciones de emergencia ambiental
- el plazo de entrada en vigencia
- los organismos públicos con competencia para fiscalizar su cumplimiento
- las metodologías de medición y control, las que corresponderán a las elaboradas por el Instituto Nacional de Normalización

Según el Artículo N° 35, las normas de emisión deberán contener:

- la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora

- los objetivos de protección ambiental y resultados esperados con la aplicación de la norma
- el ámbito territorial de su aplicación
- los tipos de fuentes reguladas
- los plazos y niveles programados para el cumplimiento de la norma

### 2.1.5 Legislación sobre homologación y verificación de conformidad (DS 54.97)

El DS N° 54 de 1997 del MINTRATEL dispone normas que detallan el procedimiento de homologación señalado en la Ley del Tránsito y sus modificaciones.

Los aspectos más relevantes que inciden en la aplicación de una nueva normativa se incluyen en los 3 primeros numerandos, los que se extractan a continuación como referencia:

*1°.- Para los efectos de este decreto, la homologación es el procedimiento mediante el cual se certifica que, determinados modelos de vehículos motorizados destinados a circular por las calles y caminos, cumplen con las normas técnicas vigentes que determine para ellos el Ministerio.*

*En la homologación quedan comprendidos los procesos de análisis técnico que se realizan respecto de los vehículos mencionados, a saber:*

- a) el de “homologación y/o certificación de emisiones” que consiste en la constatación del nivel de emisiones de gases de escape y por evaporación de hidrocarburos a los vehículos motorizados livianos, medianos y pesados a que se refiere, los Decretos Supremos Números 211-91, 82-93, y 54 y 55-94, antes referidos, que sean prototipos o vehículos de producción, de modelos que pretendan comercializarse en el país. Este proceso se realizará en la forma y condiciones señaladas en los mismos decretos, los que serán aplicables para este caso en lo que sea pertinente;*
- b) el de “homologación de aspectos constructivos” que no queden comprendidos en el procedimiento del párrafo anterior y que consiste en la constatación del cumplimiento de los requisitos dimensionales y funcionales, incluyendo sistemas y componentes, en los mismos vehículos y en el mismo caso a que se refiere el párrafo anterior;*
- c) el de “verificación de conformidad” de las emisiones vehiculares y de los aspectos constructivos, que puede practicarse sobre vehículos individuales de modelos ya homologados, que serán comercializados en el país, y*
- d) los planes y programas de investigación y desarrollo relativos a la homologación vehicular de los párrafos anteriores, que se definan por el Ministerio.*

*2°.- La función de homologación del número anterior se ejercerá directamente por el Ministerio o a través de particulares que deberán ser seleccionados a través de un proceso de licitación pública. En este último caso, la función se ejercerá por quien resulte seleccionado, de acuerdo a los programas que le señale el Ministerio. No obstante lo expresado, por motivos calificados por el Ministerio, podrán considerarse como alternativa de la homologación y/o certificación de emisiones, homologaciones extranjeras, de acuerdo a los sistemas de los decretos supremos mencionados en la letra a) del número 1°.*

*En la licitación del párrafo anterior podrá incluirse el uso y goce del inmueble fiscal ubicado en calle Vicente Reyes N° 198 de la comuna de Maipú y de las instalaciones que, para desarrollar esta tarea, se encuentren en él. Para efectos de este decreto y de la licitación respectiva, en su caso, el inmueble y sus instalaciones se denominará “Centro de Control y Certificación Vehicular”.*

*3°.- Para los efectos de procederse al proceso de homologación de los párrafos a) y b) del número 1°, los fabricantes, armadores, importadores o sus respectivos representantes, deberán proporcionar al Centro los antecedentes técnicos descriptivos del modelo respecto del cual solicitan la homologación, de acuerdo a las pautas generales que señale el Ministerio. Entre estos antecedentes deberá incluirse uno que acredite que los vehículos del modelo de que se trate, están contruidos de manera de cumplir con los niveles vigentes de emisión de gases de escape y por evaporación de hidrocarburos, al menos durante 80.000 kilómetro de uso, en condiciones normales de mantención. Conjuntamente o con posterioridad, deberán poner a su disposición un prototipo del modelo de que se trate con el objeto de ser sometido a las pruebas necesarias para establecer su concordancia respecto de las normas constructivas que le sean aplicables*

## 2.2 Atribuciones de fiscalización y sanción

La Ley del Tránsito N° 18.290 en su Artículo N° 4 establece que serán Carabineros de Chile y los Inspectores Fiscales y Municipales los encargados de supervigilar el cumplimiento de las disposiciones a que se refiere dicha ley, sus reglamentos y las de transporte y tránsito terrestre que dicte el Ministerio de transportes y Telecomunicaciones o las Municipalidades.

En su Artículo N° 98 la Ley del Tránsito establece que los vehículos que no cumplan las condiciones técnicas serán retirados y puestos a disposición del Tribunal competente para que conozca del proceso. Lo anterior es sin perjuicio de las medidas de carácter administrativo que adopte el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

El Artículo N° 196 A bis establece que será castigado con presidio menor en su grado medio a máximo y con suspensión hasta por 5 años el que otorgue un certificado de revisión técnica sin haber practicado realmente la revisión o que contenga afirmaciones de hechos relevantes contrarios a la verdad.

En el Artículo N° 198 se establece que son infracciones graves las siguientes:

- Conducir un vehículo infringiendo las normas sobre contaminación ambiental
- Mantener en circulación un vehículo destinado al servicio público de pasajeros sin las revisiones técnicas de reglamento aprobadas.

El Decreto Supremo N° 212 de 1992 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones contiene el **Reglamento de los Servicios Nacionales de Transporte Público de Pasajeros**. Su Título 4 se refiere a los servicios nacionales de transporte público de pasajeros.

De acuerdo al Artículo 31 del DS 212/92, los vehículos de locomoción colectiva deberán contar con revisión técnica practicada por una planta revisora autorizada por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, ubicada en la región donde se encuentre inscrito el servicio que con ellos se preste.

De acuerdo al Artículo 37 del DS 212/92, sin perjuicio de la revisión técnica que deben efectuar las plantas revisoras autorizadas por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, éste podrá ordenar otras si lo estima necesario. Lo anterior es sin perjuicio de las revisiones que decreten los Juzgados de Policía Local en los casos particulares de que conozcan y de las que efectúen Carabineros de Chile e Inspectores Municipales y del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en la vía pública.

El Artículo N° 87 establece que corresponde a Carabineros de Chile e Inspectores Municipales y del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones la fiscalización del cumplimiento de las normas contenidas en este reglamento.

Respecto de las sanciones, el Artículo N° 88 establece que la inscripción en el Registro Nacional podrá ser suspendida hasta por 30 días o cancelada cuando se infrinjan las disposiciones del presente reglamento. Cancelado un servicio, no podrá ser reinscrito sino pasados dos años. Podrá también amonestarse por escrito a los responsables de los servicios.

Será competente para conocer y resolver sobre las infracciones referidas el Secretario Regional con jurisdicción en el lugar donde se encuentre inscrito el servicio.

El o los afectados podrán recurrir ante el Juzgado de Letras correspondiente al domicilio del afectado.

Se resume en el cuadro a continuación el conjunto de materias, normas jurídicas y atribuciones en relación a la institucionalidad vigente.

**Tabla 2.2 Atribuciones de fiscalización y sanción.**

MATERIA	NORMA JURIDICA	FISCALIZACION	SANCIONES
Entrega competencias para dictar normas de emisión de MINTRATEL	Ley del Tránsito N° 18.290 Art. 56 y 81	Carabineros de Chile, Inspectores fiscales e Inspectores municipales Art. 4	Por infringir las normas técnicas sobre contaminación. Es una infracción grave. Art. 198 N°22, Ley del Tránsito  En caso de Transporte Público y Servicios Concesionados existen otras sanciones. Las define el SEREMI.
Entrega competencias y define procedimientos para dictar normas de emisión (MINTRATEL y MINSEGPRES)	Ley 19.300 Art. 40 Reglamento sobre dictación normas de emisión	Sólo establece procedimientos no sanciones. Se aplican las competencias del MINTRATEL	Art. 198 N°22 Es una infracción grave Ley del Tránsito  En caso de transporte público y vehículos concesionados existen otras sanciones, las define el SEREMI
Vehículos deben tener revisión técnica u homologación vigente MINTRATEL	Ley del Tránsito 18.290 Art. 94 y 88	Carabineros, Inspectores fiscales, Municipalidades. Transporte público, en relación a normas de registro de Transporte Público (SEREMI)	Art. N°198, es una infracción grave. Vehículo para ser inscrito en Registro Nacional de Servicios de Transporte debe tener certificado de Revisión Técnica vigente. D.S. N°212, Art. 8°, letra B.b

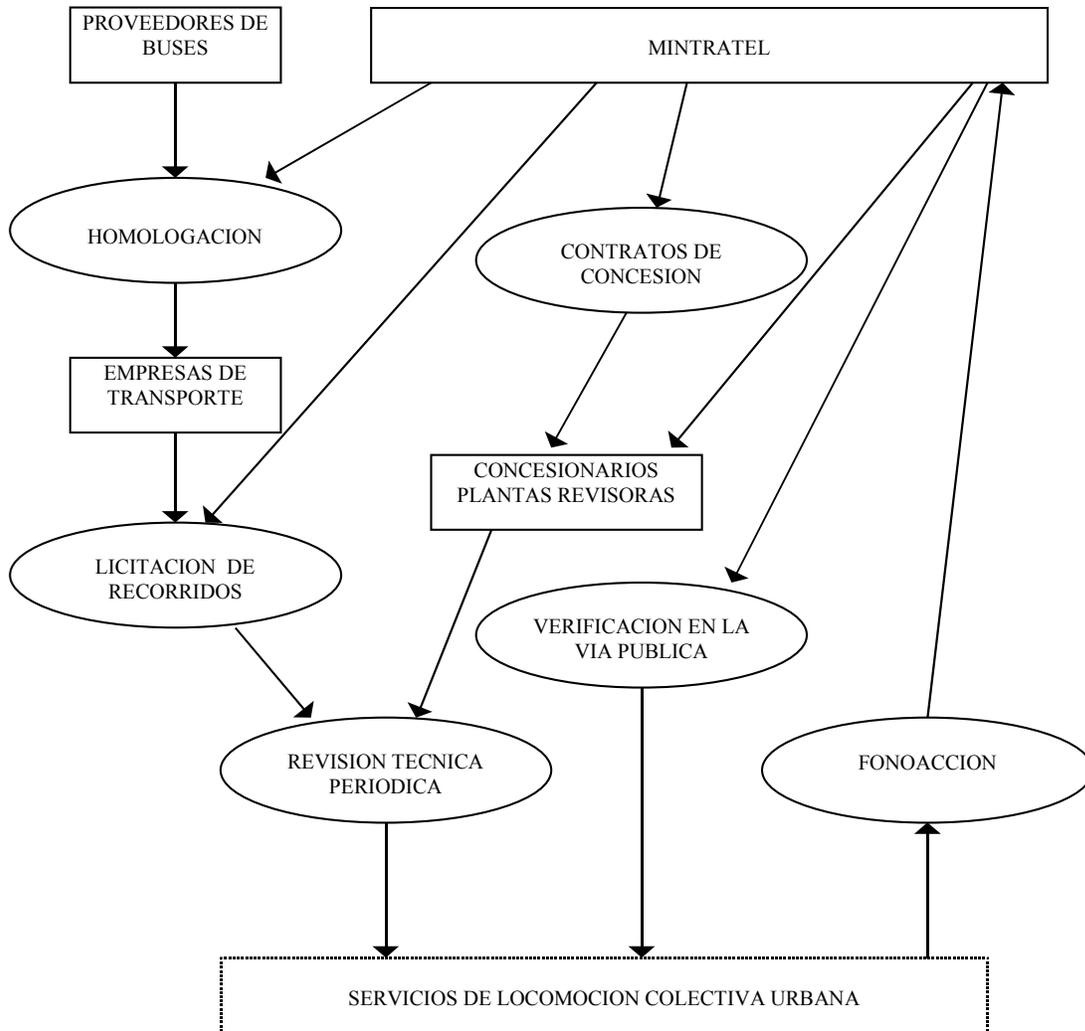
**Continuación Tabla 2.2 Atribuciones de fiscalización y sanción**

MATERIA	NORMA JURIDICA	FISCALIZACION	SANCIONES
No pueden prestar servicios de transportes de personas, vehículos no inscritos en el Registro Nacional de Servicios de Transportes de Pasajeros	Art. 9 Ley 19.040 D.S. N°212.92 Art. 38	Carabineros de Chile	Retiro de vehículo. Multa de hasta 10 UTM (conoce el Juez de Policía Local Art. 9 Ley 18.260)
Facultades para suspender o cancelar las inscripciones del Registro Nacional de Transportes de Pasajeros	D.S. N°212.92 Art. 89, 90, 91 y 92	Conoce y resuelve SEREMI. Fiscaliza Carabineros, Inspectores Fiscales y Municipales	Amonestación. Cinco amonestaciones en un año u ocho en dos años: suspensión. Cinco suspensiones en un año u ocho en dos años: cancelación Cuatro rechazos seguidos Revisión Técnica: Cancelación
Reglamento otorgamiento de concesiones para operar Planta de Revisión Técnica establece condiciones de adjudicación, funcionamiento, define sanciones	Art. 94 Ley 18.290 D.S. 156.90	Entrega facultades a la SEREMI para adjudicarlas y sancionarlas	a) cancelación de la concesión b) suspensión de la operación de la planta infractora (5 a 60 días corridos) c) Censura por escrito Se pueden hacer efectivas garantías
Para destinarse y mantener en prestación de Servicios Públicos de Transporte de pasajeros deben cumplirse las normas destinadas a ello	Art. 88 Ley 18.290	Según Ley de Tránsito Carabineros de Chile, Inspectores Fiscales y Municipales	Las sanciones ya citadas de la Ley del Tránsito

Las diversas instancias en que podría aplicarse la normativa para fiscalización de buses son las siguientes:

- Proceso de homologación de modelos que ingresan al mercado
- Requerimientos técnicos para concesión de plantas revisoras
- Requerimientos de flotas en procesos de licitación de recorridos
- Revisión técnica periódica de buses
- Revisión en la vía pública de vehículos ruidosos
- Revisión a solicitud de Fonoacción
- Revisiones instruidas por un tribunal

En la figura siguiente se muestra un esquema que relaciona estas instancias y sus actores.



**Fig. 2.1 Diagrama de flujo de posibles instancias de fiscalización y sus actores.**

### **3. ANALISIS DEL D.S. 122/91 MINTRATEL**

#### **3.1 Alcance**

De acuerdo al Artículo 18 del Decreto Supremo N° 122 de 1991 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, dicho reglamento se aplicará a los vehículos de 18 o más asientos, incluido el del conductor, que se incorporen a los servicios de locomoción colectiva urbana a contar del 1 de mayo de 1992, exceptuados aquellos que presten dichos servicios en la modalidad de expresos, los que deberán cumplir con la Resolución N° 250 de 1982. A contar del 1 de enero de 1996, dicha resolución no será aplicable a los vehículos que se inscriban en la modalidad de expresos, a menos que tengan un peso bruto vehicular igual o superior a 10 toneladas.

La calidad de “urbana” de los servicios de locomoción colectiva queda definida en el Artículo 6°, letra a) del Decreto Supremo N° 212 de 1992 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que señala que se entienden por servicios urbanos a los que se prestan al interior de las ciudades o de conglomerados de ciudades cuyos contornos urbanos se han unido. El radio que comprende una ciudad o un conglomerado de ciudades, según sea el caso, podrá ser determinado para estos efectos por los Secretarios Regionales Ministeriales de Transportes y Telecomunicaciones.

Para efectos de este mismo reglamento, se entenderá como servicio de locomoción colectiva a los prestados con buses, trolebuses, minibuses y automóviles de alquiler en la modalidad de taxi colectivo.

En el Artículo N° 20 se define que son minibuses los vehículos de 12 a 17 asientos, por lo que esta categoría queda excluida del alcance del DS 122/91.

#### **3.2 Contenido**

El DS N° 122/91 de la Subsecretaría de Transportes del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones tiene como título “Fija requisitos dimensionales y funcionales a vehículos que presten servicios de locomoción colectiva urbana que indica”, el cual fue publicado en el Diario Oficial el 19 de Julio de 1991. Ha sido modificado por el DS N° 156/93 y el DS N° 303/95.

El DS 122/91 se aplica a todos los vehículos de más de 18 asientos que se incorporan al servicio de locomoción colectiva urbana después del 1 de mayo de 1992.

De acuerdo al Artículo 2, los buses se clasifican según su tamaño:

- Tipo L, Bus liviano, hasta 26 asientos y peso bruto inferior a 10 ton.
- Tipo M, Bus mediano, hasta 26 asientos y peso bruto entre 10 y 14 ton.
- Tipo P, Bus pesado, más de 26 asientos y peso bruto superior a 14 ton.

En el caso específico de la ciudad de Santiago, los buses tipos M y P incorporados después del 1 de diciembre de 1995 deben tener transmisión automática y motor trasero o intermedio.

Respecto de los niveles de ruido, señala los niveles máximos para emisión externa e interna.

Para emisión externa, los niveles máximos son:

- Vehículo detenido con motor en ralentí 80 dBA
- Vehículo en movimiento 84 dBA

Para emisión interna, los niveles máximos son:

- Vehículo en ralentí 75 dBA
- Vehículo en aceleración máxima hasta velocidad máxima 80 dBA

Los vehículos en ralentí deben tener todos sus equipos auxiliares en funcionamiento.

Los vehículos en movimiento deben hacerlo sobre pavimento de asfalto de buena calidad.

Los límites interiores son aplicables a todos los asientos, a 1,20 m. sobre el cojín, con las puertas y ventanas cerradas.

### 3.3 Discusión

En su actual redacción el DS 122/97 no es factible de aplicar debido a que no se define un procedimiento a seguir para obtener valores que puedan compararse con los límites mencionados.

En particular, se mencionan mediciones externas, pero no se indica ninguna condición para definir el lugar de medición externa. La condición de ralentí queda definida, pero no se especifica a qué se refiere la condición "en movimiento". Se subentiende, pero no se exige, que la temperatura de funcionamiento y otras condiciones deben ser verificadas.

En el caso de mediciones internas, se indica que deben cumplirse los límites en cualquier asiento, lo cual obligaría a medir en todos ellos para verificar el cumplimiento, lo que no es viable.

Respecto de los niveles a comparar con los límites, se entiende que son valores máximos absolutos en dBA, pero no se indica si debe repetirse, si son un promedio, si existe tolerancia, etc.

Dada la aplicabilidad del decreto, éste sería exigible en todo momento para todos los buses, lo cual también es inviable en las revisiones técnicas por la necesidad de realizar ensayos dinámicos. Tampoco habría una razón clara para que la homologación pueda ser aplicable, por cuanto las emisiones de ruido son variables con la edad del vehículo.

Por otra parte, no parece existir ningún fundamento técnico ni económico para la definición de los límites, ya que los valores son claramente mayores que los observados habitualmente en interiores de buses.

Respecto de la fiscalización, son claras las atribuciones del MINTRATEL para la aplicación del decreto.

### 3.4 Necesidad de cambios

La normativa debiera definir las instancias de aplicación, ya sea por homologación de cada modelo o por revisión periódica o por ambas. Además debe especificar si existen diferentes exigencias para diferentes recorridos o regiones.

La definición de límites debe tener en cuenta la factibilidad económica de ser aplicados y los objetivos de calidad acústica a lograr. Probablemente, para cumplir ambos objetivos sea necesario establecer una gradualidad de aplicación, lo que debe quedar definido en dicha normativa.

Las condiciones técnicas que debiera definir la normativa para regular la emisión de ruido son las siguientes:

- Instrumentos de medición de ruido
- Instrumentos de medición de RPM
- Calibración
- Entorno físico de medición
- Ruido de fondo del lugar
- Condiciones meteorológicas de medición
- Número de puntos de medición
- Ubicación de puntos de medición (dirección y distancia)
- Condiciones de giro del motor
- Condiciones de carga del bus
- Número de mediciones
- Forma de obtener el o los valores a comparar
- Tolerancia de las mediciones
- Formato de informe de mediciones

Además, en lo posible, la normativa debe ser comparable a otras normativas en uso en otros países, especialmente para efectos de homologación.

## 4. ANTECEDENTES TECNICOS

### 4.1 Normativa extranjera

#### 4.1.1 Métodos de ensayo en aplicación

Los métodos de ensayo en aplicación en otros países difieren según el objetivo esperado y su factibilidad de aplicación masiva. Básicamente, existen 2 alternativas: métodos de ingeniería, orientados a determinar exactamente las características de emisión de un vehículo, y los métodos de verificación, orientados a determinar si un vehículo cumple o no cumple ciertos límites.

En general, los métodos de ingeniería se basan en un ensayo dinámico, es decir, con el vehículo en movimiento, mientras que los métodos de verificación se basan en ensayos estacionarios, con el vehículo detenido.

Los métodos de mayor aplicación son los especificados por las normas ISO (International Standards Organization) y las normas SAE (Society of Automotive Engineering, USA).

Un resumen de los parámetros y condiciones que utilizan estas normas se muestra en las tablas siguientes.

**Tabla 4.1 Comparación de normas que definen métodos estacionarios**

	<b>ISO 5130</b>	<b>SAE 1169</b>	<b>SAE 1096</b>	<b>SAE 1492</b>
<b>AÑO</b>	1982	1977	1993	1998
<b>APLICACIÓN</b>	Verificación	Verificación	Verificación	Ingeniería
<b>VEHICULOS</b>	Todo tipo	Livianos	Pesados	Livianos
<b>FUENTE</b>	Escape + Motor	Escape	Motor + Escape	Escape
<b>ESPACIO</b>	3 m libres	3 m. libres	30 m. libres	3 m libres
<b>DISTANCIA</b>	0,5 m	0,5 m	15 m.	0,5 m
<b>RPM</b>	¾ Máx.	¾ MAX	Máx.	¾ Máx
<b>ACELERADO</b>	No	No	Total	Gradual
<b>CONSTANTE</b>	Sí	Sí	3 a 5 seg.	1 a 2 seg.
<b>DECELERADO</b>	Total	No	Total	Total
<b>REPETIR</b>	Dif. 2 dB	Dif. 2 dB	Dif. 1 dB	Dif. 2 dB
<b>PARAMETRO</b>	Lmax	Prom. Lmax	Prom. Lmax	Prom. Lmax
<b>CRITERIO</b>	Ref. + 5 dB	Límite fijo		

**Tabla 4.2 Comparación de normas que definen métodos dinámicos**

	<b>ISO 362</b>	<b>SAE 366</b>	<b>SAE 1470</b>
<b>AÑO</b>	1998	1987	1992
<b>APLICACION</b>	Ingeniería	Ingeniería	Ingeniería
<b>VEHICULOS</b>	Todo tipo	Pesados	Todo tipo
<b>FUENTE</b>	Todas	Todas	Todas
<b>ESPACIO</b>	50 m libres	30 m libres	50 m libres
<b>DISTANCIA</b>	7,5 m	15 m	7,5 m
<b>RPM</b>	50 km/hr	56 km/hr	50 km/hr
<b>ACELERADO</b>	Sí	Sí	Sí
<b>CONSTANTE</b>	Sí	No	Sí
<b>DECELERADO</b>	No	Sí	No
<b>REPETIR</b>	Dif. 2 dB de 4	Dif. 2 dB de 4	Dif. 2 dB de 4
<b>PARAMETRO</b>	Prom. Lmax	Prom. Lmax	Prom. Lmax

Además de diferencias menores en cuanto a condiciones de aceleración, los métodos difieren en cuanto a posición de micrófono, por lo que generan resultados que no son directamente comparables.

Los métodos que evalúan el nivel de ruido a corta distancia tienen la ventaja de no requerir condiciones acústicas del entorno muy exigentes, pero son menos representativos de la emisión total.

Otros métodos, como el Bus Testing Program de la FTA miden la aislación de la cabina con respecto al ruido exterior.

El método TM 1106 del Departamento de Transporte de Canadá evalúa el nivel de ruido interior bajo aceleración libre con el vehículo detenido.

Los métodos de las normas mexicanas son similares a los ISO, con diferencias menores de distancias y velocidad de giro.

#### **4.1.2 Límites existentes en otros países.**

De los antecedentes obtenidos se han extractado algunos valores de los límites actualmente en aplicación en otros países. En los casos en que estos límites han cambiado en el tiempo, se indican los años y los cambios, con el objeto de visualizar la tendencia progresiva de exigencia que históricamente han aplicado.

En el cuadro siguiente se resumen los límites, tanto para ensayos estacionarios como dinámicos. Se considera por separado los límites federales en EEUU y los límites por estado.

**Tabla 4.3 Límites aplicados en otros países**

PAIS	ENSAYO ESTACIONARIO		ENSAYO DINÁMICO	
	AÑO	LIMITE	AÑO	LIMITE
Alemania			1974	86 (7,5 m)
California			1973	86 (15 m)
			1975	83 (15 m)
			1977	80 (15 m)
			1987	70 (15 m)
Canadá			1969	90 (5 m)
Colorado			1973	86 (15 m)
Connecticut			1975	84 (15 m)
Dinamarca	1969	88 (7 m)	1969	89 (7,5 m)
EEC			1973	89 (7,5 m)
EEUU (EPA)	1989	88	1975	86 (15 m)
			1986	83 (15 m)
Florida			1979	86 (15 m)
Francia			1962	90 (7,5 m)
			1974	86 (7,5 m)
Gran Bretaña			1970	89 (7,5 m)
			1974	86 (7,5 m)
Holanda			1966	88 (7,5 m)
			1974	86 (7,5 m)
Italia	1966	93 (7 m)	1966	93 (7 m)
			1974	86 (7,5 m)
Japón	Pre 1999	103	1972	89 (7,5 m)
	1999	97	1999	87 (7,5 m)
Holanda			1966	88 (7,5 m)
			1974	86 (7,5 m)
Maryland			1975	86 (15 m)
			1979	83 (15 m)
			1990	77 (15 m)
México	1995	92	1995	84 (7,5 m)
Oregon	1976	91 (15 m)	1976	85 (15 m)
	1978	88 (15 m)	1978	82 (15 m)
Suiza	1969	85 (7 m)		
UE (recomend.)			Pre 1983	91 (7,5 m)
			1983	85 (7,5 m)
			1989	83 (7,5 m)
			1996	80 (7,5 m)

Los ensayos no son directamente comparables, principalmente debido a diferencias en la distancia de medición. También existen diferencias de velocidad, entre 50 y 56 km/hr, y de velocidad de giro: 2/3, ¾ o aceleración libre.

La progresión de límites por año, para diferentes pesos vehiculares, se puede observar en cuadro de recomendaciones de la Unión Europea.

**Tabla 4.4 Límites para emisiones de ruido de vehículos en dBA**

	<b>Antes de 1983</b>	<b>Antes de 1989</b>	<b>Antes de 1995</b>	<b>Desde 1996</b>
Automóvil	82	80	77	74
Bus < 150 kW	89	82	80	78
Bus > 150 kW	91	85	83	80
Minibus < 2 ton	84	81	78	76
Minibus 2 a 3,5 ton	84	81	79	77
Camión 3,5 a 7,5 t.	89	86	81	77
Camión 7,5 t. < 150 kW	89	86	83	78
Camión 7,5 t. > 150 kW	91	88	84	80

Nótese que la diferencia entre buses de media y alta potencia se reduce de 3 a 2 dB a partir de 1996. La diferencia entre un bus pesado y un automóvil es 6 dB.

#### **4.1.3 Normativa Francesa sobre ruido de vehículos motorizados**

El art. 70 del Código de la Ruta dispone que “los vehículos motorizados no deberán emitir ruidos susceptibles de causar molestia a los usuarios de la ruta ni a los vecinos.” Esta regla general está en conformidad con la Convención de Viena de 8 de noviembre de 1968.

Aplicando esta Convención y la Directiva del Consejo de la CEE N° 70/157 del 6 de febrero de 1970, y el art. 71 del Código de la Ruta, un decreto del 13 de abril de 1972 modifica los límites máximos para las diferentes categorías de vehículos.

El decreto del 12 de junio de 1993, de acuerdo a la directiva N° 92/97/CEE del 10 de noviembre de 1992, impone límites más severos de acuerdo a un calendario entre 1993 y 1996, además de un nuevo método de medición.

Dentro del control técnico obligatorio para vehículos de más de 5 años. El nivel de ruido emitido debe ser mencionado en el informe de control si excede las normas admisibles.

Los vehículos motorizados deben estar premunidos de un dispositivo silenciador de escape según las condiciones indicadas en el artículo 70 del Código de la Ruta y en los art. 4, 5 y 9 del decreto del 13 de abril de 1972.

Estos dispositivos y, especialmente, los silenciadores de reemplazo, deben estar conforme a un tipo homologado por la Administración y llevar marcas de identificación. Los decretos del 27 de febrero de 1981 y 20 de febrero de 1991 prohíben fabricar, importar, vender, arrendar o utilizar tales dispositivos que no estén conformes a un tipo homologado por el Ministro de Transportes o por la Administración de uno de los estados de la Comunidad Europea.

La conformidad es verificada por el proceso de ingreso por tipo o por homologación de marcas previstas por la directiva N° 70/157. La importación está subordinada a la presentación de uno de estos documentos.

La fabricación, importación, tenencia o venta de dispositivos que tengan por objeto aumentar la potencia de un motor está prohibida por el decreto N° 92/987 del 10 de septiembre de 1992.

Los niveles sonoros son controlados siguiendo un procedimiento bastante complejo, de modo de tener en cuenta las diversas condiciones de los motores. Un decreto del 18 de julio de 1985 “Controle au point fixe du niveau sonore des vehicules a moteur” prevé un sistema de control más simple, destinado a los vehículos en circulación. Consiste en la medida del ruido cerca del escape, con el vehículo detenido. El nivel sonoro será considerado satisfactorio si no excede en más de 5 dBA los niveles de ingreso indicados anteriormente.

En resumen, la normativa francesa establece los siguientes controles:

- Límite de ingreso por tipo, con ensayo dinámico
- Prohibición de suministro de silenciadores no homologados
- Verificación de mantenimiento, con ensayo estacionario

## 4.2 Antecedentes técnicos

### **4.2.1 Fuentes de ruido en motores Diesel**

Algunos estudios de los años 70 y 80 se orientaron a determinar, mediante mediciones de intensidad acústica, las diferentes componentes del ruido emitido por un motor Diesel, sin carrozar.

Una primera conclusión es que la emisión de ruido por el motor de vehículos pesados es independiente de la velocidad y depende directamente de la velocidad de giro del motor, cualquiera que sea la marcha en la que opera. Por esta misma razón, la emisión de ruido no es proporcional a la potencia del motor, pudiendo ser inferior para vehículos de mayor potencia si operan en una marcha inferior para las mismas condiciones de carga. [11]

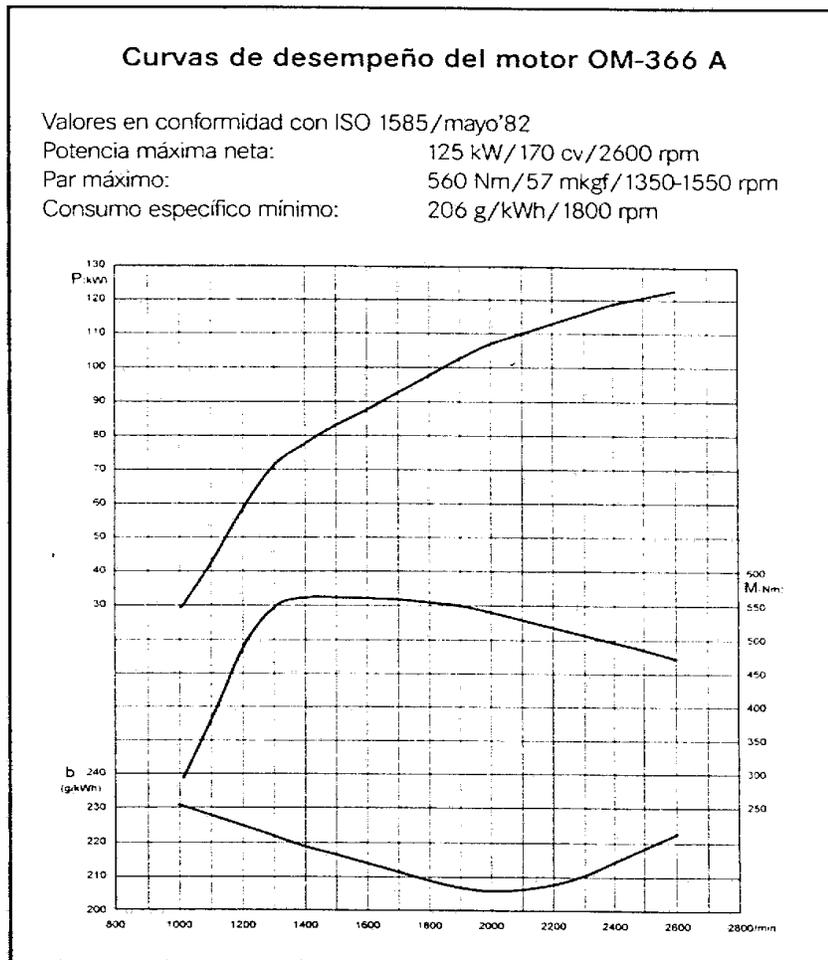
En cambio, el ruido de rodado comienza a tener incidencia sobre una velocidad de 50 km/hr, aumentando 10 a 12 dB por cada duplicación de velocidad, dependiendo del diseño de los neumáticos. [11]

Las variaciones de carga de un vehículo pesado no inciden en los niveles máximos emitidos, ya que la velocidad de giro máxima es la misma. Sin embargo, un vehículo cargado tarda más tiempo en acelerar, por lo que el tiempo de paso es mayor, generando Niveles Equivalentes mayores.

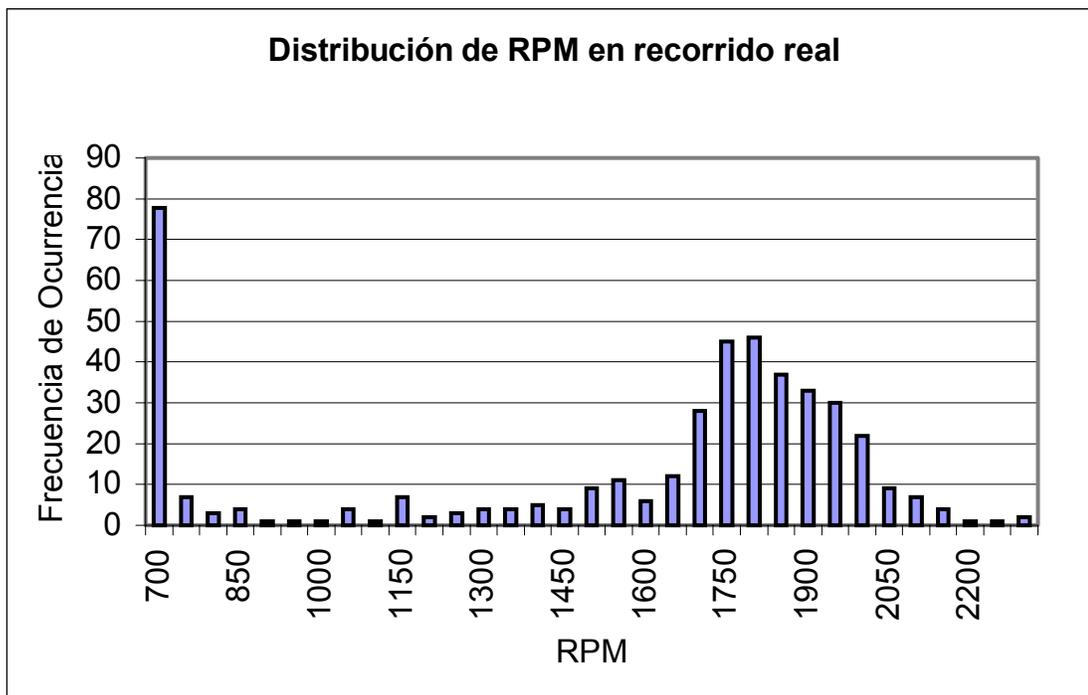
El único caso en que la carga incide en los niveles emitidos es cuando el vehículo asciende una pendiente, en cuyo caso opera en una marcha inferior y, por lo tanto, a mayor velocidad de giro de motor. [11]

Los hábitos de conducción de buses están relacionados con las curvas de torque del motor, utilizando preferentemente el rango de RPM que genera el máximo torque.

Por ejemplo, se muestra en la figura 4.1 la relación entre Potencia, Torque y Consumo vs. RPM de un motor Mercedes Benz 366, el de mayor uso en el país. En la figura 4.2 se muestra la frecuencia con que se opera el motor de un bus en recorrido real. Se observa que el conductor prefiere el rango en torno a 1800 RPM, que corresponde a la combinación de máxima potencia con máximo torque.



**Fig. 4.1 Curvas de potencia, torque y consumo de un motor Diesel**



**Fig. 4.2 Velocidad de giro de motor OM-366 en uso normal en Santiago**

Para diversas condiciones de operación, la fuente predominante es diferente, como se muestra en el cuadro siguiente.

**Tabla 4.5 Fuentes de ruido y condiciones de operación**

FUENTE DOMINANTE	CONDICION
Ventilador	Ralentí
Escape	Baja velocidad, aceleración
Motor	Ralentí, aceleración máxima
Transmisión	Velocidad media
Rodado	Velocidad alta

Se resumen en el cuadro siguiente algunos componentes, con y sin transmisión. [18]

**Tabla 4.6. Componentes emisores de ruido en vehículos Diesel**

Componente	Porcentaje de la potencia acústica total	
	Motor Cummins	Motor GM
Carter de aceite	25	8
Múltiple de escape, turbo y culatas	22	4
Aftercooler	20	16
Frente de motor	10	9
Filtro de aceite y radiador aceite	7	2
Block	24	11
Bombas agua y combustible	2	6
Transmisión		23
Filtro de aire		18
Otros		3

#### 4.2.2 Listado de referencias consultadas.

- 1) International Standard ISO 362:1998 "Acoustic - Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - Engineering method.
- 2) International Standard ISO 5130:1982 "Acoustic - Measurement of noise emitted by stationary road vehicles - Survey method.
- 3) SAE International J1470: Issued 1984, Revised 1992: "Surface Vehicle Standard - Measurement of noise emitted by accelerating highway vehicles"
- 4) SAE International J1096: Issued 1976, Revised 1993: "Surface Vehicle Recommended Practice - Measurement of exterior sound level for heavy trucks stationary conditions"
- 5) SAE International J1492: Issued 1992, Revised 1998: "Surface Vehicle Recommended Practice - Measurement of light vehicle stationary exhaust system sound level engine speed sweep method"

- 6) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, Norma NOM-079-ECOL-1994: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de los vehículos automotores nuevos en planta y su método de medición. México.
- 7) Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental, Norma NOM-080-ECOL-1993: Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.
- 8) Caracterización del parque de buses de Santiago en cuanto a sus emisiones de ruido por tubo de escape, Sergio Larrea, Ingeacus 94, 1994.
- 9) Evaluación de las emisiones de ruido del sistema de escape de vehículos Diesel en la Región Metropolitana, Roberto Santana, Taller CONAMA, 1996.
- 10) Urban Traffic Noise, OECD, 1971
- 11) Motor Vehicle Noise, B.H.Sharp y P.R.Donovan, en Handbook of Noise Control, McGraw-Hill, 1979
- 12) Transit noise and vibration impact assessment, Final Report, Federal Transit Administration, 1995.
- 13) Reducción del ruido en el entorno de las carreteras, OCDE, 1995.
- 14) New bus model testing program, Federal Transit Administration, 1997.
- 15) Directivas de la Comunidad Europea 70/157/EEC de 1070, 92/97/EEC de 1992 y 96/20/EC, sobre límites de ruido de vehículos.
- 16) Decreto 1439/72 sobre homologación de vehículos automóviles en lo que se refiere al ruido por ellos producido, España.
- 17) Norma UNE 26 231, Métodos de medida del ruido emitido por los vehículos.
- 18) Pautas para una ordenanza sobre ruido urbano, Federico Miyara, Rosario, Argentina. Publicado en [www.eie.fceia.unr.edu.ar](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar)
- 19) Identificacao das fontes de ruido veicular por medicao de intensidade sonora, S. Gerges, Revista de Acústica e Vibracoes, 1994
- 20) Surface transportation noise, publicado en [www.solstice.crest.org](http://www.solstice.crest.org).
- 21) Centro de Control y Certificación Vehicular, publicado en [www.enaccion.cl/3cv](http://www.enaccion.cl/3cv).
- 22) Theoretical and practical noise control approaches to vehicle design, N.I.Ivanov, Congresso Ibérico de Acústica, Lisboa, 1998

### 4.3 Antecedentes del sistema de locomoción pública

El parque actual de buses que circulan en la locomoción colectiva cuenta en su totalidad con buses de chasis importados (incluyen el motor y los sistemas de transmisión) que pueden ser carrozados tanto en el extranjero como en Chile.

La licitación vigente para la locomoción colectiva establece que en la región Metropolitana sólo podrán ingresar buses de motor trasero e intermedio que cumplan con los requerimientos de EPA 94 y EURO II. Se autoriza también el ingreso de taxibuses que cumplan con estos requerimientos, asignados mayoritariamente a recorridos periféricos y subperiféricos ya que la única concesión céntrica para taxibuses corresponde a la empresa Metrobus. Por otro lado, algunos fabricantes de chasis tienen proyectos de incorporar nuevos modelos de los cuales no se tienen mayores antecedentes pero cumplirían con los requerimientos establecidos tal como el caso de un bus a gas Volvo y un bus diesel Scania.

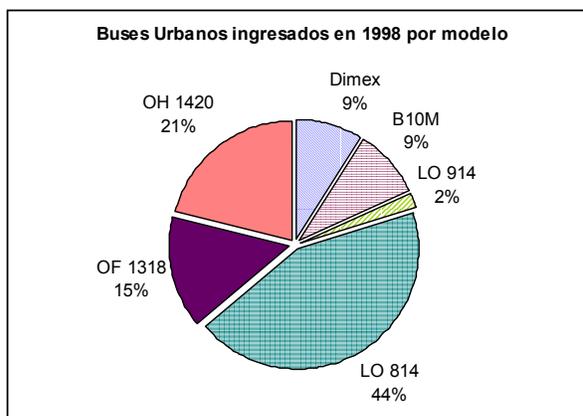
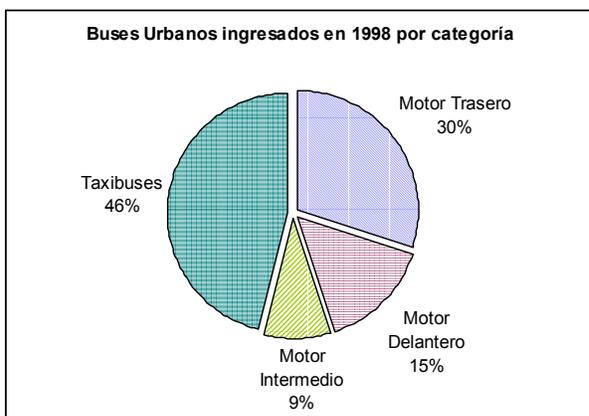
El flujo de renovación establece tres radios de recorridos con distintas vidas útiles; el céntrico que tiene una vida útil de 10 años, el periférico con 14 años y el subperiféricos con 20 años de vida útil. En Santiago (y en algunos conglomerados urbanos) se podrá remplazar cualquier bus por otro de algún año superior que esté registrado en la capital. Para provincia en general se establece una renovación con buses nuevos o con una antigüedad máxima de 6 años que podrán tener una vida útil que varía entre 18 y 23 años dependiendo de la provincia como establece el D.S. 168 /1994.

Se presenta una tabla resumen con información de los principales fabricantes de carrocerías y los respectivos chasis que incorporan en sus modelos.

Se presenta además un cuadro resumen de las importaciones según categoría buses urbanos del año 1998 de la Cámara de Comercio.

**TABLA 4.7 Resumen del mercado de buses urbanos del país**

RESUMEN DEL MERCADO DE BUSES URBANOS DEL PAIS							
MARCA MOTOR	CHASSIS	ECO	TIPO	VENTA	CARROCERIA	RPM máx	CANTIDAD
MERCEDES-BENZ	OH 1420	✓	B	✓	BUSSCAR	2600	1531
	OL 812		TB		CIFERAL	2600	s/i
	OL 814	✓	TB	✓	MARCOPOLO	2600	s/i
	OL 914	✓	TB	✓	CAIO	2600	pocos
	OF 1318	✓	B		INRECAR	2600	1503
	OHL 1320	✓	B		THAMCO	2600	pocos
	OF 1620	✓	B		METALPAR	2600	pocos
	OF 1115		B			2600	1873
VOLVO	B 58	✓	B		CIFERAL	2200	143
	B 10 M	✓	B	✓	MARCOPOLO	2200	116
					THAMCO		
CUMMINS	654-210	✓	B	✓	DIMEX	2300	148
	433-160	✓	TB	✓		2500	s/i
DEUTZ	OH 1420	✓	B		CAIO	2300	pocos
	OA 101	✓	B			2300	pocos
SCANIA	sin información						pocos
<b>OTRAS ESTADISTICAS</b>							
ASOCIACION GENERAL METROPOLITANA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS:							
	BUSES R.M.		12000				
	ASOCIADOS		8500				
METALPAR:							
	BUSES SANTIAGO		9072				
	ID. ECOLOGICOS		4420				



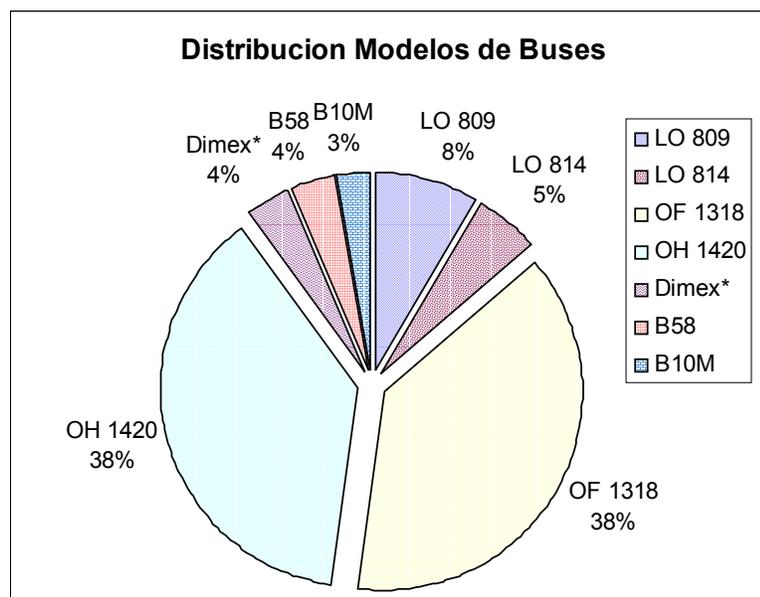
**Fig 4.3 Resumen de las importaciones 1998**

Se muestran a continuación las estadísticas de los buses registrados desde 1990 por la Asociación Gremial Metropolitana de Transporte Público, incluyendo tanto buses importados como nacionales, a lo que se agregó información entregada por proveedores.

**TABLA 4.8 Cuadro resumen A.G.M.T.P. y proveedores**

Años de Fabricación

Marca	Modelos	90	91	92	93	94	95	96	97	98	S/C	Total
M. Benz	LO 809	37	248	55	1	1						342
	LO 814							5	1	199		205
	OF 1318	2	1	29	86	1157	199	24	4	73		1575
	OH 1420							235	269	98	929	1531
DIMEX	Dimex*								14	70	64	148
VOLVO	B58				2	41	13	6	24	57		143
	B10M								6	45	65	116
Total												4060



**Fig. 4.4 Gráfico resumen A.G.M.T.P. y Proveedores**

## 5. METODOLOGIA DE MEDICION

### 5.1 Instrumentos de medición

Los instrumentos utilizados fueron los siguientes:

**Tabla 5.1 Listado de instrumentos utilizados en las mediciones**

Descripción	Marca/Modelo	Cantidad
Sonómetro integrador SPL, Leq y SEL Tipo 2	Cirrus CR:222	2
Sonómetro digital con retención de máximo Tipo 2	Cirrus CR:303	2
Sonómetro data logger estadístico Tipo 2	Cirrus CR:702	1
Calibrador acústico Tipo 1L	Cirrus CR:513	2
Calibrador acústico Tipo 1	Bruel & Kjaer 4230	1
Interfaz análoga digital	Picotech ADC-11	1
Acelerómetro triaxial	Crossbow	1
Tacómetro óptico digital	Compact Instruments C-7	1
Sensor piezoeléctrico para inyección Diesel	Compact Instruments D-J	2
Notebook PC	Austin	1
Tarjeta conversora señal Pulso/DC		1
Anemómetro digital	Davies	1
Termómetro digital		1
Pantalla antiviento	Cirrus	4
Trípode		4

### 5.2 Ensayos dinámicos

#### 5.2.1 Normas aplicadas

Se realizaron mediciones según los procedimientos de ISO 362-1998 “Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles- Engineering method”, la cual especifica un método simple, consistente y reproducible, comparable a las condiciones de operación real de un vehículo. Se miden los diversos ruidos que se producen en condiciones de operación normal, con el objetivo de entregar los mayores niveles que pueden ocurrir en el tráfico urbano.

En cuanto a la medición de niveles de ruido interior, no se encontró una norma representativa para evaluar las condiciones acústicas a que están sometidos los pasajeros. Se consultó la

norma canadiense TM 1106, al cual está orientada a la exposición de ruido del conductor. Por lo tanto, simultáneamente con las mediciones que se establecen en el procedimiento ISO 362 se realizaron mediciones del nivel interior del bus, obteniendo sus valores máximos en el ciclo de aceleración.

Además se realizaron mediciones del nivel de exposición sonora SEL para obtener el valor de la energía total emitida por el bus en estudio, según recomendación de la FTA, Federal Transit Administration, USA.

### **5.2.2 Instrumentación utilizada**

Los sonómetros utilizados (incluida la pantalla anti-viento) fueron tipo 1 ó 2 según establece IEC 651. Estos equipos fueron programados con ponderaciones en frecuencia “A” y ponderación en el tiempo “Fast”.

Al comienzo y al final de cada sesión de medición, el sistema completo de medición fue calibrado con un calibrador acústico de precisión Clase 1 según IEC 942. Si la diferencia entre la calibración final e inicial es mayor de 0,5 dB, se considera inválida toda la sesión.

La velocidad de aproximación fue controlada por el velocímetro del bus, observada por un operador a bordo.

Las condiciones meteorológicas se verificaron con termómetro y anemómetro digital para comprobar que se encontraban en el rango aceptable por la norma.

### **5.2.3 Lugar de medición**

El método de prueba requiere un ambiente acústico que solamente puede ser obtenido en un amplio espacio abierto. Mediciones en lugares que no cumplan con las condiciones que se establecen tendrán desviaciones apreciables con respecto a las que se establece en la norma.

La superficie debe plana, seca y limpia para evitar el excesivo ruido de neumáticos (debe ser libre de materiales absorbentes como nieve o pasto). Dentro de un radio de 50 m desde el centro de la pista, el espacio debe estar libre de objetos reflectantes como edificios, puentes, rocas, etc.

En las cercanías al micrófono no deben haber obstáculos que puedan influenciar el campo acústico, además no puede haber una persona entre la fuente y el equipo, de modo que el operario debe ubicarse en una posición que no influya en la lectura.

Los equipos meteorológicos deben ser ubicados en forma adyacente al lugar de medición a una altura representativa, y las lecturas que entreguen deben ser consideradas a la hora de comparar dos ensayos. Se recomienda que la temperatura del aire esté entre 0<sup>a</sup> C y 40<sup>a</sup> C, y que la velocidad del viento (incluidas las ráfagas) no superen los 5 m/s. Se recomienda también incluir en el informe la humedad relativa del aire, la dirección del viento y la presión barométrica.

Los lugares utilizados para los ensayos dinámicos fueron los siguientes:

- Elipse del Parque O'Higgins
- Avda Ejército Libertador, comuna de Puente Alto

El segundo de estos lugares se ubicó en un sector donde existe una cancha hacia el Poniente y un sitio erizado hacia el Oriente. Sin embargo, cumple sólo aproximadamente los requerimientos, ya que se trata de una calzada con soleras de aproximadamente 0,20 m. de altura. Se estima que estas irregularidades de la superficie no modifican significativamente los resultados, ya que no se trata de obstrucciones a la propagación de ruido ni constituyen elementos absorbentes.

#### **5.2.4 Procedimiento**

El vehículo debe estar en condiciones de operación normal, con la revisión técnica aprobada. La temperatura de motor debe ser normal.

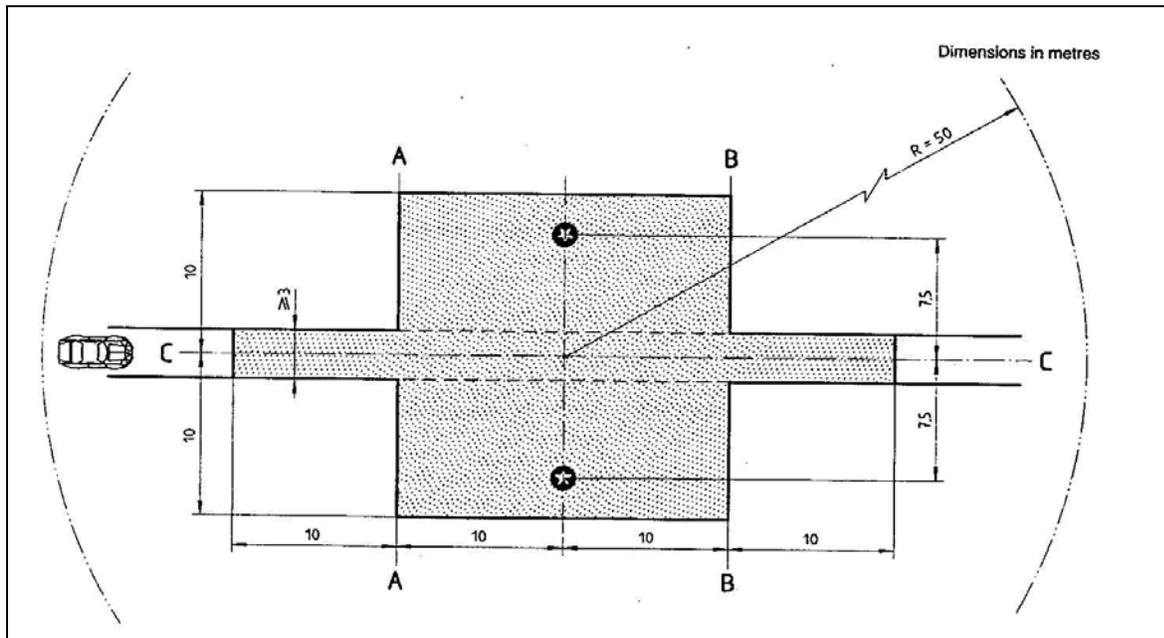
El nivel de ruido de fondo (incluido el viento) se midió antes y después de cada serie de mediciones en cada posición, verificándose que fuera al menos 10 dB menor que los niveles de ruido obtenidos en el test (aunque se recomienda una diferencia de 15dB). Para optimizar estas mediciones de ruido de fondo, hemos incluido el procedimiento exigido por el DS 146/97 del MINSEGPRES.

El punto central de la pista es la intersección entre el eje de movimiento y la línea que une los micrófonos. La distancia entre los micrófonos y el eje de movimiento debe ser  $7,5 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ . La altura de los micrófonos debe ser  $1,2 \text{ m} \pm 0,02 \text{ m}$ . El eje de los micrófonos debe orientarse en forma horizontal al suelo y perpendicular al eje de movimiento, frente al punto central.

En la figura 5.1 se muestra un esquema de la pista de ensayo. La línea AA es la línea de aceleración, ubicada 10 antes del punto central sobre el eje de movimiento CC.

La línea BB es la línea de deceleración, ubicada 10 m. después del punto central.

La zona en sombra debe ser de una superficie dura, acústicamente reflectante. En el radio de 50m. con respecto al punto central no debe haber obstáculos.



**Fig.5.1 Diagrama del área de medición según ISO 362-1998**

El bus se aproxima a la línea AA en una marcha y velocidad que dependen del tipo de vehículo y motor, manteniéndose siempre en línea recta. Cuando el vehículo llega a la línea AA debe acelerar lo más rápido posible (evitando el enganche automático) y mantenerse totalmente acelerado hasta que la rueda trasera del vehículo cruce la línea BB, luego de esto el acelerador debe ser soltado.

En este período se almacena la lectura del nivel máximo. Si ruidos imprevistos influyen en la lectura, se deben repetir las mediciones. De esta forma los resultados se consideran válidos cuando cuatro mediciones en cada lado del vehículo están dentro de un rango cuyas diferencias no superan los 2 dB. Se promedian los valores obtenidos dentro de este rango y se toma como resultado final el mayor promedio de cada lado.

Para buses automáticos: La transmisión usada debe ser normal. La velocidad de acercamiento debe ser la menor o la más factible entre:

- 50 Km./hr  $\pm$  1 Km./hr
- una velocidad tal que la velocidad de giro del motor sea  $\frac{3}{4}$  de la velocidad de giro donde se obtiene la máxima potencia

Para evitar posibles enganches automáticos, se recomienda incrementar la velocidad de entrada como máximo a 60 Km./hr, o bien mantener la velocidad de 50 Km./hr pero disminuir el suministro de combustible presionando a un 90% el pedal de aceleración en vez de presionarlo completo.

Para buses manualmente operados la velocidad de acercamiento es la misma, pero la elección de la marcha a usar depende del número de marchas y de la potencia del motor. Si la potencia total del bus no excede los 225 KW y el número total de marchas (incluido duales) es  $x$ , entonces las pruebas deben realizarse en un rango igual  $x/2$  (si esta relación no es entera, se utiliza el entero mayor). Existe además la posibilidad de subir una marcha de modo de obtener la máxima potencia de motor antes de salir de la zona de medición. Si esto se produce, es necesario precisar en qué marcha se produce el máximo nivel y cuales son sus relaciones de transmisión, ya que esta información resulta útil al evaluar o clasificar el tipo de buses.

En forma simultánea con las mediciones que se describen anteriormente se realiza la medición del parámetro SEL Sound Exposure Level, de acuerdo con la recomendación de la FTA, Federal Transit Administration, USA.

Simultáneamente se ubica otro equipo que cumpla con las especificaciones anteriormente descritas al interior del bus, el cual debe tener sus ventanas cerradas. El micrófono utilizado es de incidencia aleatoria (omnidireccional) y se ubica en el centro del bus, a 1,2 mts de altura. Se obtendrán así los valores máximos bajo las mismas condiciones que para la emisión exterior



**Fig. 5.2 Vista general del ensayo dinámico**

### 5.3 Ensayos estacionarios

#### **5.3.1 Normas utilizadas**

Se realizaron mediciones de la emisión de ruido emitido por buses estacionados considerando los procedimientos de ISO 5130-1982 "Measurement of noise emitted by stationary road vehicles - Survey method", SAE J 1470: Issued 1984, Revised 1992 "Measurement of noise emitted by accelerating highway vehicles" y SAE J 1492: Issued 1992, Revised 1998: "Measurement of light vehicle stationary exhaust system sound level engine speed sweep method".

El procedimiento utilizado incluye tanto la norma ISO 5130 principal como la del Anexo.

Dado que se miden ciclos completos de aceleración y deceleración, como recomienda la norma SAE J 1492, se pueden aplicar normas para  $\frac{3}{4}$  de RPM máxima o para aceleración libre.

#### **5.3.2 Instrumentación utilizada**

Los ensayos se realizaron mediante un sistema de adquisición de datos diseñado especialmente para este efecto. El sistema consiste en 4 canales de conversión análogo digital que reciben señales de 3 sonómetros y del tacómetro.

El tacómetro obtiene la señal de un sensor piezoeléctrico instalado en un tubo de inyección de petróleo, que detecta los pulsos de presión de la bomba inyectora Diesel. Esta señal para por un acondicionador de señal y luego por un medidor digital de RPM.

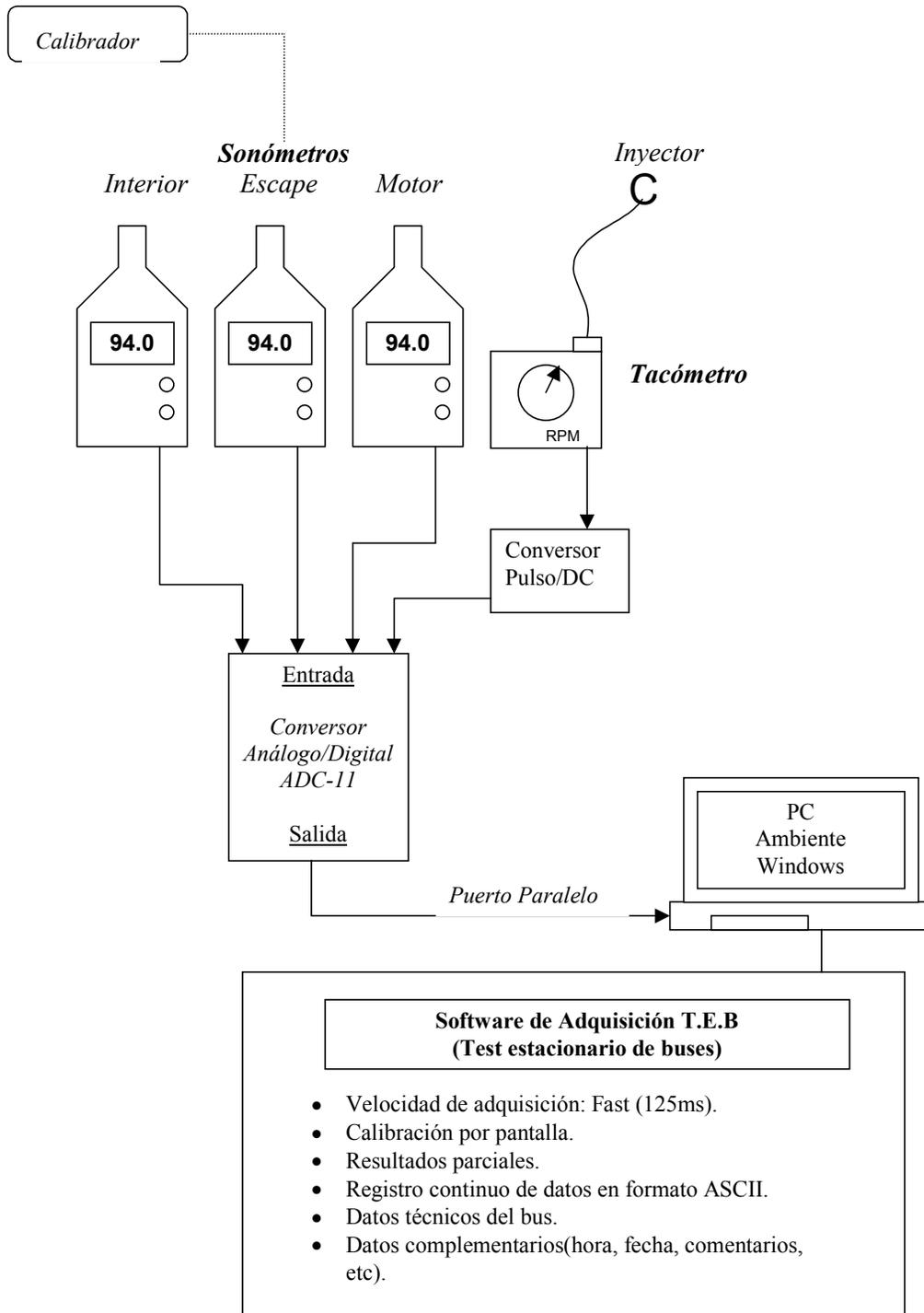
La conversión de los 4 canales se obtiene en un PC a través de la puerta paralela, actualizada cada 10 ms.

El proceso de adquisición, almacenamiento y despliegue de datos se realiza mediante el software TEB (Test Estacionario de Buses) desarrollado en Visual Basic.

El software incluye las etapas de:

- calibración,
- identificación del bus, características y modelo
- resultados parciales de un ciclo
- gráfico de niveles y RPM
- archivo en formato ASCII

El esquema del conjunto se muestra en la figura 5.3.



**Fig. 5.3 Diagrama de block del sistema de medición estacionaria**

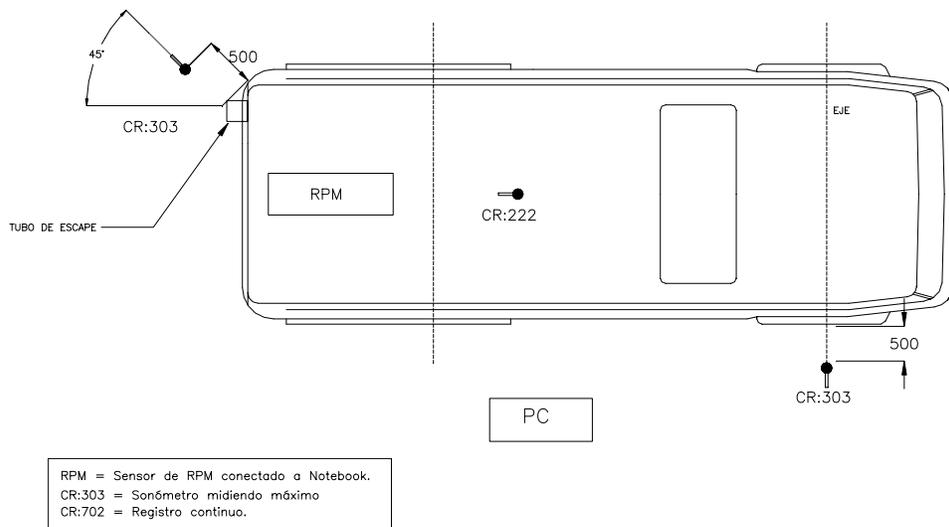
### 5.3.3 Lugar de medición

Las mediciones estacionarias se realizaron en la Planta de Revisión Técnica de Puente Alto, principalmente. Algunas muestras fueron tomadas directamente en la elipse del Parque O'Higgins.

El ruido es medido en las cercanías del escape y en las cercanías del motor. La altura del micrófono es siempre la altura del escape, pero nunca menor de 20 cm sobre el suelo. La distancia del micrófono debe ser 50 cm, con una orientación hacia el lado más externo de  $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$  con respecto al eje del tubo. En este caso la orientación del MIC es horizontal, en dirección al escape.

Para vehículos con escape vertical, el micrófono se ubica a la altura de éste, a una distancia de 50 cm del lado externo más cercano del escape. En este caso el micrófono se ubica en posición vertical. Simultáneamente se ubica otro equipo al interior del bus, el cual debe tener sus ventanas cerradas. El micrófono se ubica en el centro del bus, a 1,2 m de altura. Se obtendrán así los valores máximos bajo las mismas condiciones que para la emisión exterior

Para la medición de motor, el sonómetro se ubica siempre en el lado opuesto del chofer, en el eje del bus más cercano al motor. En el caso de motores que se ubiquen en el centro del vehículo, el equipo debe ubicarse en el punto medio de los dos ejes. La altura del micrófono es de 50 cm sobre el suelo y 50 cm de la carrocería del bus en la posición definida anteriormente.



**Fig. 5.4 Ubicación de micrófonos para bus con motor delantero**

En conjunto con estas mediciones se incluye una medición al interior del bus en función de las RPM, con ventanas cerradas.

Las mediciones se hicieron al aire libre, fuera del galpón, de modo que no existiera ningún obstáculo a menos de 3 m. de cada micrófono exterior.

### 5.3.4 Procedimiento

El proceso consiste en acelerar en forma gradual el motor desde la velocidad de ralentí hasta la velocidad máxima de motor manteniéndolo por un par de segundos (ésta depende del tipo de motor y de su potencia), luego desacelerar hasta llegar a la velocidad de motor ralentí.

En este período se almacena en forma continua las RPM, el Nivel Interior, el Nivel de Escape y el de Motor. Se realizan 4 mediciones sucesivas en cada posición, para luego analizar estos resultados.

El flujograma del programa de adquisición y sus pantallas se presentan a continuación:



	Escala		NIVEL	CANAL
NIVEL INTERIOR(CR:222A)	60	<input checked="" type="checkbox"/>	94	1
NIVEL ESCAPE(CR:303)		<input checked="" type="checkbox"/>	94	2
NIVEL MOTOR(CR:303)		<input checked="" type="checkbox"/>	94	3
RPM		<input checked="" type="checkbox"/>	1000	4

ACEPTAR      CANCELAR

Fig. 5.5 Ventana de calibración software TEB

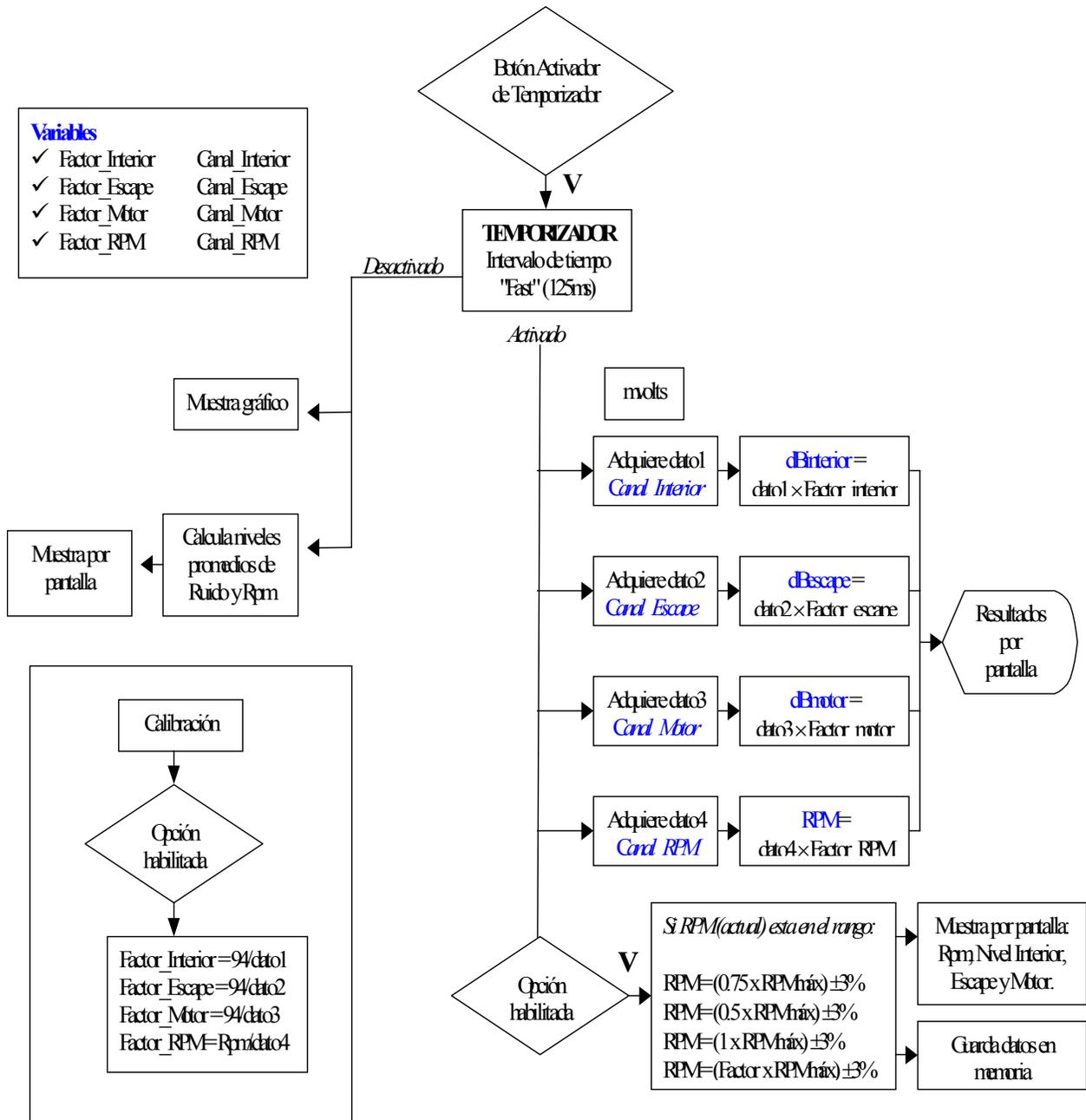


Fig. 5.6 Diagrama de block del software TEB

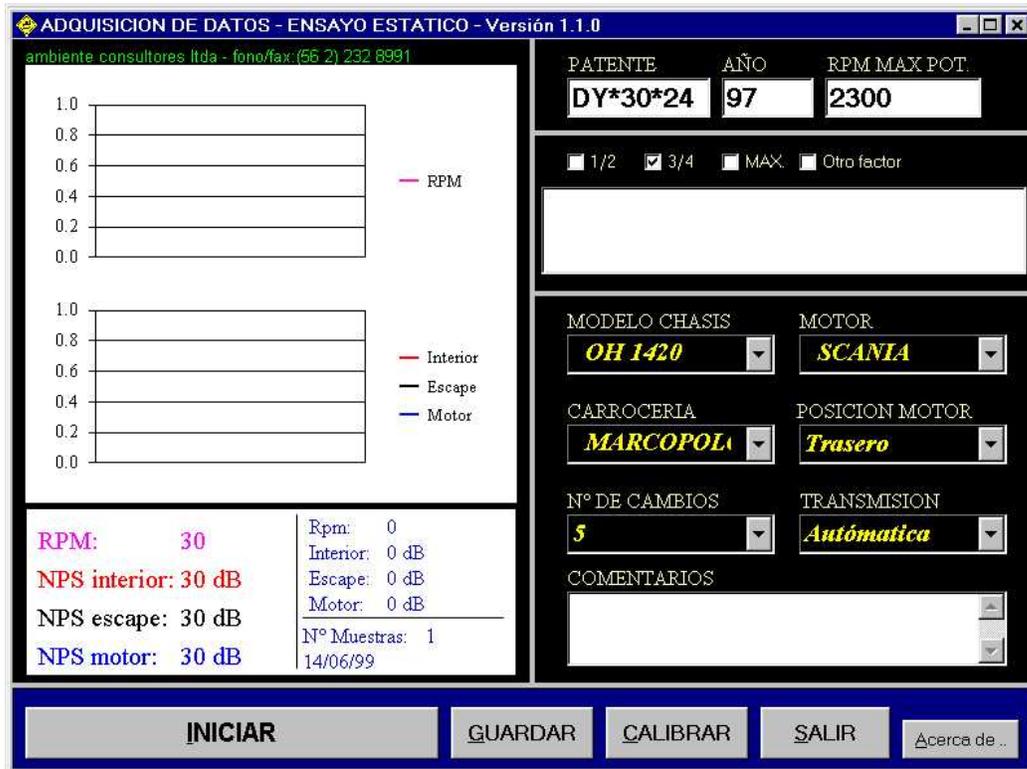


Fig. 5.7 Ventana principal software TEB



Fig. 5.8 Equipo de medición y micrófono de escape



**Fig. 5.9 Micrófono en posición de motor**



**Fig. 5.10 Micrófono en posición interior**

## 5.4 Mediciones en condiciones reales

### **5.4.1 Instrumentos de medición**

La medición en condiciones reales se realizó con el mismo instrumental que los ensayos estacionarios, pero reemplazando 2 sonómetros por acelerómetros. El tacómetro se fijó también a un tubo de la bomba inyectora.

El software es una versión más simple que toma continuamente muestras cada 1 segundo de las siguientes señales:

- Nivel de ruido interior
- Aceleración longitudinal
- Aceleración vertical
- RPM

### **5.4.2 Lugares de medición**

Las mediciones se realizaron en buses circulando por diferentes avenidas de la ciudad de Santiago. Se incluyeron zonas periféricas, zonas céntricas y avenidas con diferentes grados de congestión.

El micrófono del sonómetro se ubicó en el centro del bus, a 1,20 m. de altura.

El acelerómetro se ubicó sobre un asiento, fijado con cinta adhesiva.

Todas las señales se llevaron al PC a bordo del bus.

### **5.4.3 Procedimiento**

Se tomaron muestras mediante 2 procedimientos. El primero consideró buses en las siguientes condiciones:

- Con pasajeros
- Con libre apertura de ventanas y puertas
- Con presencia de vendedores y otras fuentes de ruido

El segundo procedimiento consideró las siguientes condiciones:

- Sin pasajeros
- Puertas y ventanas cerradas
- Sin detenciones para tomar o dejar pasajeros

En ambos casos se registraron series de 10 minutos de duración con valores cada 1 segundo.

## 6. RESULTADOS DE MEDICIONES

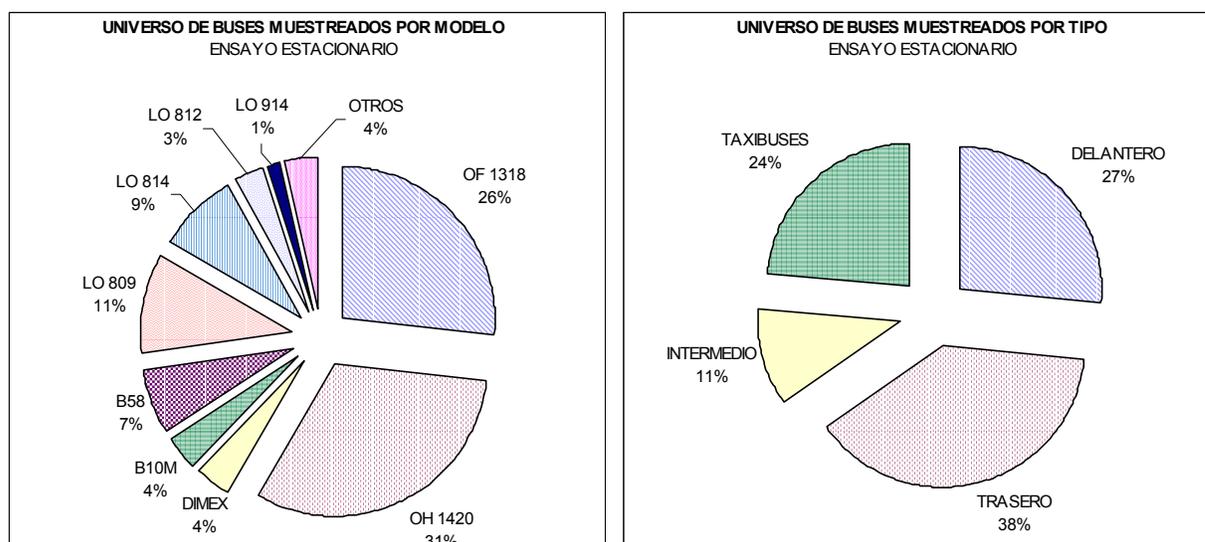
### 6.1 Caracterización de universo de buses

Basándose en el universo de buses existentes en el mercado (ver tabla N° 4.8) se ha caracterizado el parque a muestrear, priorizando los modelos actualmente comercializados. Se midieron 160 muestras, seleccionadas en 4 estratos, con la siguiente distribución.

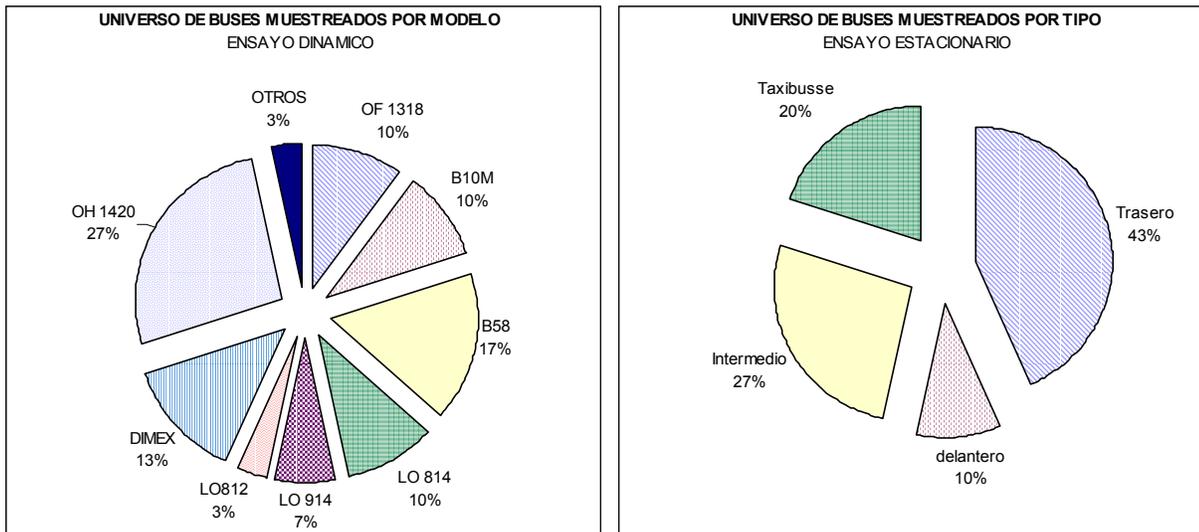
**Tabla 6.1 Distribución de muestras y estratos**

ESTRATO	MODELOS	MUESTRAS ENSAYO ESTACIONARIO	MUESTRAS ENSAYO DINAMICO
Buses motor delantero	Mercedes-Benz 1318 Otros	43	3
Buses motor intermedio	Volvo B-58 Volvo B-10*	18	8
Buses motor trasero	Mercedes-Benz 1420* Dimex 654-210*	61	13
Taxibuses	Mercedes-Benz 809 Mercedes-Benz 812 Mercedes-Benz 814* Mercedes-Benz 914*	38	6

(Se indican con asterisco los modelos actualmente comercializados)



**Fig. 6.1: Universo de buses muestreados por ensayo estacionario**



**Fig. 6.2: Universo de buses muestreados por ensayo dinámico**

No se diferenciaron los buses de las categorías mediano y pesado, que corresponden a peso menor y mayor que 14 Ton., respectivamente, ya que los modelos en uso tienen pesos entre 13,5 Ton y 17 Ton. y usan motores de tamaños similares. En cambio, los buses livianos tienen peso entre 7 y 8 Ton.

Tampoco se diferenciaron buses con el mismo chasis pero diferente carrocería, lo cual es frecuente entre los modelos Mercedes-Benz.

El primer criterio de prioridad al seleccionar los modelos fue la menor edad de los buses. Sin embargo, se decidió extender el muestreo a algunos modelos discontinuados por tener elevada presencia en el parque actual. En particular, los modelos más antiguos tienen motor delantero y caja manual, los cuales no pueden ingresar actualmente.

Dado que se asigna una determinada planta de revisión según el dígito de la placa, no se sesgó la muestra al considerar sólo una planta de revisión.

La selección de muestras se realizó en 2 etapas. En la primera se muestrearon 100 buses por orden de llegada a revisión técnica, siempre que pertenecieran a los grupos indicados.

En la segunda etapa de 60 muestras se dio prioridad a los modelos menos muestreados o con un porcentaje de muestras inferior al porcentaje de participación en el parque.

**Tabla 6.2 Características técnicas de buses muestreados**

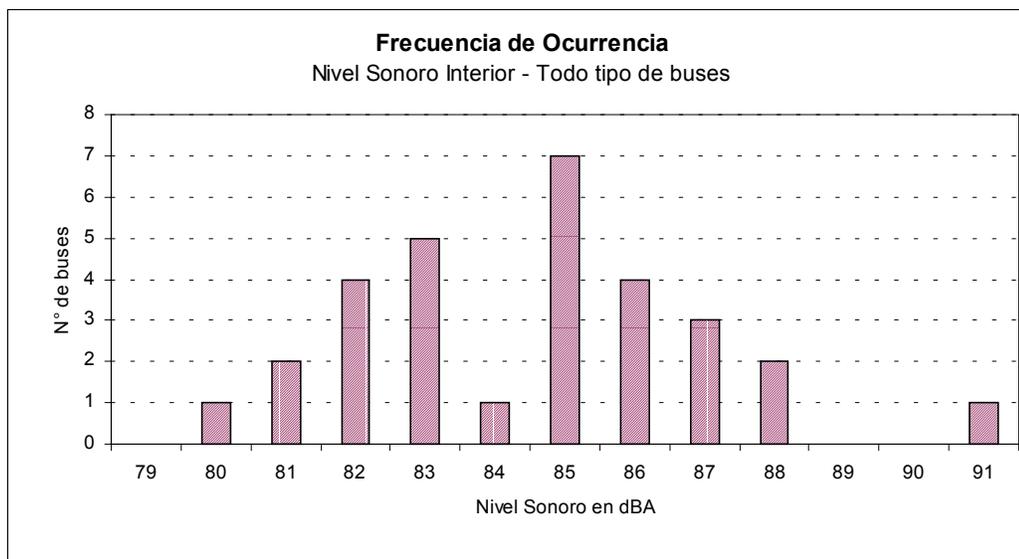
Tipo	Categoría	Motor	Tipo de motor	Ubicación	Potencia máxima neta (Kw, cv, rpm)	Transmisión	Largo m.	Peso Kg.
OF-1318	Mediano	M. Benz OM366A	Diesel 6 cilindros turbo	Delantero	125 Kw, 170 cv, 2600 rpm	Mecánica, 5 cambios	10,2	13500
OF-1620	Mediano	M. Benz	Diesel	Delantero		Mecánica, 5 cambios.		
OH-1420	Mediano	M. Benz OM366LA	Diesel 6 cilindros con turbocooler	Trasero	155 Kw, 210 cv, 2600 rpm	Automática Allison MT 643.	10,2	13950
OH-1320	Pesado	M. Benz	Diesel	Trasero		Automática		
B10M	Pesado	Volvo DH10 A 245	Diesel 6 cilindros, con turbo e intercooler	Intermedio	180 Kw, 245 cv, 2000 rpm	Automática ZF 4HP 500, 4 cambios.	9,6	17700
B58	Pesado	Volvo	Diesel	Intermedio		Automática		
LO-809	Liviano	M. Benz	Diesel	Delantero		Mecánica, 5 cambios.		
LO-812	Liviano	M. Benz OM 364 A	Diesel 4 cilindros	Delantero	90 Kw, 122 cv, 2600 rpm	Mecánica MG G-3, 5 cambios.	6,8	7500
LO-814	Liviano	M. Benz OM 364 LA	Diesel 4 cilindros	Delantero	100 Kw, 136 cv, 2600 rpm	Mecánica MB G-3, 6 cambios.	6,8	7500
LO-914	Liviano	M. Benz OM 904 LA	Diesel 4 cilindros	Delantero	100 Kw, 136 cv, 2300 rpm	Mecánica, ZF S5-420, 6 cambios	8,1	8500
OF-812	Liviano	M. Benz OM 364 A	Diesel 4 cilindros	Delantero	90 Kw, 122 cv, 2600 rpm	Mecánica MG G-3, 5 cambios.	6,8	7500
Dimex 433 160	Liviano	Cummins 6B5.9	Diesel 6 cilindros	Delantero	160 hp a 2500 rpm	Mecánica, 5 cambios	7,5	8200
Dimex 654 210	Pesado	Caterpillar 3126 o Navistar 466.	Diesel 6 cilindros	Trasero	Nav. 210 hp a 2300 rpm Cat. 210 hp a 2400	Automática, allison MT643.	11,8	15514

## 6.2 Muestreo con métodos dinámicos

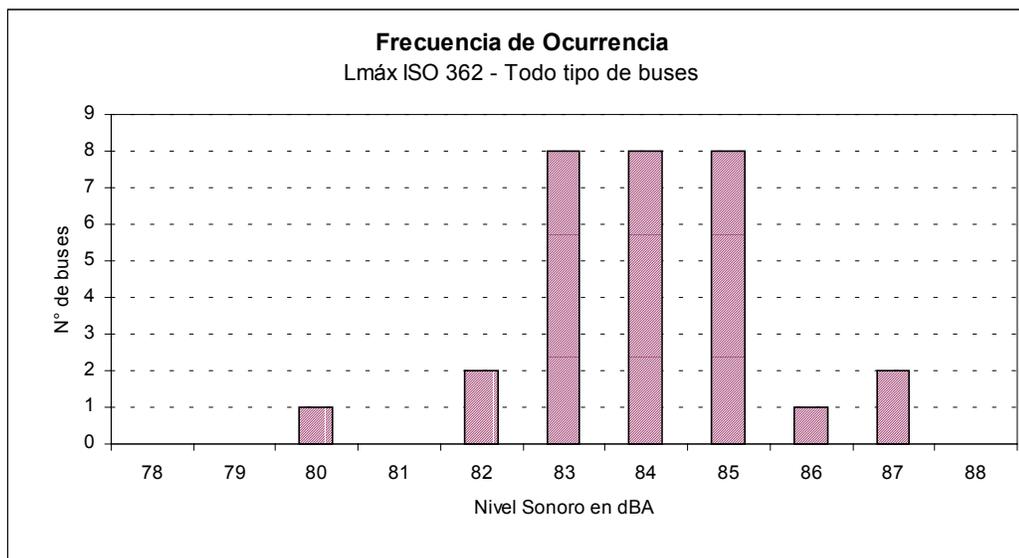
Los resultados de los ensayos dinámicos de acuerdo con la norma ISO 362 arrojan los siguientes valores para el Nivel Interior y Exterior Máximo, considerando el total de buses medidos.

**Tabla 6.3 Resultados de muestreo por ensayos dinámicos**

ESTRATO	TIPO	PATENTE	INTERIOR	SEL	LMAX	BOCINA	MUESTRA
Motor Delantero	OF 1318	KZ*84*47	86.7	87.1	84.6	77.3	1
		LU*70*52	84.6	85.4	82.7	91.7	2
		LB*71*86	90.7	86.8	85.1	83.7	14
Motor Intermedio	B10M	S/P	82.7	84.6	82.7	89.5	18
		S/P	82.0	84.6	82.2	89.5	19
		RN*10*50	81.2	83.1	82.4	84.0	22
	B58	PP*55*60	81.2	85.8	83.2	78.8	3
		NK*72*12	82.6	85.4	83.5	80.5	20
		LN*59*76	85.7	86.0	83.7	83.5	7
		PP*56*12	84.1	87.7	84.6	84.5	30
NK*72*16	84.5	88.9	84.9	83.3	25		
Taxibuses	LO 814	SG*68*10	86.1	86.4	84.0	81.7	6
		LZ*60*14	81.0	80.5	81.2	84.5	10
		PT*99*12	83.2	85.8	84.0	83.9	15
	LO 914	SZ*59*96	83.0	84.4	81.5	87.3	23
		SZ*59*94	80.5	83.1	79.9	88.2	24
	LO 812	NU*47*44	79.3	86.9	83.2	75.4	29
Motor Trasero	DIMEX	RN*10*86	84.1	86.4	84.0	82.0	21
		TB*88*82	81.3	85.3	83.0	89.5	26
		RR*30*40	83.0	86.1	82.5	84.3	27
		RN*24*54	82.1	88.3	84.9	79.5	28
	OH 1421	RS*64*42	87.6	87.3	84.7	91.0	16
	OH 1420	NS*98*98	85.8	84.4	82.7	93.7	4
		PV*78*98	85.9	87.8	86.7	88.7	5
		NF*55*76	86.1	84.3	83.8	85.8	8
		SC*19*08	87.9	87.1	84.9	89.9	9
		RS*74*86	85.0	84.7	84.1	86.8	11
		PV*12*44	84.9	86.6	84.7	89.3	12
		PC*23*88	84.2	85.6	83.0	79.8	13
	SC*19*98	85.3	89.0	87.0	88.7	17	



**Fig. 6.3 Distribución de niveles interiores ensayo dinámico**



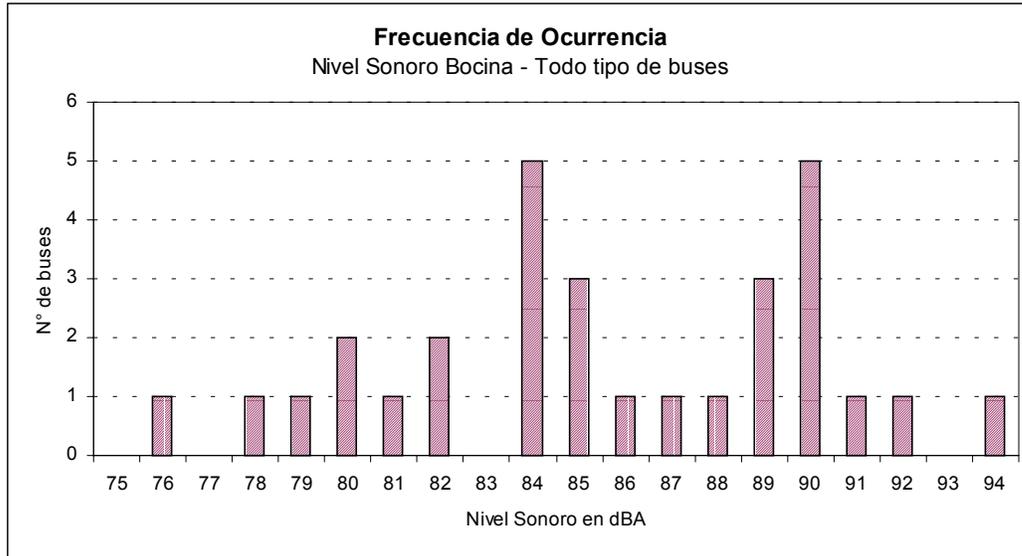
**Fig. 6.4 Distribución de niveles exteriores ensayo dinámico ISO 362**

Se puede observar que la mayor frecuencia de ocurrencia se produce en 85 dBA para el Nivel Interior, con niveles típicos entre 80 y 88 dBA.

Para el Nivel exterior máximo (L<sub>máx</sub>), la frecuencia de ocurrencia máxima fluctúa entre 83 y 85 dBA, con niveles típicos entre 82 y 87 dBA.

Los niveles extremos son 80 y 87 dBA, que corresponden a

Los resultados de los ensayos dinámicos arrojan los siguientes valores para el Nivel de Bocina Interior Máximo.



**Fig. 6.5 Distribución niveles de bocina**

Se puede observar que existe una gran dispersión para los niveles emitidos por bocinas, con niveles que oscilan entre 76 y 94 dBA. La distribución presentada tiene un carácter bimodal, con máximos en 84 y 90 dBA, lo que indica que no existe un patrón definido.

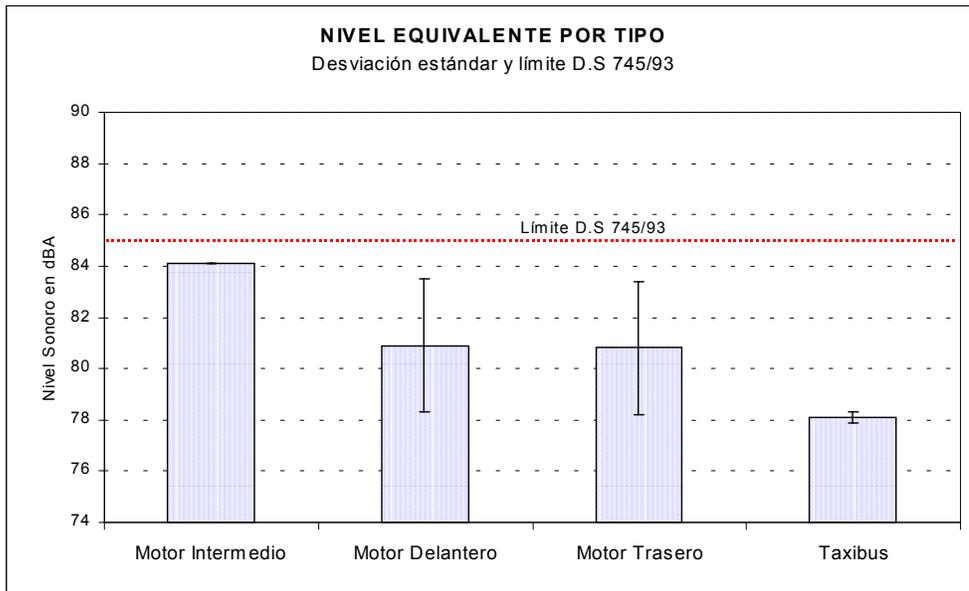
### 6.2.1 Muestreo en recorrido real.

Las muestras de recorrido real, que caracterizan los ciclos de funcionamiento y niveles típicos en condiciones reales de operación, se resumen en la siguiente tabla.

**Tabla 6.4: Resumen niveles interiores test condiciones reales**

	patente	chasis	Tiempo (m)	Valores Test Real		
				L90	L10	Leq
1	LZ*60*14	LO 814	5	61,6	82,7	78,4
2	LB*71*86	OF 1318	4	70	87	83,5
3	RR*30*40	DIMEX	10	76,1	87,4	84,1
4	RR*30*40	DIMEX	10	74,9	87,2	83,7
5	RR*30*40	DIMEX	7	74,6	86,4	82,2
6	NK*72*12	B58	5	72,8	87,8	84,1
7	PD*31*64	OH 1420	10	69,4	82,1	78,7
8	PD*31*64	OH 1420	10	69,8	82,8	79,3
9	PD*31*64	OH 1420	10	70	82,2	79
10	PD*31*64	OH 1420	10	75,6	85,2	82,3
11	PD*31*64	OH 1420	5	67,1	81,9	77,2
12	LD*84*52	OF 1318	10	74,7	88,5	85,3
13	LD*84*52	OF 1318	10	72,6	90,7	86,7
14	LD*84*52	OF 1318	10	72,2	89,4	85,3
15	LD*84*52	OF 1318	10	70,2	87,4	82,8
16	LD*84*52	OF 1318	10	70,6	84,6	81,2
17	LD*84*52	OF 1318	10	70,8	84,4	81,2
18	LD*84*52	OF 1318	10	70	83,8	80,6
19	LD*84*52	OF 1318	10	70	83,9	80,6
20	LD*84*52	OF 1318	10	71,8	80,1	77,9
21	LD*84*52	OF 1318	10	70,6	82,3	79,3
22	LD*84*52	OF 1318	10	70,1	83,1	79,9
23	LD*84*52	OF 1318	10	70	83,4	79,5
24	LD*84*52	OF 1318	10	70,1	83,7	79,8
25	LD*84*52	OF 1318	10	70	81,6	77
26	LD*84*52	OF 1318	10	70	83,3	79,3
27	LD*84*52	OF 1318	10	70	82,3	77,9
28	LD*84*52	OF 1318	10	70,3	83,9	81,1
29	DI*90*82	LO809	10	69,4	80,7	78,2
30	DI*90*82	LO809	10	68,9	80,3	77,9

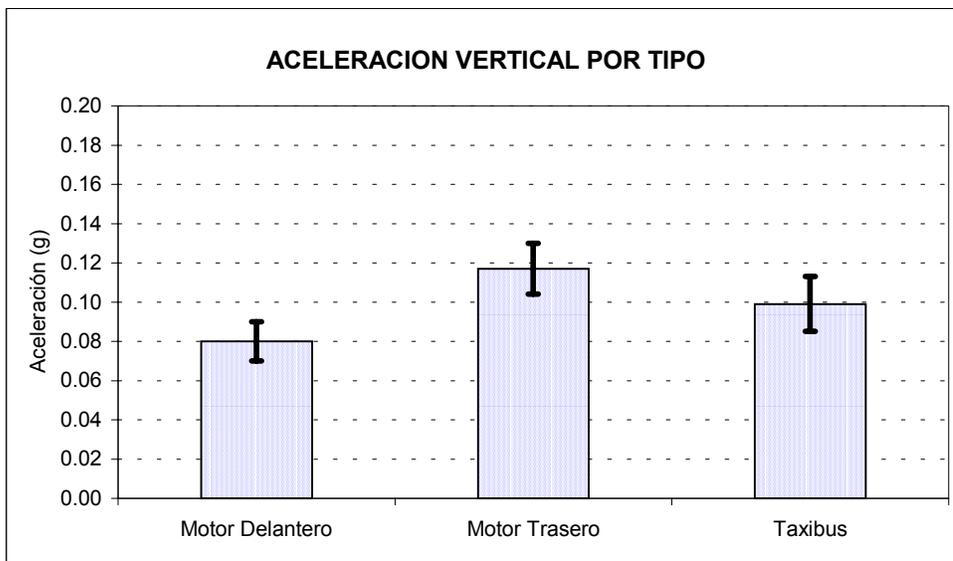
Se presenta a continuación un gráfico que muestra los promedios aritméticos de los distintos Leq registrados con su desviación estándar para cada estrato de buses.



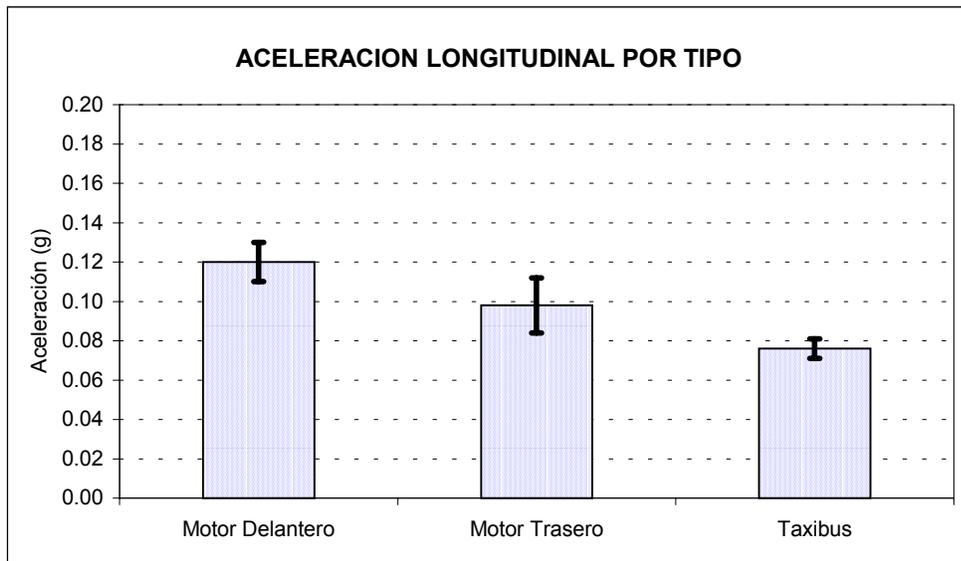
**Fig. 6.6 Promedio de niveles interiores test real**

Se observa una mayor desviación estándar para los buses de motor trasero y delantero, producto de la mayor cantidad de muestras registradas en esta situación, también se observa que los niveles más bajos se producen en los taxibuses.

Los gráficos que muestran las aceleraciones promedios con su desviación estándar para cada estrato de buses se presentan a continuación.



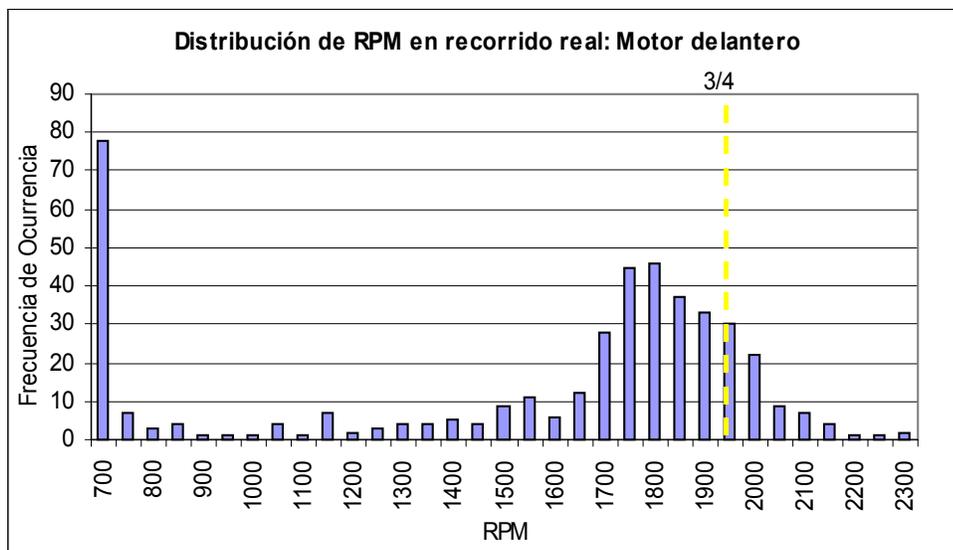
**Fig. 6.7 Promedios de niveles de aceleración vertical test real**



**Fig. 6.8 Promedios de niveles de aceleración longitudinal test real**

Se desprende de estos gráficos que no existe una variación notoria en la aceleración tanto vertical como horizontal para los distintos buses maestreados en recorrido real.

En los gráficos siguientes se presentan los datos de R.P.M., registrados en los recorridos reales y que representan el funcionamiento típico de un bus de la locomoción colectiva.



**Fig. 6.9 Distribución de R.P.M. en un recorrido real con motor delantero**



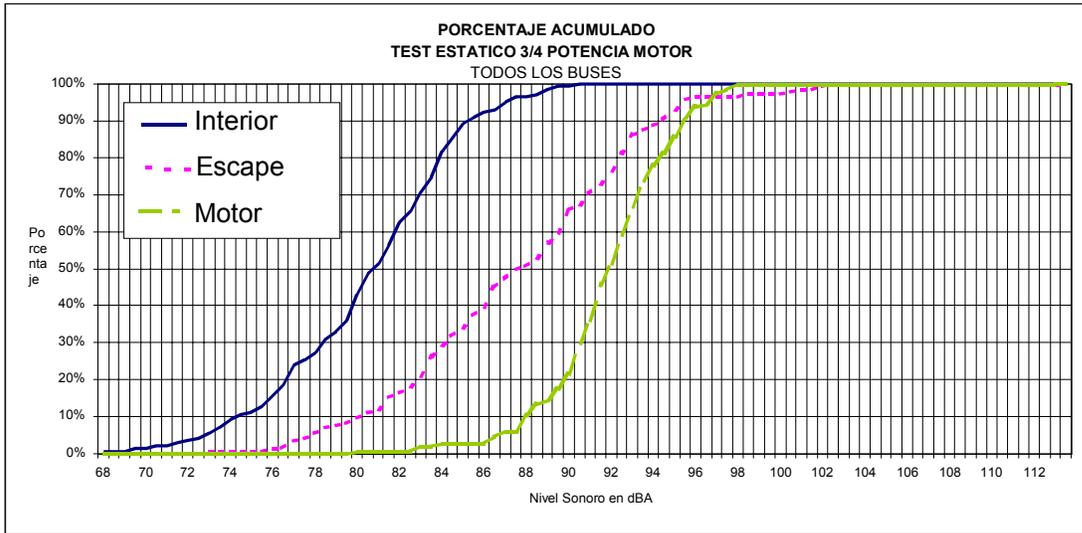
**Tabla 6.5 Resumen de datos ensayo estacionario.**

TIPO	PATENTE	RPM A 3/4 DE POTENCIA MOTOR				RPM A MAXIMA POTENCIA MOTOR					
		RPM	Interior (dBA)	Escape (dBA)	Motor (dBA)	RPM	Interior (dBA)	Escape (dBA)	Motor (dBA)	Fecha	Muestra
B10M	SC*40*52	1504	71.8	76.6	86.5	1670	81.3	85.4	96.0	17-Jun	8
	RA*40*12	1500	68.0	93.0	91.0	2000	75.0	101.0	99.0	20-Jul	111
	S/P	1600	78.8	81.5	92.6	2100	80.3	83.8	94.0	26-Jul	133
	S/P	1500	76.8	80.0	91.3	2100	79.6	83.2	93.5	26-Jul	134
	NB*11*60	1493	74.6	78.9	90.1	2170	86.3	92.3	99.2	13-Ago	147
	RN*10*50	1509	75.7	83.4	91.6	1990	82.4	93.7	98.0	13-Ago	148
	LN*59*52	1654	81.6	88.9	96.8	-	88.5	97.2	103.5	07-Jul	62
B58	DL*76*48	-	-	-	-	-	88.1	111.4	99.4	13-Jul	86
	PP*55*60	1700	74.3	95.5	97.0	2500	81.3	100.5	103.3	17-Jul	96
	LN*59*76	1700	84.9	90.4	94.8	-	92.9	97.3	100.9	19-Jul	107
	NK*72*12	1651	75.7	82.9	92.1	2300	84.2	95.7	98.9	12-Ago	143
	KL*32*10	1500	83.2	93.1	94.6	-	88.6	102.5	100.1	13-Ago	145
	LT*4048	1634	76.0	77.8	83.7	2200	84.6	94.3	93.3	16-Ago	150
	NK*72*12	1649	79.7	88.9	94.3	2295	88.0	97.2	103.8	16-Ago	153
	NK*72*16	1663	79.2	90.0	92.5	2500	88.7	102.0	101.4	17-Ago	154
	KK*50*90	1550	80.3	89.7	92.7	-	86.1	95.5	98.5	19-Ago	156
	PP*56*12	1650	81.2	90.6	96.6	-	86.2	95.0	103.2	25-Ago	160
DIMEX	SL*87*60	1805	78.4	86.6	91.2	2800	92.0	94.2	102.7	07-Jul	53
	RR*24*14	1805	76.8	86.4	86.5	2550	84.8	96.8	98.1	18-Jun	17
	RN*10*86	1800	80.6	86.1	90.1	-	83.9	91.2	93.7	13-Ago	146
	TB*88*82	1800	76.8	85.6	88.0	-	82.8	89.5	95.3	17-Ago	155
	RR*30*40	1806	81.7	90.0	90.4	2670	89.3	97.5	97.8	19-Ago	157
	RN*24*54	1800	75.6	83.9	87.6	-	79.6	86.4	91.7	25-Ago	158
OF 1318	LC*48*82	1949	82.8	85.3	94.8	2500	89.5	90.0	97.3	17-Jun	3
	LC*50*66	1947	83.8	86.6	92.4	2850	94.0	93.8	102.0	18-Jun	20
	LD*87*52	1949	85.9	87.5	92.2	2560	91.0	94.0	97.8	17-Jun	5
	LE*92*12	1964	81.3	83.2	92.9	3000	92.1	91.5	104.9	21-Jun	22
	LF*87*36	1950	79.6	86.1	93.0	2300	84.8	90.3	99.6	17-Jun	6
	LF*87*68	1950	81.2	83.3	93.1	2650	90.6	89.7	101.0	17-Jun	1
	LK*10*38	1961	83.7	92.8	92.6	2800	89.1	102.0	99.8	17-Jun	2
	LP*16*52	1952	83.9	88.0	93.3	2700	91.5	94.3	100.4	21-Jun	25
	LR*57*14	1960	79.6	84.6	90.4	2770	90.1	90.9	100.6	17-Jun	4
	LK*64*96	1952	85.7	83.3	94.1	2700	90.3	88.7	98.0	17-Jun	7
	KY*57*84	1950	86.9	84.5	93.0	2800	94.0	97.0	101.0	01-Jul	38
	LD*85*98	1953	88.6	85.8	94.2	2700	94.0	98.0	103.0	01-Jul	39
	KG*43*40	1963	79.0	92.8	94.2	2200	83.2	97.8	99.8	12-Jun	-
	LP*29*60	1950	80.5	92.7	93.5	2500	84.8	101.0	105.0	12-Jun	-
	LG*33*16	1953	81.2	-	91.9	3040	90.1	88.8	100.2	06-Jul	48
	LF*60*38	1955	87.4	84.7	93.3	2700	94.0	92.5	101.7	07-Jul	54
	NE*18*14	1961	83.8	83.4	91.4	2880	94.0	90.8	101.2	07-Jul	60
	NX*18*13	1961	83.8	83.4	91.4	2880	94.0	90.8	101.2	07-Jul	61
	KZ*73*74	1978	89.4	79.5	93.1	2590	94.0		103.5	08-Jul	66
	LK*87*78	1958	84.3	82.1	90.9	2600	87.4		94.7	08-Jul	69
	LF*56*80	1948	83.3	80.6	89.6	3030	92.0	90.0	97.5	08-Jul	71
	LZ*67*60	1959	87.2	83.2	93.0	3000	94.0	89.9	102.9	08-Jul	72
	LU*71*88	1946	80.0	88.3	91.3	2700	90.6	96.0	100.6	13-Jul	78
NF*64*18	1957	81.7	90.5	96.0	2800	88.0	93.3	101.4	13-Jul	80	
KV*35*52	1955	81.8	100.6	95.2	2730	86.1	105.0	100.0	13-Jul	82	
LR*94*62	1947	82.9	85.3	94.8	2600	91.8	90.6	102.8	14-Jul	88	
KZ*82*04	1947	84.6	85.2	96.0	3070	93.3	94.5	103.8	14-Jul	90	

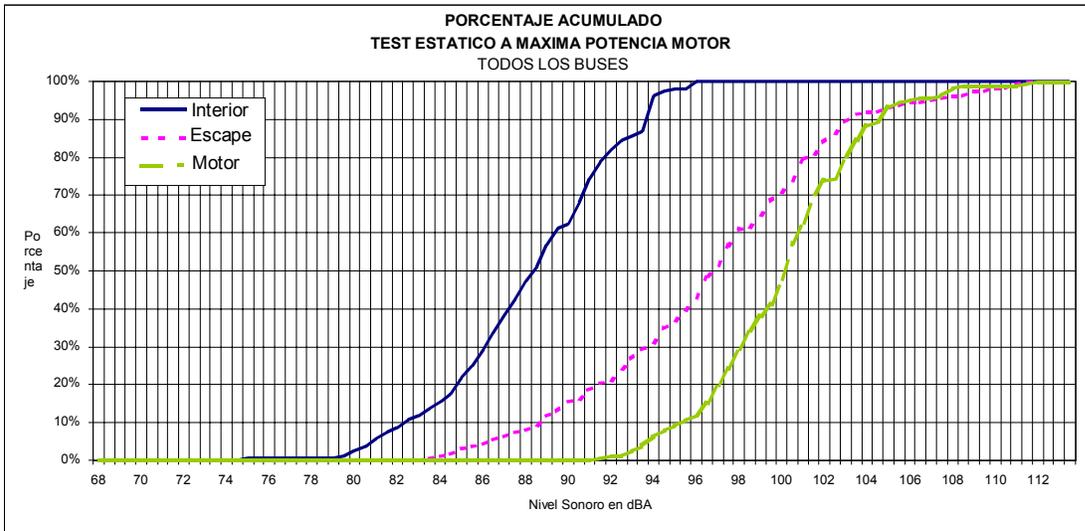
	LY*14*20	1960	86.7	86.5	97.8	2800	90.8	93.5	101.7	14-Jul	91
	LD*91*66	1953	88.5	82.9	91.7	2350	89.7	87.1	92.8	09-Jul	75
	KZ*84*47	1947	80.0	86.1	97.6	2900	88.2	95.4	105.0	17-Jul	94
	LU*70*52	2000	81.1	92.2	97.2	2600	89.0	100.9	102.9	17-Jul	95
	KV*34*72	1952	84.3	84.1	92.7	2960	94.0	92.8	106.3	19-Jul	98
	LH*77*48	1959	85.1	85.0	93.6	2800	93.6	91.6	101.8	19-Jul	101
	LK*75*92	1954	86.2	84.4	90.9	2750	92.9	92.3	97.5	19-Jul	104
	LD*86*94	-	-	-	-	2500	91.8	96.5	104.5	30-Jun	31
	LV*30*30	-	-	-	-	2630	96.0	95.0	104.7	30-Jul	35
	LZ*99*38	1956	78.5	81.1	89.8	2370	85.7	87.9	97.0	20-Jul	110
	LU*71*46	1956	78.5	81.2	90.1	2640	85.9	88.1	97.2	21-Jul	115
	LF*60*42	1938	82.4	80.3	90.6	2650	89.6	88.5	98.2	21-Jul	118
	LC*57*72	1960	81.9	76.6	89.3	2880	93.2	86.8	100.0	21-Jul	121
	LB*71*86	1958	84.1	79.9	92.1	-	94.1	89.5	100.4	22-Jul	126
	LD*85*52	1962	77.6	81.9	89.3	2700	85.8	87.3	98.3	22-Jul	128
	LB*71*76	1956	83.7	83.9	92.0	2780	91.9	96.3	101.4	22-Jul	129
	BD*31*88	1946	76.3	90.0	89.6	2700	84.9	103.5	101.6	17-Jun	12
OH 1420	NS*13*84	1947	81.8	90.7	91.2	2650	89.0	100.1	99.4	18-Jun	15
	NS*13*90	1951	84.4	93.8	90.5	2650	87.2	101.8	96.8	18-Jun	18
	RV*57*30	1954	81.1	88.8	91.0	2700	90.9	100.1	101.4	21-Jun	26
	RY*69*28	1956	80.8	89.8	91.9	2700	88.7	103.5	103.7	17-Jun	13
	SA*59*60	1929	71.3	83.0	82.6	2650	88.1	104.6	103.3	21-Jun	24
	SA*59*68	1981	69.3	76.9	80.0	2700	80.9		91.5	17-Jun	11
	SA*59*74	1965	76.5	86.3	86.8	2700	90.2	103.0	102.9	18-Jun	16
	NS*98*86	1956	83.6	91.9	90.2	2700	90.4	103.0	101.2	01-Jul	37
	SA*74*44	1951	80.5	89.4	88.3	2670	92.2	107.2	105.2	01-Jul	40
	SJ*46*74	1952	78.4	92.5	86.4	2780	92.2	103.0	100.0	01-Jul	41
	RJ*69*62	1930	83.8	95.6	96.5	2550	88.6	102.9	102.3	12-Jun	-
	PJ*21*04	1949	85.3	95.1	94.4	2900	91.1	98.9	98.4	06-Jul	47
	PA*34*62	1947	79.8	92.1	91.5	2150	87.1	99.2	96.5	06-Jul	49
	SA*60*08	1956	82.3	91.8	94.0	2150	85.7	95.2	97.4	06-Jul	50
	SC*62*80	1953	83.4	95.3	95.3	3000	91.2	105.2	103.0	06-Jul	51
	PA*34*58	1957	79.6	92.9	90.2	2800	86.9	102.2	94.5	06-Jul	52
	NS*98*96	1944	81.2	89.4	90.5	2400	87.9	95.7	96.7	07-Jul	56
	SA*75*70	1953	82.3	91.9	92.2	2800	90.3	100.4	98.8	07-Jul	57
	PA*34*56	1958	77.8	91.3	87.9	2760	87.1	101.5	97.8	07-Jul	58
	RK*25*70	1951	83.3	95.5	93.4	2760	87.9	102.9	96.8	07-Jul	59
	SA*46*70	1954	80.2	94.8	93.5	2700	86.9	102.5	98.3	07-Jul	63
	SL*84*90	1977	90.1	100.1	97.4	-	92.2	103.7	99.6	08-Jul	67
	PV*69*64	1944	81.6	94.2	93.5	2600	85.7	99.8	97.3	08-Jul	70
	PJ*21*08	1944	82.4	98.4	92.8	2740	89.1	108.7	100.4	13-Jul	81
	RR*26*28	1956	80.1	101.9	92.5	3050	85.0	111.0	97.2	13-Jul	85
	PV*78*90	1973	75.1	89.4	88.4	2700	86.7	106.7	100.9	09-Jul	73
	NU*81*90	1955	84.7	89.6	92.4	2680	89.4	98.0	96.9	09-Jul	76
	HY*24*88	1956	84.7	89.7	92.4	2595	89.5	97.1	96.8	09-Jul	77
	SA*60*04	-	-	-	-	2700	85.8	100.8	100.9	15-Jul	93
	NS*98*98	2000	83.7	91.2	91.1	2700	87.6	99.1	94.5	19-Jul	99
	PV*78*98	2000	81.6	93.6	91.8	2800	84.3	99.3	95.4	19-Jul	102
	SA*60*66	2000	83.9	95.0	96.6	2750	87.7	101.2	101.0	19-Jul	103
	SA*60*02	-	-	-	-	2700	88.7	108.0	107.6	30-Jun	27
	SA*59*86	-	-	-	-	2600	90.9	109.0	111.2	30-Jun	29
	NK*10*48	-	-	-	-	2580	86.5	101.7	102.0	03-Jul	42
	DA*88*50	-	-	-	-	3200	95.0	102.0	101.0	03-Jul	43
	TB*29*18	-	-	-	-	2780	87.0	106.0	103.0	03-Jul	44
	PV*78*94	-	-	-	-	3050	87.0	100.0	100.0	03-Jul	45

	SA*73*30	-	-	-	-	2700	91.5	99.8	107.9	06-Jul	46
	SE*23*84	1950	79.9	94.3	95.4	2600	85.4	100.7	99.5	20-Jul	108
	NF*55*76	1950	83.0	92.1	93.8	2600	86.7	98.7	96.9	20-Jul	112
	SC*19*08	1950	88.9	92.4	94.7		94.3	99.2	100.1	20-Jul	114
	RS*74*86	2000	81.4	90.8	88.4	2600	86.8	99.6	93.6	21-Jul	117
	NX*26*46	-	84.7	90.6	95.2	2600	90.0	98.8	100.3	21-Jul	119
	PV*12*44	2000	77.2	91.7	92.5	2600	83.2	100.6	98.5	21-Jul	122
	PC*23*88	2000	80.6	91.2	95.3	2600	85.0	100.6	99.9	21-Jul	123
	RS*64*04	2000	79.7	91.5	87.9	2600	83.7	93.0	92.6	22-Jul	124
	SC*18*00	1953	82.8	94.6	96.0	-	87.6	101.0	100.1	22-Jul	125
	NF*56*60	2000	79.4	93.1	93.8	2600	82.5	97.9	97.6	22-Jul	130
	SC*19*58	1981	80.4	92.2	93.7	2650	87.5	103.2	100.3	22-Jul	132
	DL*32*68	1977	79.0	84.3	89.7	3200	88.9	96.5	101.3	21-Jun	23
LO 809	KH*44*60	1962	76.4	102.4	92.9	2700	85.4	110.0	96.4	13-Jul	79
	KL*72*20	1952	82.8	92.5	90.5	2880	91.3	100.1	98.5	13-Jul	83
	KK*28*86	1947	78.4	92.8	91.1	2900	87.6	100.8	99.4	13-Jul	84
	KH*45*16	1950	83.0	85.3	95.1	3400	94.0	110.7	107.8	14-Jul	87
	DG*92*34	1950	83.0	85.3	95.1	3070	91.1	96.4	103.3	14-Jul	89
	DN*92*56	1960	84.7	86.7	91.3	3240	94.0	96.0	101.5	09-Jul	74
	DK*92*98	-	-	-	-	2700	89.4	97.8	104.7	15-Jul	92
	DR*42*04	1944	76.5	78.3	88.1	2850	85.4		96.0	19-Jul	97
	DL*64*36	1952	80.7	87.5	90.3	3000	91.0	102.2	99.8	19-Jul	105
	DG*66*24	-	-	-	-	2900	96.0	97.0	112.0	30-Jun	32
	DR*12*66	-	-	-	-	3030	94.0	96.1	107.2	30-Jun	34
	DL*65*18	-	-	-	-	2900	94.0	98.0	104.0	01-Jul	36
	DJ*99*16	2600	83.4	77.9	93.3	1950	91.2	85.5	100.4	20-Jul	109
	DL*36*98	1975	79.8	80.2	89.8	2580	88.3	84.7	97.0	21-Jul	120
LO 814	DS*89*00	1947	80.5	81.1	89.0	2880	90.1	94.2	100.1	11-Ago	135
	DR*13*32	1954	77.3	81.1	92.7	3000	87.2	96.4	104.9	12-Ago	140
	NF*64*44	1958	73.2	83.9	86.7	2700	80.2	92.7	97.8	17-Jun	14
	SC*44*28	1948	77.8	92.7	95.7	2650	84.8	97.3	100.4	18-Jun	19
	RJ*97*52	1942	75.2	89.2	91.2	2800	81.0	96.8	98.0	12-Jun	-
	PS*86*40	1954	80.2	94.8	93.5	3200	91.0	98.5	104.2	07-Jul	55
	RA*19*04	1960	87.0	87.2	92.0	3000	94.0	95.5	101.4	08-Jul	64
	PS*86*20	1952	73.7	89.8	90.7	3100	85.7	99.4	103.1	08-Jul	65
	SG*68*10	1955	81.7	89.9	95.1	2980	90.5	97.2	103.8	19-Jul	106
	SE*24*76	-	-	-	-	2900	96.0	99.0	104.0	30-Jun	33
	PS*86*48	1953	73.8	86.5	91.4	2950	82.3	93.5	98.7	20-Jul	113
	LZ*60*14	1953	76.6	82.9	89.5	2870	84.2	91.5	98.3	21-Jul	116
	PT*99*12	2000	73.0	87.5	92.5	-	83.9	95.8	100.6	22-Jul	127
	RB*65*92	1953	73.6	85.6	90.9	3100	83.1	96.3	100.4	11-Ago	135
PT*99*44	1954	72.9	88.3	91.2	2880	88.2	98.6	99.2	12-Ago	142	
NH*21*42	1935	77.0	81.6	95.0	3050	85.3	88.6	105.6	13-Ago	149	
LO 812	NK*10*62	-	-	-	-	2700	87.3		108.3	30-Jun	30
	NF*63*74	1953	70.4	82.5	87.7	2840	81.4	92.7	98.9	11-Ago	138
	KJ*82*62	1954	79.2	73.0	90.7	2700	86.3	88.7	96.3	11-Ago	139
	DK*97*06	1943	76.7	83.7	89.1	3000	88.6	96.2	102.9	12-Ago	141
LO 914	UN*47*44	1949	74.5	83.2	88.8	-	86.1	96.9	105.4	25-Ago	159
	SZ*59*96	1700	73.1	78.2	90.1	2900	79.4	84.2	96.2	16-Ago	151
	SZ*59*94	1700	72.5	77.4	89.9	-	80.8	84.8	96.2	16-Ago	152
OF 1620	NB*50*02	1952	-	75.6	82.6	2700	-	94.3	101.2	17-Jun	10
OF 1115	DR*93*64	1946	84.1	88.7	93.6	2800	90.8	95.3	100.4	17-Jun	9
OH 1320	NV*60*04	1939	83.2	89.0	91.9	2950	90.6	97.1	100.4	18-Jun	21
OHC 1421	RS*64*42	1951	77.0	88.2	88.0	2550	81.7	97.7	93.7	21-Jul	131
SCANIA	EZ*44*96	1732	77.0	89.0	91.0	2300	81.8	96.4	94.7	13-Ago	144

Los datos de la tabla anterior se resumen en los siguientes gráficos de porcentaje acumulado, los cuales muestran los distintos parámetros medidos para la totalidad de los buses.



**Fig. 6.11 Distribución acumulativa para ensayo estacionario a 3/4 RPM**



**Fig. 6.12 Distribución acumulativa para ensayo estacionario a máx. RPM**

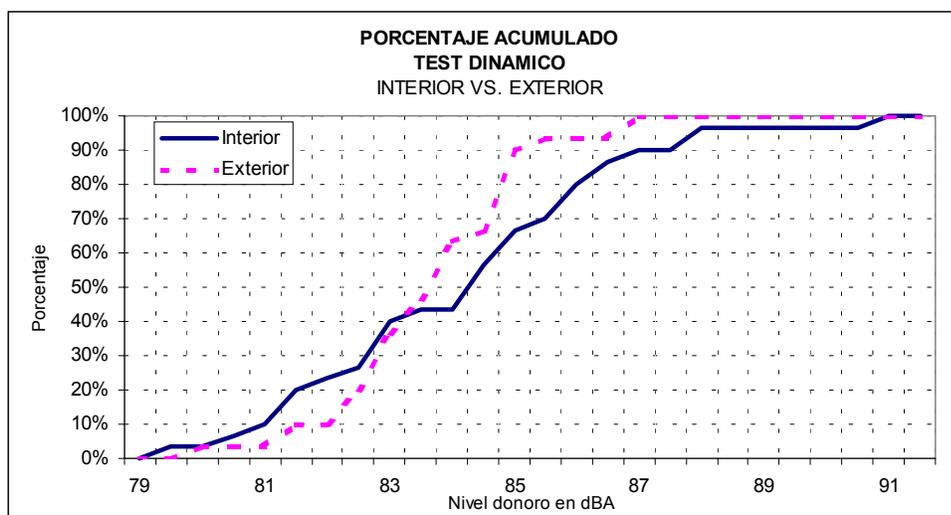
De los gráficos anteriores se desprende que, los niveles más bajos de ruido se perciben en el interior del bus, y que los niveles más altos los produce el motor. También se observa un claro corrimiento de los niveles medidos a  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima y los medidos en aceleración libre, con valores que fluctúan entre 6 y 10 dBA. En cuanto a las diferencias entre los niveles de escape, motor e interior se puede ver que tienen un comportamiento similar medidos a  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima y medidos en aceleración libre.

## 7. ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

### 7.1 Correlación de resultados de ensayos dinámicos

#### 7.1.1 Correlación interior – exterior

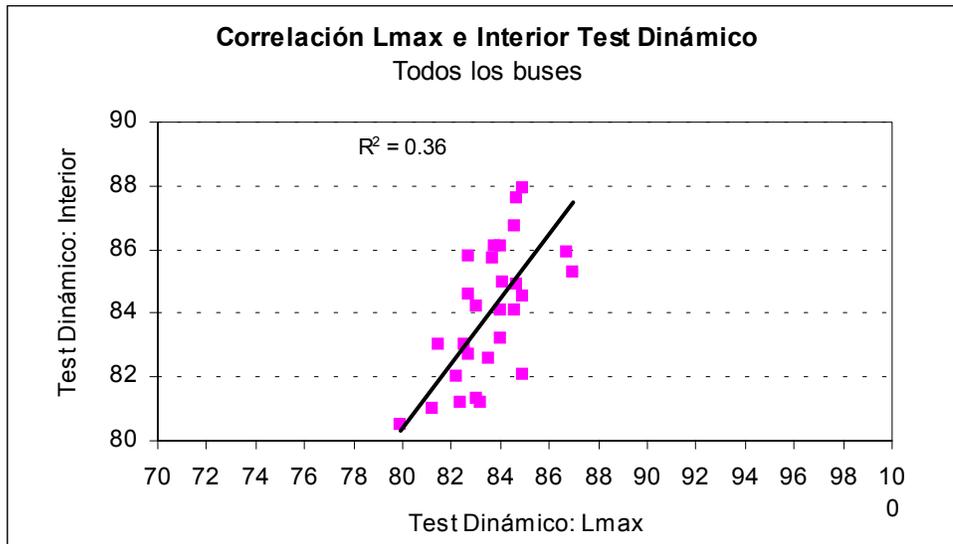
En el siguiente gráfico se comparan los valores medidos en el test dinámico para la población total de buses, entre posición exterior y posición interior.



**Fig. 7.1 Comparación interior v/s exterior, todos los buses**

Se observa que los niveles interior y exterior son comparables, con sólo 0,5 dBA de diferencia para el 50 % del universo. Sin embargo, se observa que el rango de niveles interior es mayor que el exterior, siendo 82 a 85 dBA para el Nivel Exterior y 81 a 87 dBA para el Nivel Interior, para el 80 % de las muestras.

Del análisis de correlación individual de muestras, se observa un coeficiente de 0,36, es decir una moderada coincidencia entre emisiones interiores y exteriores de un mismo bus.

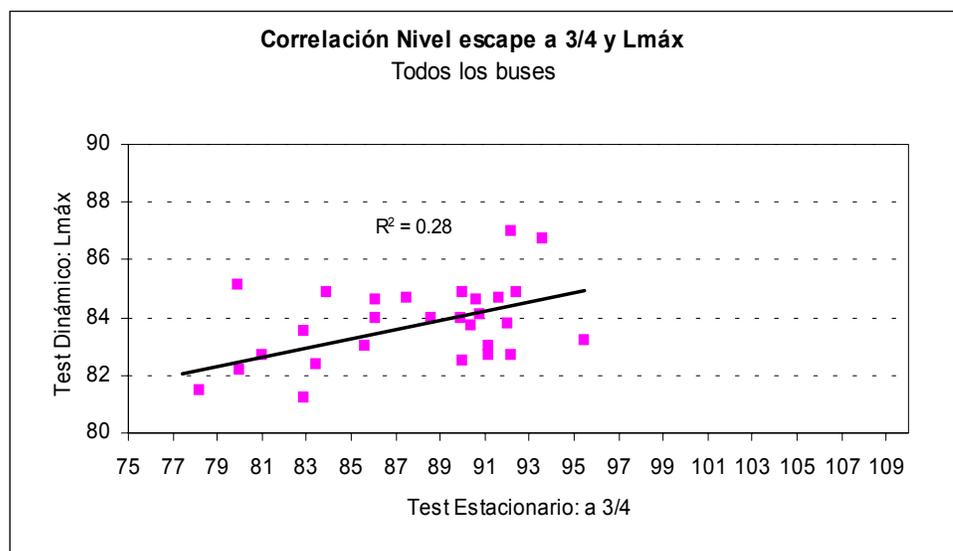


**Fig. 7.2 Correlación individual Interior v/s Exterior, todos los buses**

De lo anterior se aprecia que la tendencia completa de las distribuciones de los niveles interiores y exteriores son similares, aunque exista una moderada correlación entre los parámetros medidos para el total de las muestras individuales.

### 7.1.2 Correlación ensayo dinámico con otros ensayos

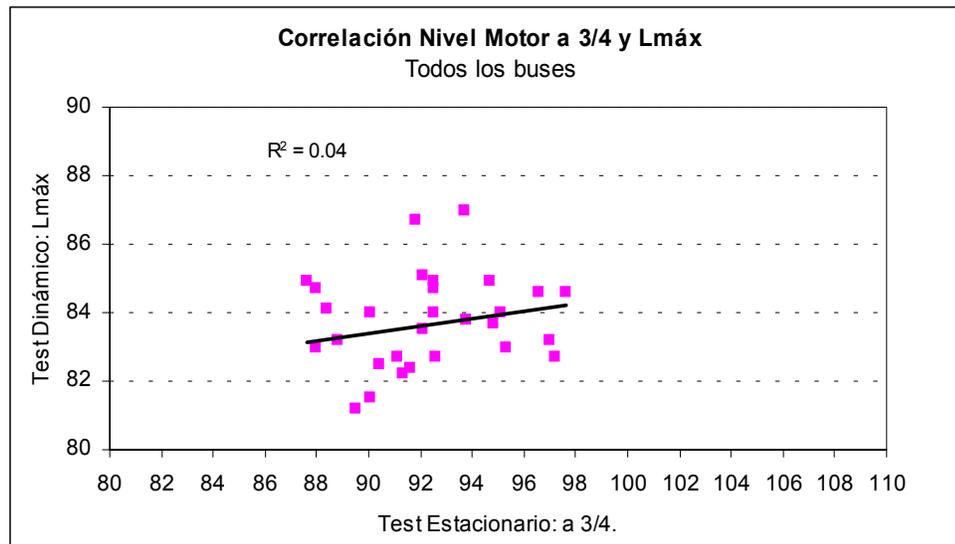
Los gráficos siguientes comparan los valores obtenidos en el test dinámico, con los obtenidos en el test estacionario en escape, motor e interior.



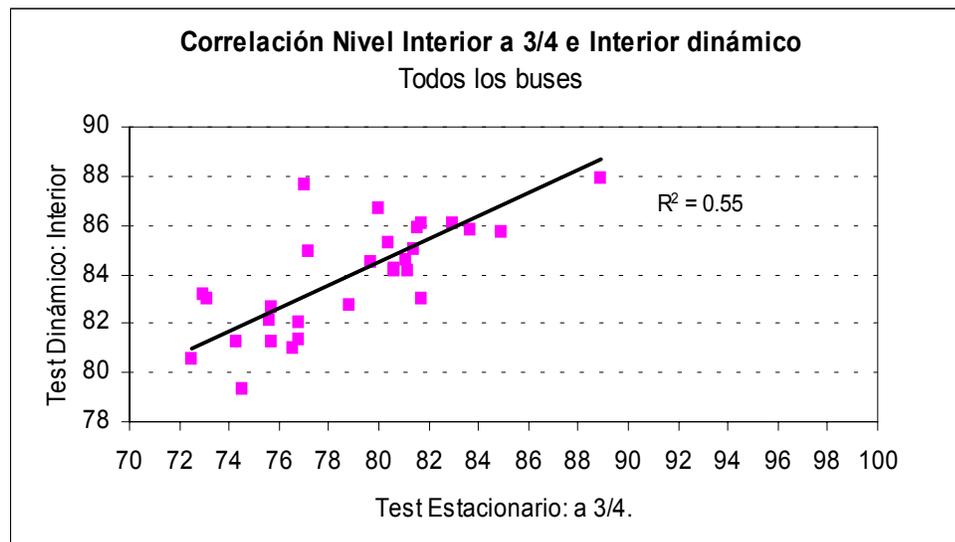
**Fig. 7.3 Correlación Lmáx dinámico vs. Escape estacionario a 3/4 RPM**

Existe una baja correlación para los niveles de escape medidos a  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima comparados con el valor  $L_{m\acute{a}x}$  del test dinámico. Este indica la poca representatividad que tienen los niveles de ruido de escape medidos en forma estacionaria con respecto a los niveles que se perciben en el exterior cuando el bus está en movimiento.

Los rangos de variación son 81 a 87 dBA para el ensayo dinámico y 78 a 95 dBA para el ensayo estacionario. En la Fig.7.4, que correlaciona los niveles de motor a  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima con los valores  $L_{m\acute{a}x}$  del test dinámico, se aprecia también una alta dispersión.



**Fig. 7.4 Correlación  $L_{m\acute{a}x}$  dinámico vs. Motor estacionario a  $\frac{3}{4}$  RPM**



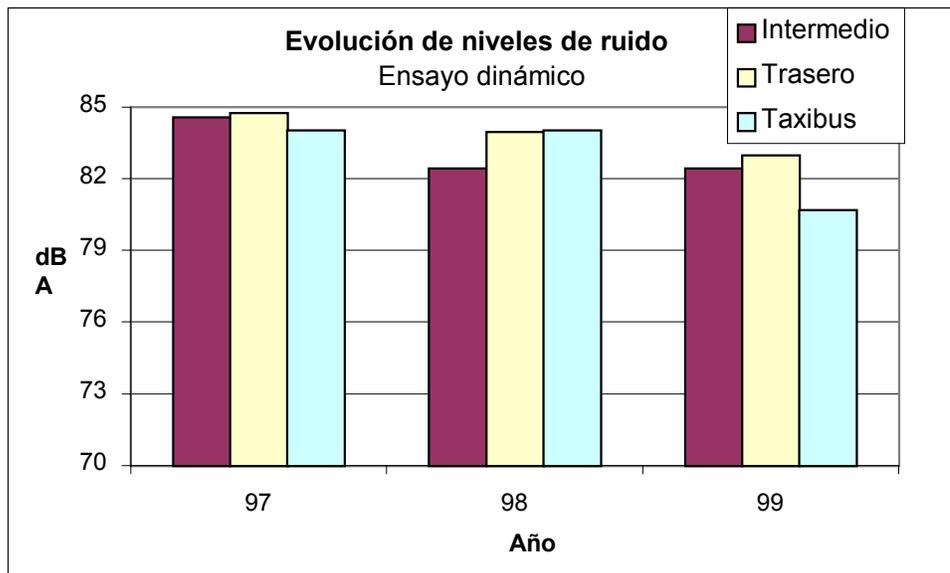
**Fig. 7.5 Correlación Interior dinámico e Interior estático a  $\frac{3}{4}$  RPM**

La correlación de los niveles interiores dinámico y estático medido a  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima muestran una correlación mayor, lo que implica que los niveles medidos al interior del bus en forma estacionaria pueden ser representativos para los niveles medidos en el test dinámico donde el bus se encuentra en movimiento.

Los rangos de variación de ambos parámetros son diferentes. Para un bus silencioso, los niveles típicos son 82 dBA con ensayo dinámico y 74 dBA con ensayo estacionario. Para un bus ruidoso, los valores típicos son 86 dBA con ensayo dinámico y 83 dBA con ensayo estacionario.

### 7.1.3 Correlación con la edad de los buses

La evolución de niveles de ruido con el tiempo difiere según los estratos, como se aprecia en la figura 7.6. Este gráfico muestra los promedio de los valores obtenidos en el test dinámico para 3 estratos de buses, que muestran una tendencia positiva por su año de fabricación.



**Fig. 7.6 Niveles por ensayo dinámico vs. Año de fabricación, para estratos Intermedio, Trasero y Taxibuses**

Se observa una disminución de los niveles para los buses modelo 1999, especialmente los taxibuses. En el caso de los buses, los modelos son prácticamente los mismos y disminuyen su nivel aproximadamente 1 dB por año. En cambio, en 1999 se observa una disminución brusca de 5 dB debido a que aparece un modelo de taxibus notoriamente más silencioso.

Un caso inverso se produce con el modelo OH-1420, cuyos niveles de ruido empeoran en los años recientes, como muestra la figura siguiente.

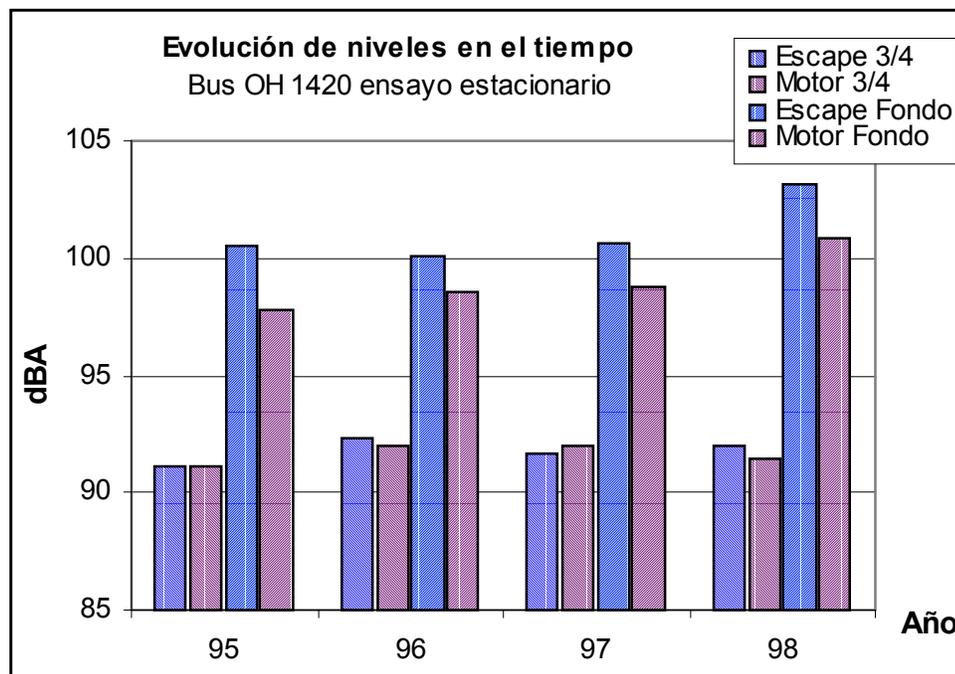


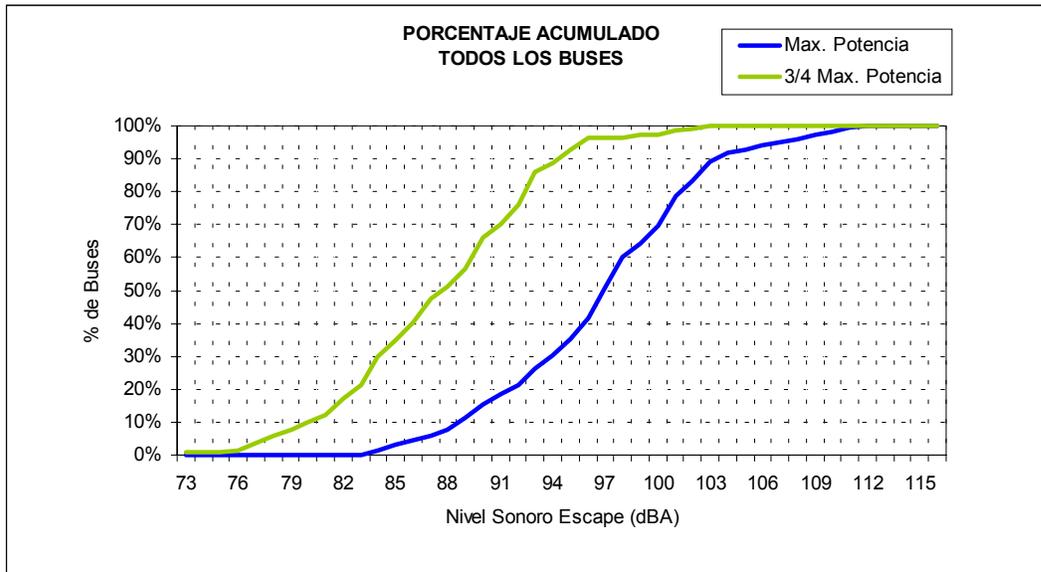
Fig. 7.7 Niveles de ruido para modelo OH –1420 según año de fabricación

## 7.2 Correlación de resultados de ensayos estacionarios

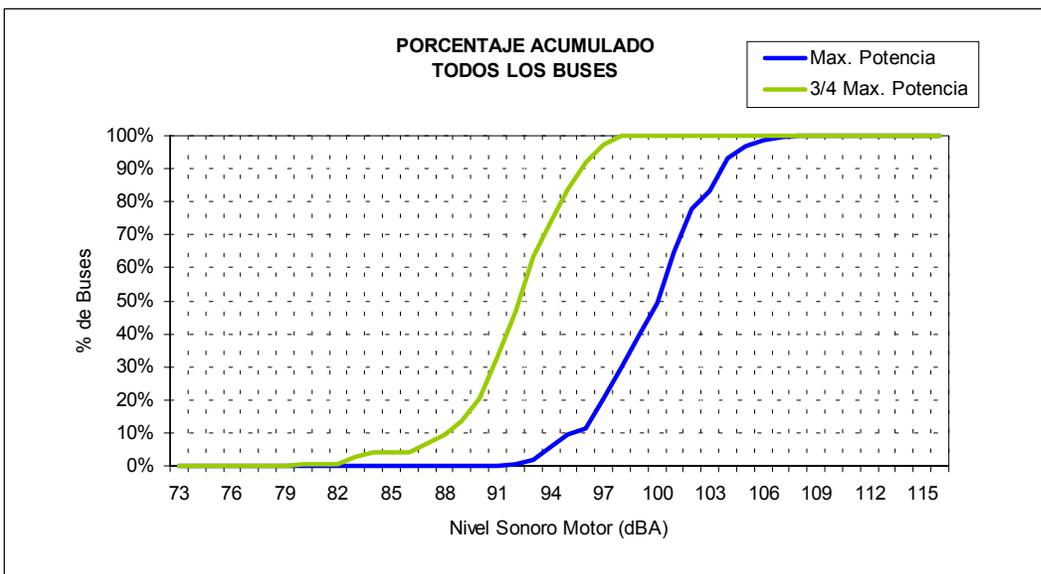
### 7.2.1 Comparación entre regímenes a $\frac{3}{4}$ y máx. RPM

En los gráficos siguientes se muestran las distribuciones acumulativas para la población total de buses de los resultados del ensayo estacionario a diferentes regímenes de RPM:

- $\frac{3}{4}$  de las RPM para potencia máxima
- máx. RPM (aceleración libre)



**Fig. 7.8 Distribución acumulativa de Nivel de Ruido de Escape**



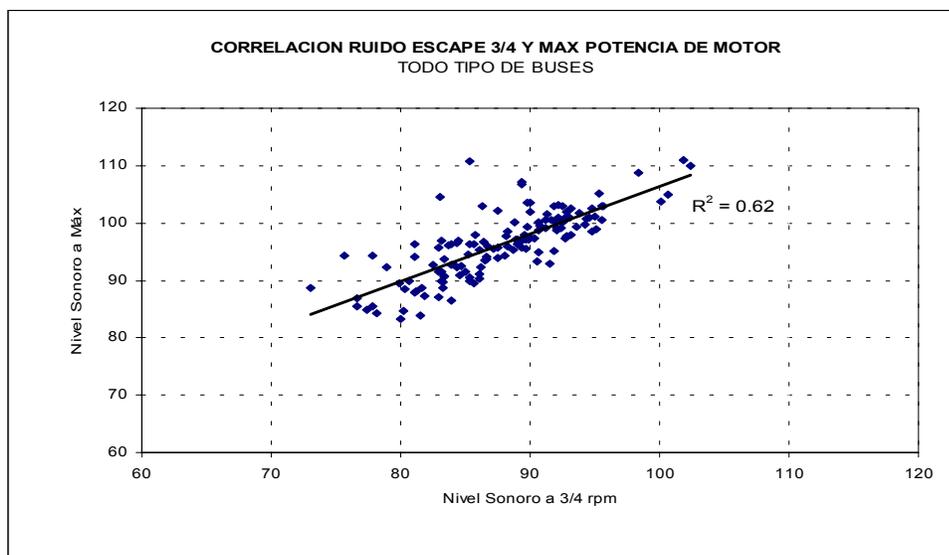
**Fig. 7.9 Distribución acumulativa de Nivel de Ruido de Motor**

De los gráficos anteriores se observa que los niveles medidos a  $\frac{3}{4}$  de la máxima potencia y los medidos en aceleración libre, presentan curvas muy regulares que se encuentran desplazadas entre 6 y 9 dBA, donde las mediciones de ruido de motor muestran una menor dispersión de niveles y por lo tanto una pendiente más pronunciada con respecto a las curvas de niveles de escape.

En la posición de escape, la diferencia para el 50 % de los buses es de 10 dBA, con un rango de 87 a 97 dBA. En la posición de motor, la diferencia para el 50 % de los buses es de 8 dBA, con un rango de 92 a 100 dBA.

Se observa también que cerca de un 10 % de los buses es considerablemente más ruidoso en el escape que el promedio.

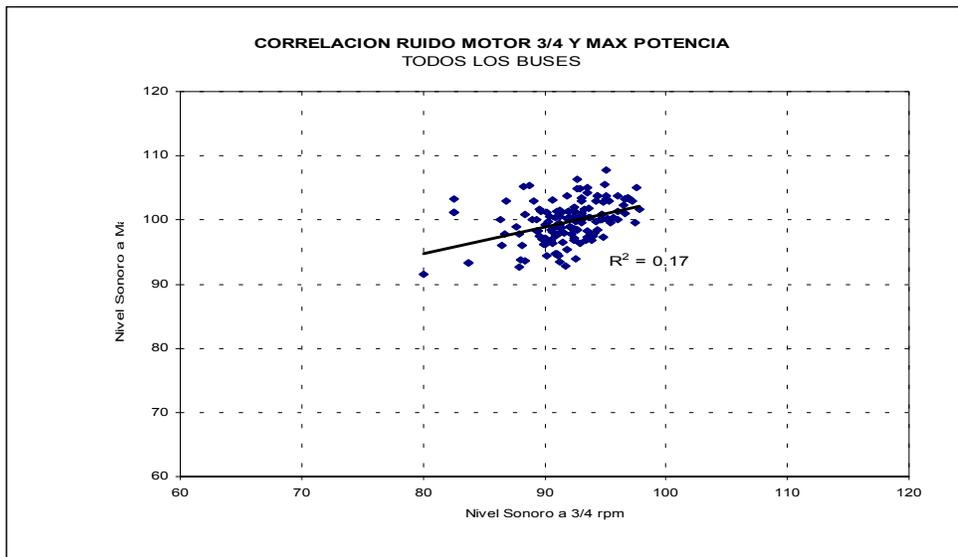
En el gráfico siguiente se muestra la correlación de niveles de escape para muestras individuales.



**Fig. 7.10 Correlación de Niveles de Ruido de Escape para ¾ y máx. RPM**

La correlación entre ambos ensayos es elevada, manteniéndose una diferencia de alrededor de 10 dB entre ambos valores.

Algunos valores elevados para máx. RPM presentan valores moderados para ¾ RPM, debido a ruido de correas que sólo ocurre a máx. RPM en los modelos con motor trasero.

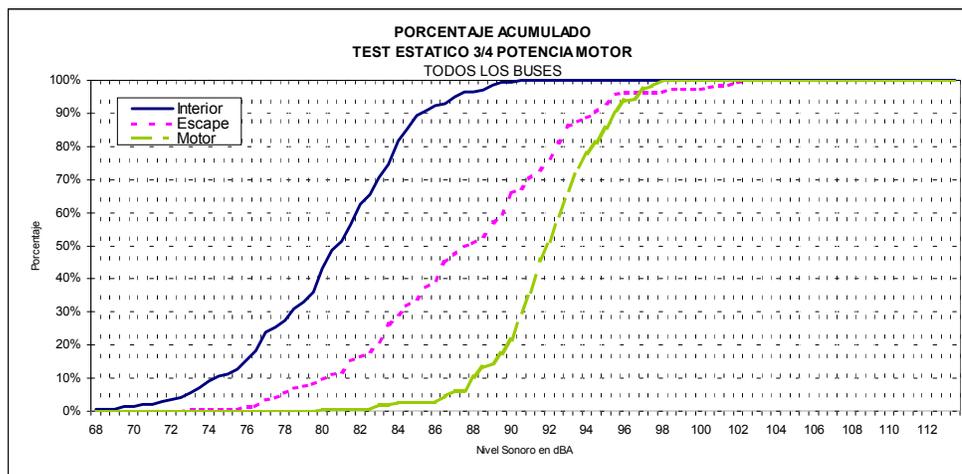


**Fig. 7.11 Correlación de Niveles de Ruido de Motor para ¾ y máx. RPM**

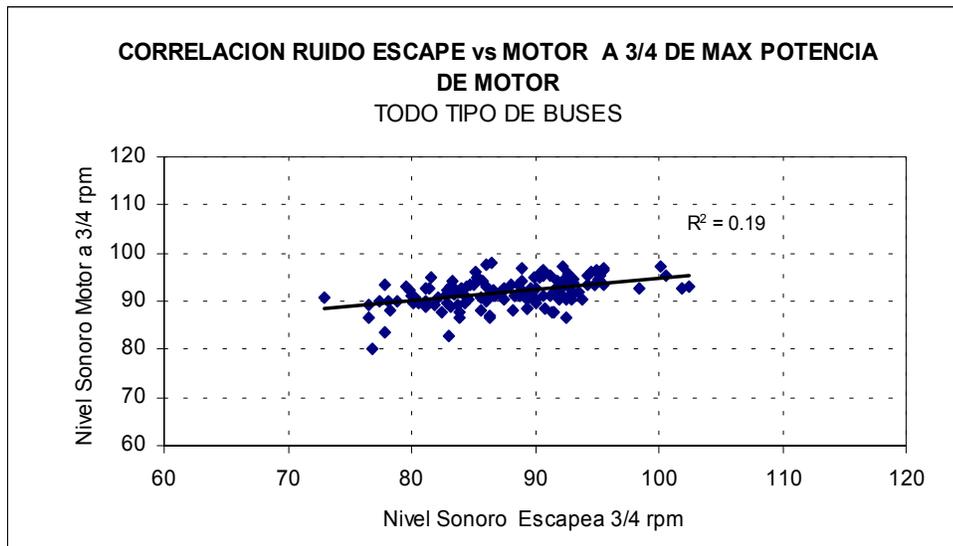
De este gráfico se puede observar que no existe una relación lineal entre los niveles de ruido de motor medidos a las distintas velocidades de motor. Esto se debe a que los niveles generados por el motor no sufren un incremento lineal, sino que se estabilizan en un rango definido. Estos niveles se ubican dentro de un rango entre 80 a 98 dBA para ¾ de la potencia max de motor y 92 a 108 dBA para aceleración libre.

### 7.2.2 Comparación de posiciones de medición

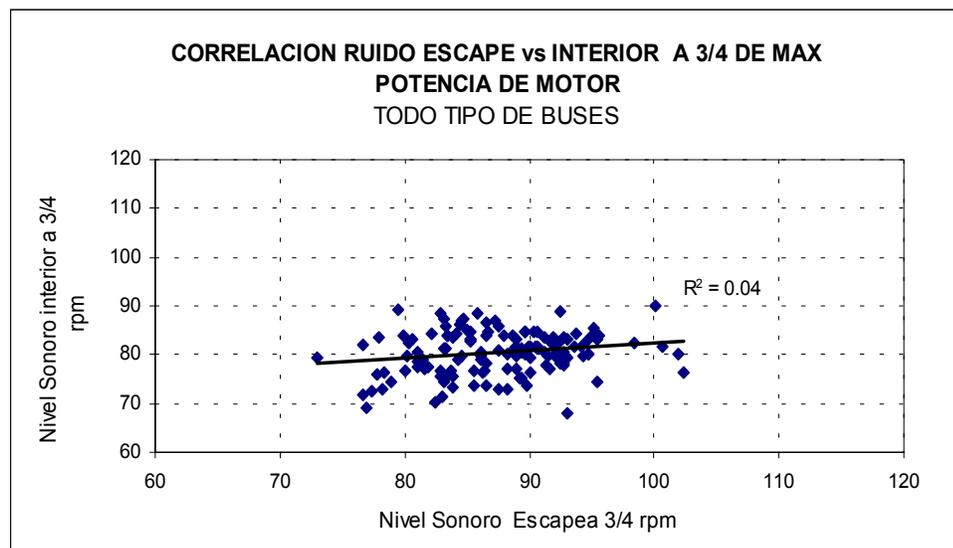
En el gráfico siguiente se comparan los resultados para la población total de buses según la posición de medición.



**Fig. 7.12 Distribución acumulativa de Nivel a ¾ RPM, para Interior, Escape y Motor**



**Fig. 7.13 Correlación entre Niveles de Ruido de Motor y Escape para ¾ RPM**



**Fig. 7.14 Correlación entre Niveles de Ruido de Interior y Escape para ¾ RPM**

La escasa correlación entre las posiciones de micrófono motor e interior y de escape indica que cada una mide fuentes distintas e independientes.

La correlación entre interior y motor es algo mayor, como se muestra en el gráfico siguiente.

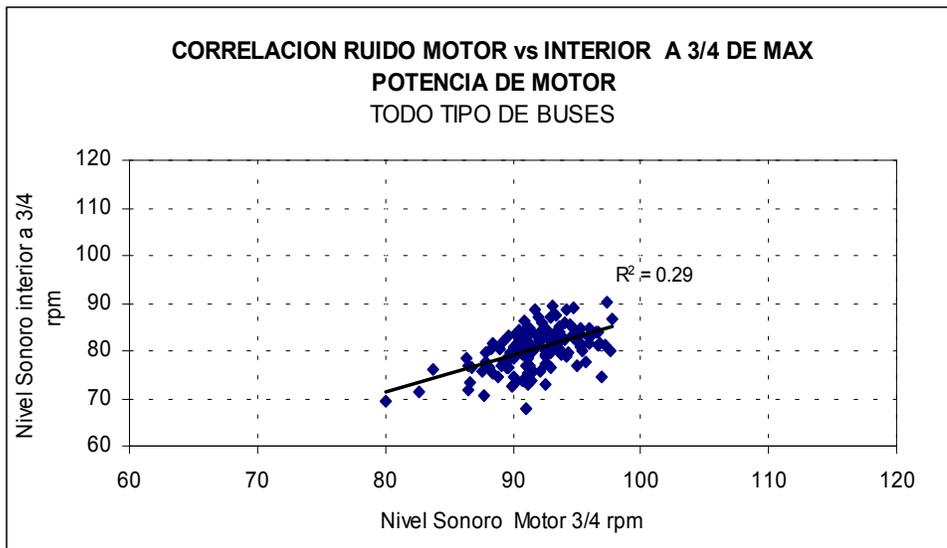


Fig. 7.15 Correlación entre Niveles de Ruido de Interior y Motor para 3/4 RPM

### 7.2.3 Comparación por ubicación del motor

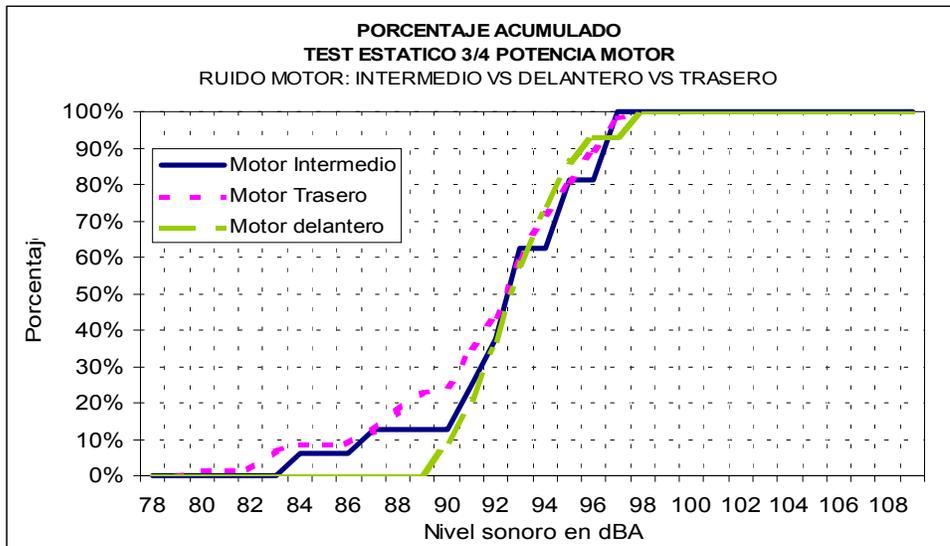
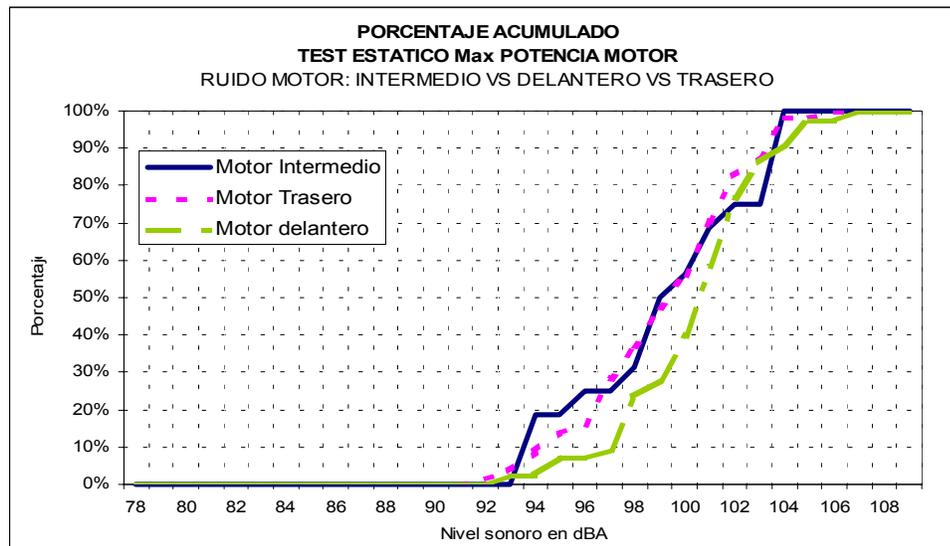


Fig. 7.16 Distribución ruido de motor a 3/4 RPM, para ubicaciones de motor Intermedio, Trasero y Delantero

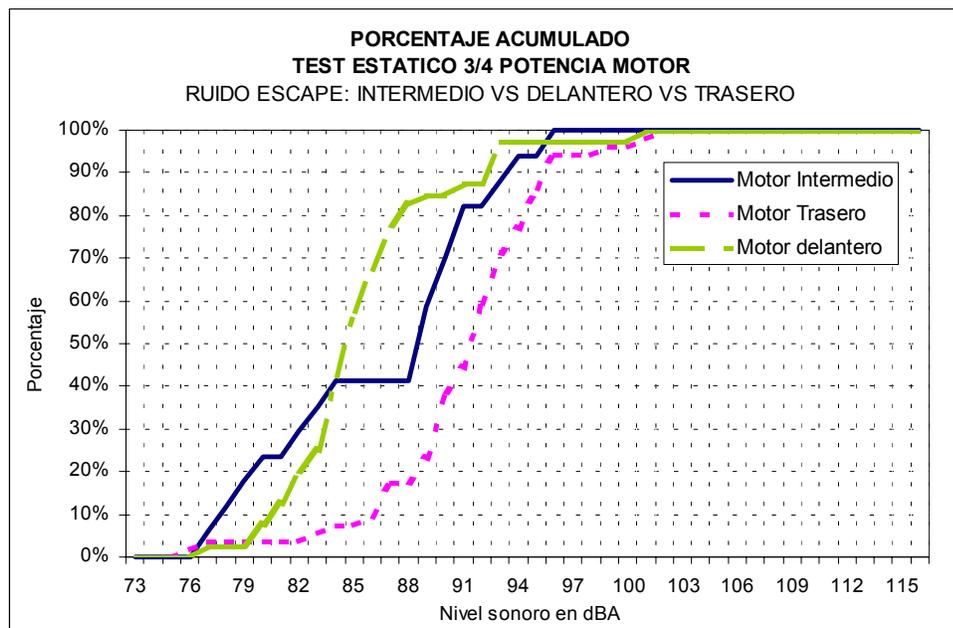
Se observa una escasa diferencia entre los estratos según posición del motor. Para el 50 % de cada estrato el Nivel de Motor es 92,5 dBA. Solamente para bajos niveles de emisión se separan los estratos, con ausencia de muestras para buses con motor delantero.



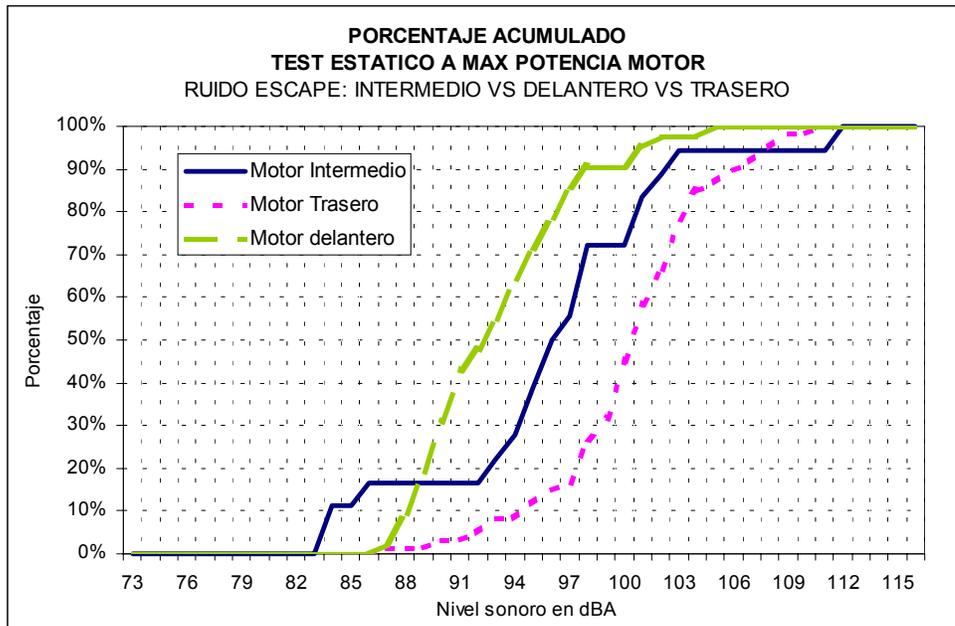
**Fig. 7.17 Distribución ruido de motor a máx. RPM, para ubicaciones de motor Intermedio, Trasero y Delantero**

Se observan escasas diferencias, con 99 dBA, para Motor Intermedio y Trasero, y 100,5 dB para motor delantero, para el 50 % de las muestras.

En cuanto al ruido de escape, los siguientes gráficos comparan las 3 posiciones de motor.



**Fig. 7.18 Distribución ruido de escape a 3/4 RPM, para ubicaciones de motor Intermedio, Trasero y Delantero**

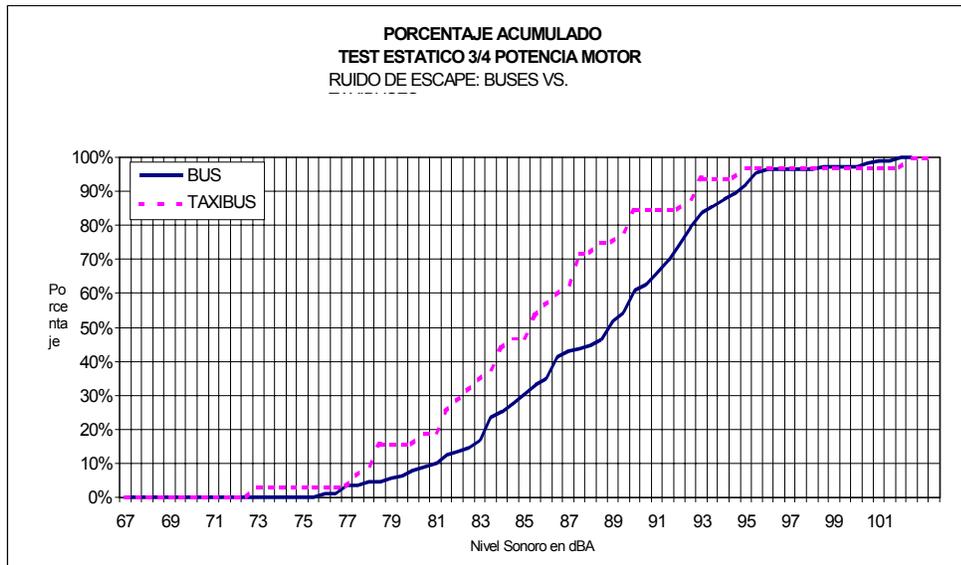


**Fig. 7.19 Distribución ruido de escape a máx. RPM, para ubicaciones de motor Intermedio, Trasero y Delantero**

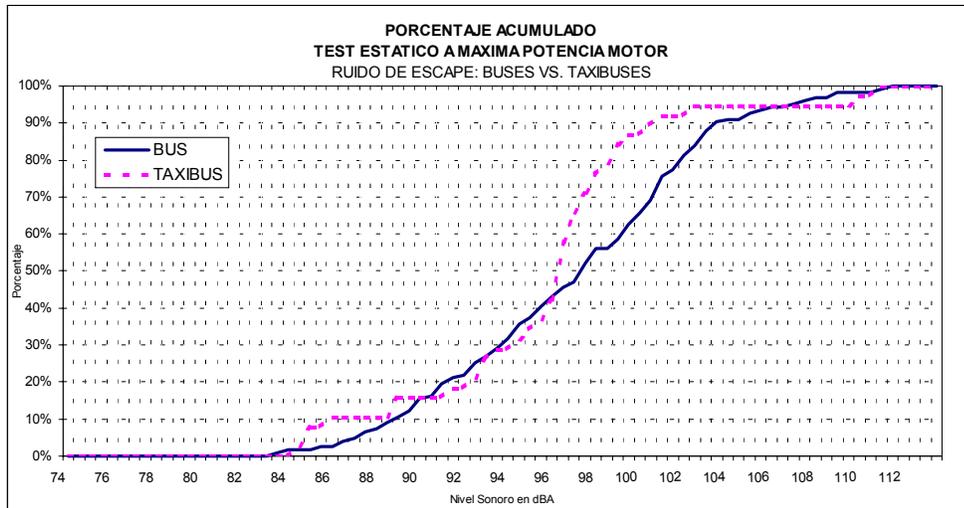
Se observan diferencias importantes, debido a que la posición de escape está a diferentes distancias del motor, indicando que este parámetro no sólo evalúa la emisión de escape, sino también está influenciado significativamente por la emisión de motor.

#### 7.2.4 Comparación por peso de los buses

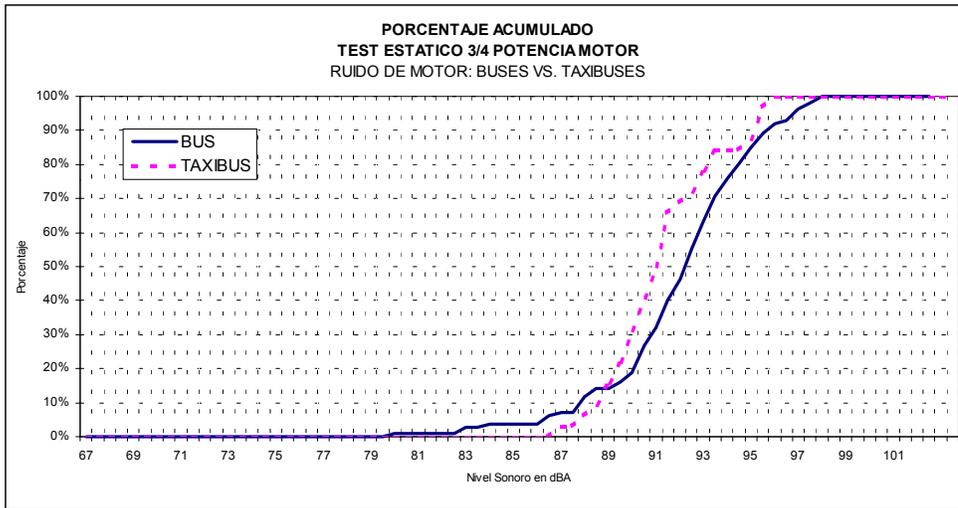
Los siguientes gráficos comparan las distribuciones acumulativas para buses y taxibuses, de varios parámetros.



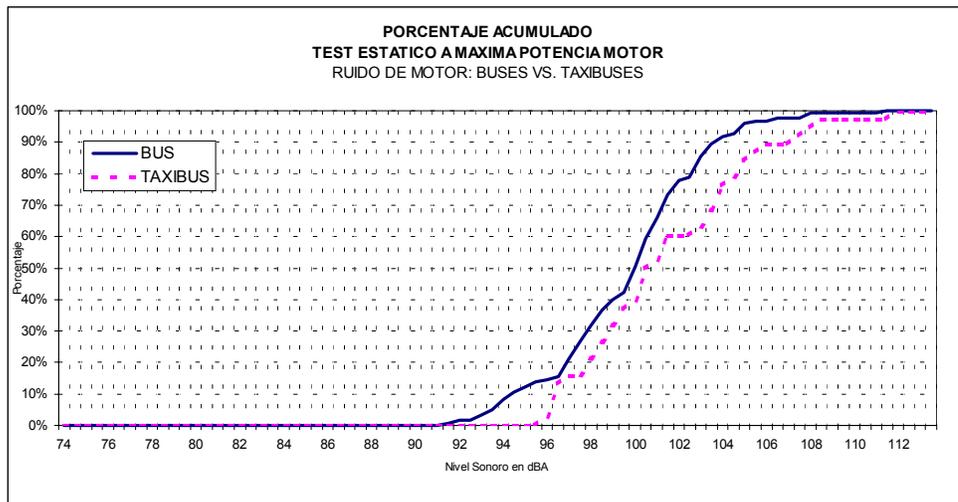
**Fig. 7.20 Distribución acumulativa Nivel Escape a 3/4 RPM, para buses y taxibuses**



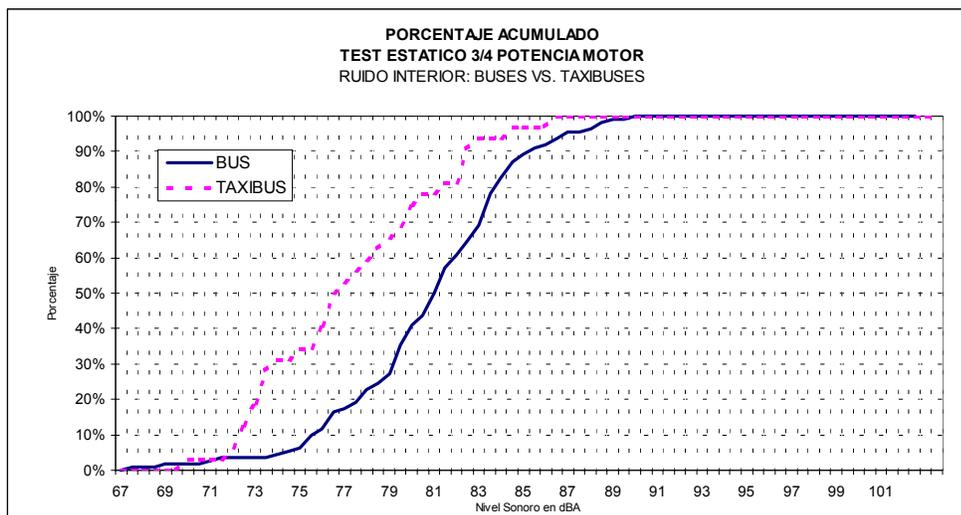
**Fig. 7.21 Comparación del Nivel Escape a máx. RPM, para buses y taxibuses**



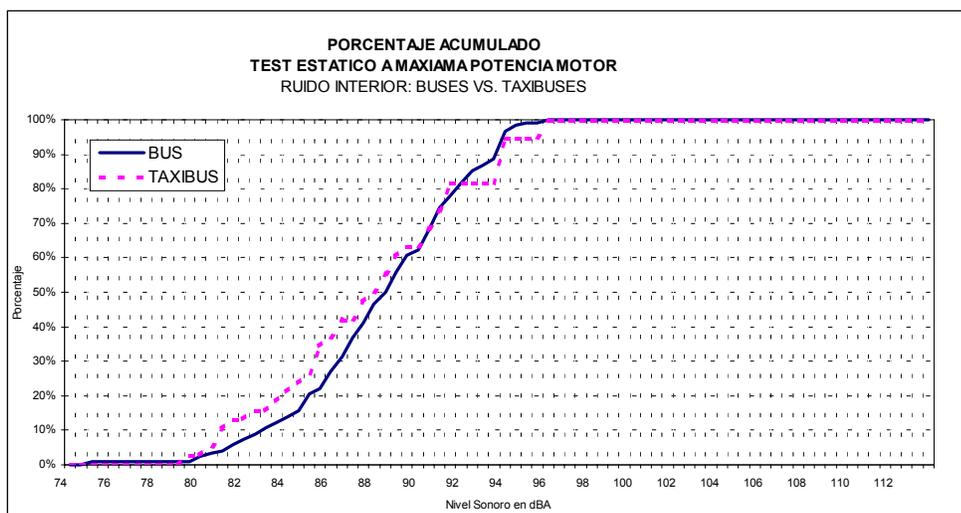
**Fig. 7.22 Comparación del Nivel Motor a 3/4 RPM, para buses y taxibuses**



**Fig. 7.23 Comparación del Nivel Motor a máx. RPM, para buses y taxibuses**



**Fig. 7.24 Comparación del Nivel Interior a 3/4 RPM, para buses y taxibuses**



**Fig. 7.25 Comparación del Nivel Interior a máx. RPM, para buses y taxibuses**

De las figuras anteriores se observa una sostenida diferencia entre buses y taxibuses. En la siguiente tabla se muestran los valores para el 50 % del universo muestreado, arrojando una media de 1,9 dB mayor para los buses.

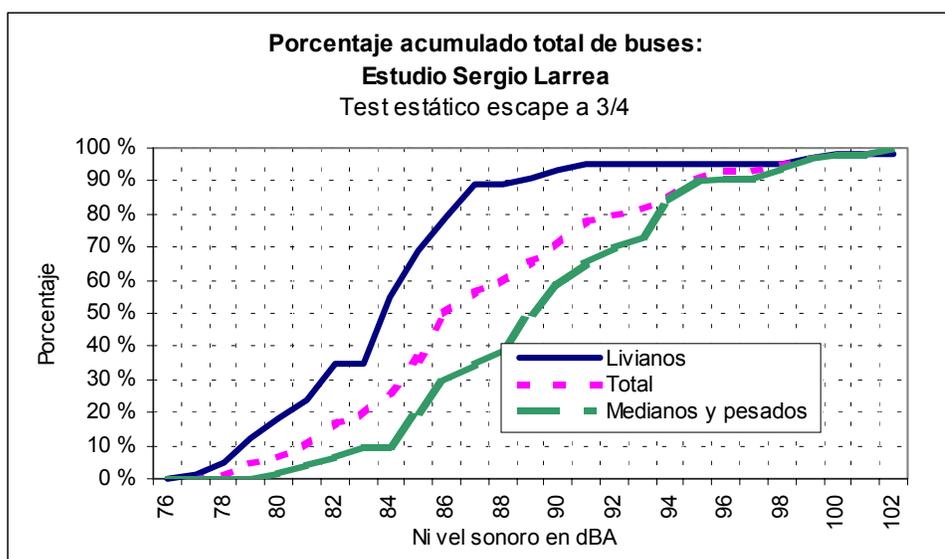
**Tabla 7.1 Niveles comparativos para 50% de buses y taxibuses**

Ensayo	Nivel 50% muestras Buses	Nivel 50% muestras Taxibuses	Diferencia dBA
Escape ¾ RPM	89	85,5	3,5
Escape máx. RPM	97,5	96,5	1
Motor ¾ RPM	92	91	1
Motor máx. RPM	101	100	1
Interior ¾ RPM	81	76,5	4,5
Interior máx. RPM	89	88,5	0,5
<b>Promedio</b>			<b>1,9</b>

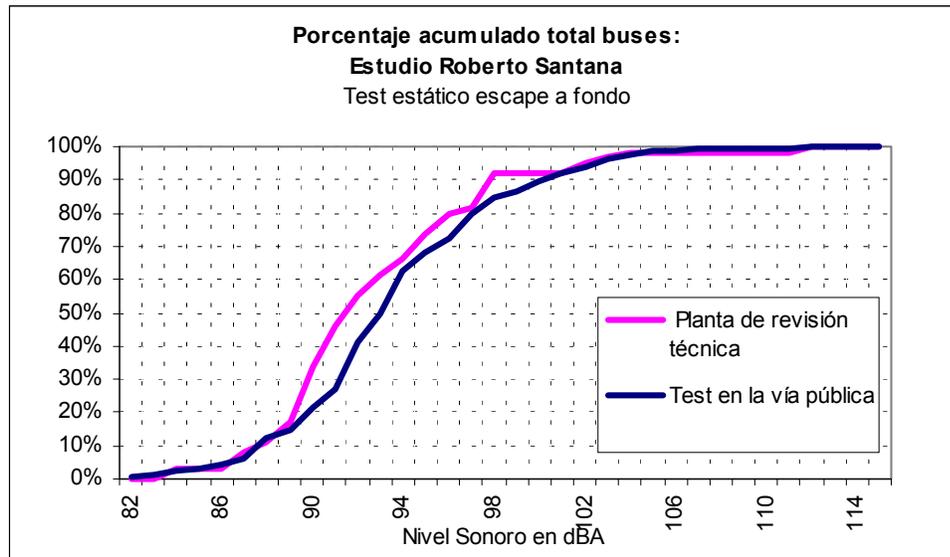
### 7.2.5 Comparación con resultados anteriores

Las siguientes figuras presentan los resultados globales de dos estudios de ruido sobre la locomoción colectiva en nuestro país: "Caracterización de la flota de buses de Santiago en cuanto a emisiones de ruido de tubo de escape y proposición de norma" de Sergio Larrea [8] y "Evaluación de las emisiones de ruido del sistema de escape de vehículos diesel en la región Metropolitana" de Roberto Santana [9].

Para simplificar el análisis comparativo de estos estudios con los resultados presentados en este informe, se grafican éstos en forma de porcentajes acumulados.

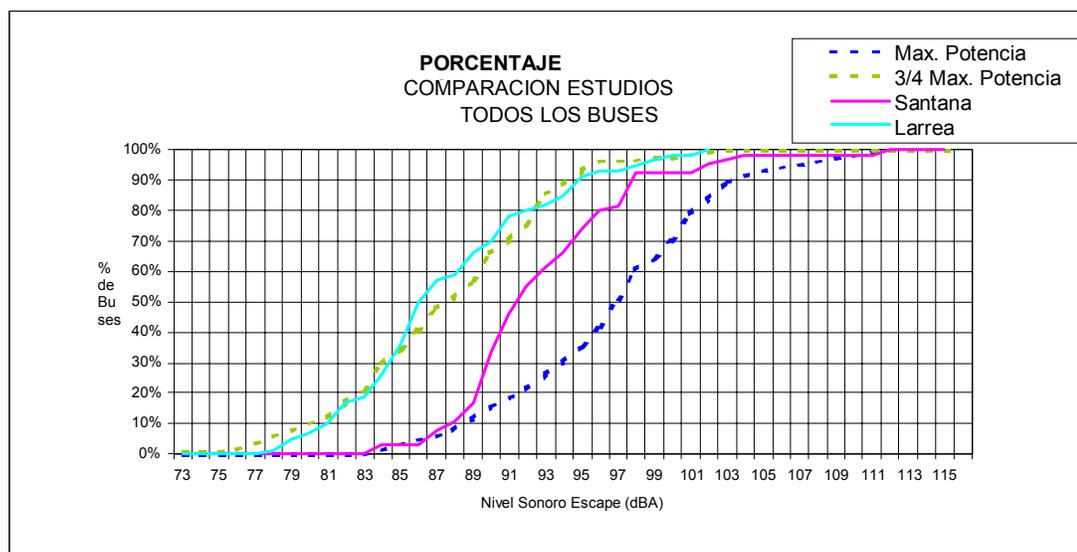


**Fig. 7.26 Distribución de niveles de escape en 1993 (Larrea)**



**Fig. 7.27 Distribución de niveles de escape en 1994 (Santana)**

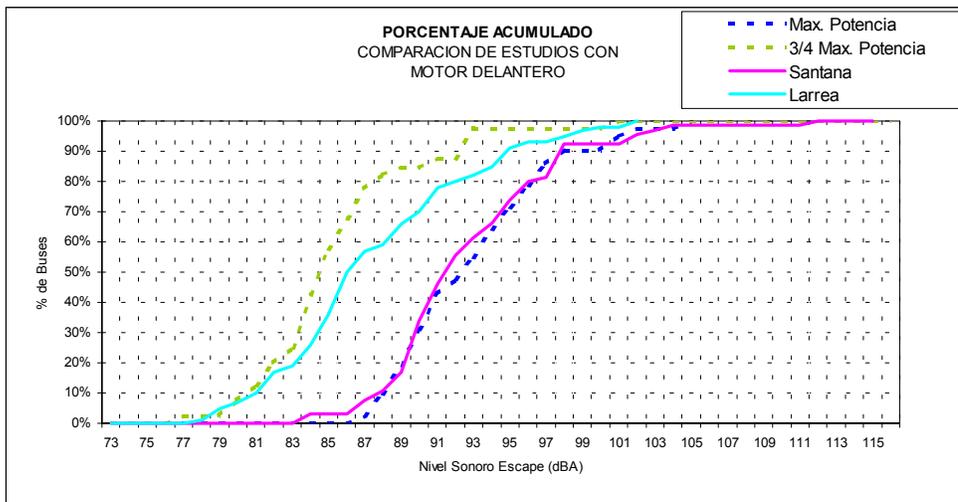
Resulta de interés superponer los resultados globales de estos estudios anteriores con los nuevos resultados obtenidos en este estudio. Cabe decir que el estudio realizado por Larrea contiene mediciones de ruido de escape sobre el procedimiento ISO 5130 medidos a la velocidad de motor de  $\frac{3}{4}$  de la potencia máxima. Por otro lado, los antecedentes que entrega el estudio de Santana también aportan información sobre mediciones de ruido de escape con el procedimiento ISO 5130 pero medidos en aceleración libre. Esto nos permite comparar nuestros resultados a diversas potencias de motor.



**Fig. 7.28 Comparación de estudios para todo tipo de buses**

La curva de distribución actual para  $\frac{3}{4}$  RPM coincide con las obtenidas por Larrea en 1993. En cambio, la curva de distribución actual para máx. RPM no coincide con las obtenidas por Santana en 1994, la que presenta una pendiente mayor (menor rango de dispersión).

Con el objeto de analizar esta discrepancia, se grafica la curva actual sólo para el estrato "Motor Delantero", predominante en 1994, obteniéndose curvas casi coincidentes.



**Fig. 7.29 Comparación de estudios para buses con motor delantero**

## 8. PROPOSICION DE NORMATIVA

### 8.1 Proposición de métodos

Los ensayos propuestos son idénticos o similares a los descritos por la norma ISO 362, para ensayos dinámicos y por la ISO 5130, para ensayos estacionarios.

Los ensayos dinámicos sólo se aplicarían en la instancia de homologación de un modelo. En cambio, los ensayos estacionarios se aplicarían tanto en la homologación como en la verificación periódica del estado de deterioro de los vehículos.

El ensayo dinámico permite establecer el nivel de emisión exterior con un método idéntico al aplicado en la norma ISO 362. Además, con el mismo procedimiento de ensayo, se obtiene un parámetro no descrito por la norma, para evaluar los niveles interiores.

El ensayo estacionario se propone con 2 alternativas: a  $\frac{3}{4}$  de la velocidad de giro para máx. potencia (como se describe en ISO 5130) o a la velocidad de giro máxima (como se describe en el Anexo de ISO 5130). En cada una de las alternativas se mide en 3 posiciones, para representar la emisión de escape, emisión de motor y nivel interior, respectivamente.

La primera alternativa es más precisa y repetible, pero requiere medición de las RPM, por lo que tiene mayor costo en infraestructura y tiempo de ensayo. La segunda alternativa puede realizarse sin medición de RPM, en aceleración libre, similar al procedimiento para emisión de gases. En ambos casos, se agrega a las posiciones de medición de ISO 5130, la posición interior bajo las mismas condiciones de operación.

Se consideran en total 8 parámetros, definidos según el tipo de ensayo y el punto de medición, de acuerdo a siguiente esquema.

**Tabla 8.1 Parámetros utilizados para evaluar la emisión de ruido**

Parámetro	Tipo de ensayo	Punto de medición	Norma del procedimiento
Nivel máximo interior	Dinámico	Centro de cabina	ISO 362 (parcial)
Nivel máximo exterior	Dinámico	7,5 m del eje	ISO 362
Nivel escape a $\frac{3}{4}$ RPM	Estacionario	0,5 m escape	ISO 5130
Nivel escape a máx. RPM	Estacionario	0,5 m escape	ISO 5130 (parcial)
Nivel motor a $\frac{3}{4}$ RPM	Estacionario	0,5 m costado	ISO 5130 Anexo (parcial)
Nivel motor a máx. RPM	Estacionario	0,5 m costado	ISO 5130 Anexo
Nivel interior a $\frac{3}{4}$ RPM	Estacionario	Centro cabina	ISO 5130 Anexo (parcial)
Nivel interior a máx. RPM	Estacionario	Centro cabina	ISO 5130 Anexo (parcial)

Los criterios para incluir estos parámetros son los siguientes:

- Procedimiento de medición estándar o casi estándar, reproducibles por cualquier proveedor nacional o extranjero
- Incluir parámetros que consideren inmisión sobre pasajeros y no pasajeros
- Incluir parámetros que consideren todas las fuentes
- Representar condiciones más probables de operación
- Incluir parámetros de fácilmente verificables
- Incluir parámetros que representen el deterioro
- Incluir alternativas para diferente disponibilidad de recursos técnicos

Las ventajas y desventajas de incluir cada uno de los parámetros se resumen en la tabla siguiente:

**Tabla 8.2 Ventajas y desventajas de los parámetros utilizados**

<b>Parámetro</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Nivel máximo interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa inmisión de pasajeros y conductor</li> <li>• Se obtiene durante test dinámico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se menciona en normas ISO</li> </ul>
Nivel máximo exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándar internacional</li> <li>• Incluye todas las fuentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere infraestructura especial, no compatible con revisión técnica</li> <li>• No representa peores condiciones</li> </ul>
Nivel escape a $\frac{3}{4}$ RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándar internacional</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> <li>• Representa estado de mantención del escape</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No incluye ruido de motor</li> <li>• Requiere tacómetro</li> </ul>
Nivel escape a máx. RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil de obtener y verificar sin tacómetro</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> <li>• Representa estado de mantención del escape</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No coincide exactamente con norma ISO</li> <li>• Representa condiciones extremas atípicas</li> </ul>
Nivel motor a $\frac{3}{4}$ RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa condiciones típicas de inmisión de peatones</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No coincide exactamente con norma ISO</li> <li>• Requiere tacómetro</li> </ul>
Nivel motor a máx. RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estándar internacional</li> <li>• Fácil de obtener y verificar sin tacómetro</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa condiciones extremas atípicas</li> </ul>

Nivel interior a $\frac{3}{4}$ RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa inmisión de pasajeros y conductor</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No coincide exactamente con norma ISO</li> <li>• Requiere tacómetro</li> </ul>
Nivel interior a máx. RPM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa inmisión de pasajeros y conductor</li> <li>• Fácil de obtener y verificar sin tacómetro</li> <li>• Compatible con revisión técnica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representa condiciones extremas atípicas</li> <li>• No coincide exactamente con norma ISO</li> </ul>

Como criterio general se propone incluir todos los parámetros en la normativa, pero dejar abierta la opción de aplicar sólo algunos en la medida que la capacidad de fiscalización lo permita técnicamente y lo justifique económicamente.

## 8.2 Proposición de límites

Se propone un esquema de límites que cubre todos los buses, tanto existentes como nuevos que ingresan al parque, aumentando gradualmente las exigencias.

Los vehículos actualmente en circulación estarían sometidos sólo a los ensayos estacionarios, con límites que afectan sólo a los más defectuosos.

Los vehículos nuevos se someterían a homologación, de modo que al inicio de aplicación de la normativa los límites afectarían levemente a algunos modelos actualmente comercializados

A contar de 4 años los límites descienden 3 dBA y a contar de 9 años descienden 6 dBA con respecto al inicio de aplicación de la normativa.

**Tabla 8.3 Esquema de límites en dBA propuestos para buses existentes a enero 2001**

Ensayo:	Estacionario					
	Escape		Motor		Interior	
	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
Buses Medianos y Pesados	94	103	97	106	87	94
Buses livianos (taxibuses)	92	101	95	104	85	92

Nótese que estos límites ya consideran el factor de deterioro y, por lo tanto, no son directamente comparables a los límites de ingreso para buses nuevos.

**Tabla 8.4 Esquema de límites en dBA propuestos para el ingreso de nuevos buses Medianos y Pesados.**

Ensayo: Punto de medición: Condición vehículo:	Dinámico		Estacionario					
	Interior	Exterior	Escape		Motor		Interior	
	50 km/hr		$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
Ingreso desde enero 2001	84	84	89	95	92	98	82	88
Ingreso desde enero 2005	81	81	86	92	89	95	79	95
Ingreso desde enero 2010	78	78	83	89	86	92	76	82

No se considera una diferencia entre buses medianos y pesados, ya que la mayoría del parque se encuentra en el límite entre medianos y pesados (14 ton.), sin diferencias significativas en las emisiones de ruido.

Para buses livianos se propone reducir los límites en 2 dBA por parejo, de modo que resultan los siguientes valores.

**Tabla 8.5 Esquema de límites propuestos para el ingreso de nuevos buses Livianos.**

Ensayo: Punto de medición: Condición vehículo:	Dinámico		Estacionario					
	Interior	Exterior	Escape		Motor		Interior	
	50 km/hr		$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
Ingreso desde enero 2001	82	82	87	93	90	96	80	86
Ingreso desde enero 2005	79	79	84	90	87	93	77	83
Ingreso desde enero 2010	76	76	81	87	84	90	74	80

Para la verificación de emisiones de buses en uso, el límite será:

el valor de medido al momento de ser homologado el modelo, más un diferencial de 5 dBA.

Nótese que estos valores son diferentes para cada modelo y difieren de los indicados en las tablas.

### 8.3 Proposición de texto

Se propone el siguiente texto para el decreto:

**Artículo 1°** : *Apruébase el proyecto de Revisión de Norma de Emisión para Ruido, contenida en el Decreto Supremo N° 122 de 1991 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, cuyo texto es del siguiente tenor:*

#### **I. OBJETIVOS**

N°1.- *La presente norma establece los límites de emisiones de ruido para buses livianos, medianos y pesados, inscritos en el Registro de Servicios de Transporte Público.*

#### **II. DEFINICIONES**

N°2.- *Para efectos de la presente norma, los términos que se señalan a continuación tendrán el significado indicado:*

- a) **Acelerador**: *mecanismo que regula la velocidad de giro del motor de un vehículo.*
- b) **Anemómetro**: *instrumento que mide la velocidad horizontal del viento con una resolución de 0,1 metros por segundo (m/s)*
- c) **Bus**: *vehículo de 18 o más asientos, incluido el del conductor, propulsado generalmente mediante motor de combustión interna.*
- d) **Bus liviano**: *bus con no más de 26 asientos, incluido el del conductor, y con un peso bruto vehicular inferior a 10 ton.*
- e) **Bus mediano**: *bus con no más de 26 asientos, incluido el del conductor, y con un peso bruto vehicular igual o superior a 10 ton., pero inferior a 14 ton.*
- f) **Bus pesado**: *bus con más de 26 asientos, incluido el del conductor, y con un peso bruto vehicular igual o superior a 14 ton.*
- g) **Calibrador acústico**: *instrumento que genera un sonido de un Nivel Sonoro determinado, que cumple con la Clase 1 según la norma IEC 60942, acreditado mediante certificado vigente.*
- h) **Condiciones normales**: *condición de operación a temperatura de trabajo, con plena operación de los elementos anexos al motor (alternador, compresor, ventilador, etc.), sin pasajeros, con ventanas y puertas cerradas.*
- i) **Ensayo dinámico**: *ensayo para medir la emisión de ruido que se realiza con el vehículo en movimiento rectilíneo sobre una pista de prueba horizontal, bajo condiciones normales.*

- j) **Ensayo estacionario:** ensayo para medir la emisión de ruido de un vehículo que se realiza con el vehículo y el tren de fuerza detenidos, con el motor en funcionamiento bajo condiciones normales.
- k) **Gobernador:** mecanismo que limita la velocidad de giro de un motor.
- l) **Homologación:** procedimiento mediante el cual se certifica que un modelo de vehículo motorizado cumple las normas técnicas vigentes emanadas del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- m) **Modelo:** familia de vehículos cuyas características de chasis, carrocería, equipamiento y accesorios son idénticas a las declaradas al Ministerio.
- n) **Nivel de Emisión de Ruido de Escape:** valor obtenido mediante el Ensayo Estacionario en la posición de escape.
- o) **Nivel de Emisión de Ruido de Motor:** valor obtenido mediante el Ensayo Estacionario en la posición de motor.
- p) **Nivel de Emisión de Ruido Exterior:** valor obtenido mediante el Ensayo Dinámico en las posiciones exteriores del bus.
- q) **Nivel de Emisión de Ruido Interior Estacionario:** valor obtenido mediante el Ensayo Estacionario en la posición interior del bus.
- r) **Nivel de Emisión de Ruido Interior Dinámico:** valor obtenido mediante el Ensayo Dinámico en la posición interior del bus.
- s) **Nivel de Presión Sonora (NPS):** es la relación siguiente, expresada en decibeles (dB):

$$NPS = 20 \log (p_1/p_0)$$

en que  $p_1$  es el valor efectivo de la presión sonora medida y  $p_0$  es el valor efectivo de la presión sonora de referencia  $2 \times 10^{-5}$  Pa.

- t) **Nivel de Presión Sonora Máximo (NPSmáx):** es el Nivel de Presión Sonora con respuesta "Fast" más alto registrado durante el período de medición.
- u) **Pista de prueba:** Superficie pavimentada horizontal de acuerdo a la norma ISO 10844, simétrica con respecto al eje de circulación, de ancho superior a 3 m. entre 20 m. antes y 20 m. después del punto central y ancho superior a 20 m. entre 10 m. antes y 10 m. después de punto central.
- v) **Planta revisora:** establecimiento autorizado para practicar revisiones técnicas de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 4° de la Ley 18.696.
- w) **Proveedor:** fabricante, armador, importador o distribuidor de buses, o sus representantes legales en Chile.

- x) **Punto central:** punto de la pista de prueba ubicado en el eje de dicha pista, tal que en un radio de 10 m. se encuentra pavimentada y en un radio de 50 m. se encuentra libre de obstáculos tales como muros, edificios, rocas u otros..
- y) **Ruido de fondo:** es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por el vehículo a ensayar, medido de acuerdo al D.S. 146.97.
- z) **Servicio urbano:** servicio de transporte de pasajeros que prestan vehículos de locomoción colectiva al interior de las ciudades o de conglomerados de ciudades cuyos contornos urbanos se han unido.
- aa) **Sonómetro:** instrumento de medición de Nivel Sonoro con filtro de ponderación de frecuencias "A" y respuesta "Fast" que cumple con el Tipo 1 de la norma IEC 60651, acreditado mediante certificado vigente.
- bb) **Tacómetro:** instrumento de medición de la velocidad de rotación del motor, en revoluciones por minuto (RPM) con una tolerancia de 2%
- cc) **Vehículo de locomoción colectiva:** vehículo motorizado, destinado al uso público, para el transporte remunerado de personas, exceptuados los taxis que no efectúen servicio colectivo.
- dd) **Velocidad a  $\frac{3}{4}$  de RPM máx.(3/4 RPM):** velocidad de giro igual a  $\frac{3}{4}$  de la velocidad de giro para máxima potencia según el fabricante  $\pm 2\%$ .
- ee) **Velocidad gobernada (RPM máx.):** máxima velocidad de giro permitida por el gobernador, si existe, o velocidad de giro para máxima potencia según el fabricante  $\pm 2\%$ , si no existe gobernador.

### III. NIVELES DE EMISION MAXIMOS

N°3.- Los vehículos inscritos antes del 1 de enero de 2001 no deberán generar emisión de ruido, medida de acuerdo a los procedimientos en los numerandos 4° a 7° del título IV, que excedan los valores en dBA señalados a continuación:

**TABLA 1**

<b>Ensayo:</b>	<b>Estacionario</b>					
	<b>Punto de medición:</b>		<b>Motor</b>		<b>Interior</b>	
	<b>Condición vehículo:</b>		$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
<i>Buses Livianos inscritos antes de enero 2001</i>	92	101	95	104	85	92
<i>Buses Medianos y Pesados inscritos antes de enero 2001</i>	94	103	97	106	87	94

Los vehículos inscritos después del 1 de enero de 2001, al momento de ser homologados, no deberán generar emisión de ruido, medida de acuerdo a los procedimientos en los numerandos 4 a 12 del título IV, que excedan los valores en dBA señalados a continuación y de acuerdo a la fecha en que se hayan inscrito:

**TABLA 2**

<b>Ensayo:</b>	<b>Dinámico</b>		<b>Estacionario</b>					
	<b>Interior</b>	<b>Exterior</b>	<b>Escape</b>		<b>Motor</b>		<b>Interior</b>	
	<b>Condición vehículo:</b>		$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.	$\frac{3}{4}$ RPM	RPM máx.
<i>Buses Livianos enero 2001 a diciembre 2004</i>	82	82	87	93	90	96	80	86
<i>Buses Medianos y Pesados enero 2001 a diciembre 2004</i>	82	82	87	93	90	96	80	86
<i>Buses Livianos enero 2005 a diciembre 2009</i>	79	79	84	90	87	93	77	83
<i>Buses Medianos y Pesados enero 2005 a diciembre 2009</i>	79	79	84	90	87	93	77	83
<i>Buses Livianos desde enero 2010</i>	76	76	81	87	84	90	74	80
<i>Buses Medianos y Pesados desde enero 2010</i>	76	76	81	87	84	90	74	80

**IV. ENSAYOS**

N° 4.- El ensayo estacionario se realizará utilizando tres sonómetros con rango mínimo de 50 a 110 dBA, seleccionando respuesta "Fast" y filtro "A", bajo las siguientes condiciones:

- a) Calibración al inicio y al término del ensayo mediante un calibrador acústico, tal que exista una diferencia inferior a 0,5 dBA con respecto al valor nominal y entre ambas calibraciones.
- b) Uso de una pantalla antiviento, apropiada según el fabricante del sonómetro.
- c) Ausencia de precipitaciones y velocidad de viento inferior a 5 m/s, medida con anemómetro.
- d) Nivel de ruido de fondo al menos 10 dBA inferior a los valores medidos.
- e) Vehículo estacionado sobre una superficie pavimentada, separado al menos en 3 metros de cualquier otro vehículo, persona, objeto o edificio, excluyendo el instrumento de medición, el operador y el conductor.
- f) Micrófono del sonómetro 1 a una altura sobre el suelo igual a la del orificio de salida de gases de escape, a una distancia de 0,5 m. del mismo, para tubos horizontales y 0,5 m. de la carrocería más próxima al tubo, para tubos verticales.
- g) Micrófono del sonómetro 1 orientado hacia dicho orificio y a 45° del flujo de gases para tubos de salida horizontal, y orientado verticalmente para tubos de salida vertical.
- h) Micrófono del sonómetro 2 a una altura sobre el suelo igual a 0,5 m. y a una distancia de 0,5 m. del costado derecho de la carrocería, frente al eje trasero para buses con motor trasero, frente al eje delantero para buses con motor delantero y frente al punto intermedio para buses con motor intermedio.
- i) Micrófono del sonómetro 3 a una altura de 1,2 m. Sobre el piso interior del bus, en el eje longitudinal del mismo y equidistante de ambos extremos.

N° 5.- El ensayo estacionario se efectuará acelerando gradualmente desde el ralenti hasta una velocidad igual a una de las siguientes alternativas:

- a)  $\frac{3}{4}$  de la velocidad de máxima potencia, o
- b) la velocidad gobernada.

En cada caso se mantendrá dicha velocidad por al menos 2 segundos, para luego liberar el pedal rápidamente de modo que el motor desacelere hasta llegar a ralenti.

N° 6.- Se registrará manual o automáticamente el valor del Nivel de Presión Sonora Máximo expresado en dBA observado en cada uno de los sonómetros durante los períodos de mantención de las velocidades indicadas y posterior deceleración.

N° 7.- El procedimiento dispuesto en los numerandos 5 y 6 se repetirá hasta obtener tres valores consecutivos de cada sonómetro que no difieran entre sí más de 2 dB. Las medias aritméticas de dichos tres valores para el sonómetro 1 constituirán los Niveles de Emisión de Ruido de Escape, para  $\frac{3}{4}$  de velocidad de giro o para velocidad gobernada, respectivamente. Las medias aritméticas de dichos tres valores para el sonómetro 2 constituirán los Niveles de Emisión de Ruido de Motor, para  $\frac{3}{4}$  de velocidad de giro o para velocidad gobernada, respectivamente. Las medias aritméticas de dichos tres valores para el sonómetro 3 constituirán los Niveles de Emisión de Ruido Interior Estacionario, para  $\frac{3}{4}$  de velocidad de giro o para velocidad gobernada, respectivamente.

N° 8.- El ensayo dinámico se realizará utilizando tres sonómetros con rango mínimo de 50 a 110 dB, seleccionando respuesta "Fast" y filtro "A", bajo las siguientes condiciones:

- a) Calibración al inicio y al término del ensayo mediante un calibrador acústico, tal que exista una diferencia inferior a 0,5 dB con respecto al valor nominal y entre ambas calibraciones.
- b) Uso de una pantalla antiviento, apropiada según el fabricante del sonómetro.
- c) Ausencia de precipitaciones y velocidad de viento inferior a 5 m/s, medida con anemómetro.
- d) Nivel de ruido de fondo al menos 15 dB inferior a los valores medidos.
- e) Pista de prueba seca y libre de polvo, nieve u otro elemento que absorba o genere sonido.
- f) Micrófono de los sonómetros 1 y 2 ubicados a 1,20 metros de altura sobre el pavimento  $\pm$  0,02 m., a 7,5 m.  $\pm$  0,05 m. a cada lado del eje, frente al punto central, orientados horizontalmente hacia el punto central.
- g) Micrófono del sonómetro 3 en interior del bus, a 1,2 m. sobre el piso, en el eje longitudinal del mismo y equidistante de ambos extremos.

N° 9.- El ensayo dinámico se efectuará conduciendo el bus a lo largo del eje de la pista de prueba, utilizando el combustible, los neumáticos y la presión de inflado especificados por el fabricante. En caso de transmisión manual, se utilizará la marcha señalada a continuación, de acuerdo a la potencia del motor especificada por el fabricante:

<b>Número de marchas totales</b>	<b>Buses de menos de 225 kW</b>	<b>Buses de más de 225 kW</b>
4	2 <sup>a</sup> marcha	2 <sup>a</sup> marcha
5	3 <sup>a</sup> marcha	2 <sup>a</sup> marcha
6	3 <sup>a</sup> marcha	2 <sup>a</sup> marcha
7	4 <sup>a</sup> marcha	3 <sup>a</sup> marcha
8	4 <sup>a</sup> marcha	3 <sup>a</sup> marcha
9	5 <sup>a</sup> marcha	3 <sup>a</sup> marcha
10	5 <sup>a</sup> marcha	4 <sup>a</sup> marcha
11	6 <sup>a</sup> marcha	4 <sup>a</sup> marcha
12	6 <sup>a</sup> marcha	4 <sup>a</sup> marcha

N° 10.- *El bus se conducirá a velocidad uniforme de modo que el frente del bus alcance un punto ubicado 10 m. antes del punto central a una velocidad de  $50 \pm 1$  km/hr. En dicho punto se acelerará a fondo y se mantendrá hasta que la totalidad del bus sobrepase un punto ubicado 10 m. después del punto central.*

N° 11.- *Se registrará manual o automáticamente los valores del Nivel de Presión Sonora Máximo expresado en dBA observados en cada uno de los tres sonómetros durante los períodos de paso del bus. Se descartarán aquellos valores obtenidos en los que durante el paso del bus hayan ocurrido ruidos anómalos de otra fuente.*

N° 12.- *El procedimiento dispuesto en los numerandos 10 y 11 se repetirá hasta obtener cuatro valores consecutivos que no difieran entre sí más de 2 dB en cada uno de los sonómetros 1 y 2. Se calcularán los promedios aritméticos de los cuatro valores válidos, independientemente para cada uno de los tres sonómetros. El mayor entre los promedios del sonómetro 1 y del sonómetro 2 constituirá el Nivel de Emisión de Ruido Exterior. El promedio del sonómetro 3 constituirá el Nivel de Emisión de Ruido Interior Dinámico.*

## **V. FISCALIZACION Y CONTROL**

*N° 13: El cumplimiento de las normas señalados en los numerandos anteriores será verificado en conformidad al procedimiento de homologación contemplado en los artículos 94 y 95 de la Ley 18.290 y sus respectivos reglamentos .*

*N° 14.- Además de lo señalado en los numerandos anteriores al hacer la verificación de conformidad de las emisiones vehiculares, el ministerio deberá constatar que ellas no sobrepasen en 5 decibeles los valores originalmente presentados por el vehículos en el método estacionario al momento de ser homologados.*

*N° 15.- Los buses que presten servicios urbanos de transporte de pasajeros en todo el territorio de la República que se sometán a revisión técnica de acuerdo al Artículo 31 del D.S. N° 212.92 en una planta revisora autorizada, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 4° de la Ley 18.696, no podrán aprobar dicha revisión si los resultados de cualquiera alternativa del ensayo estacionario señalado en los numerandos 4 a 7 arroja niveles superiores a lo señalado en el numerando 3, Tabla 1, para buses inscritos antes del 1 de enero de 2001, y en el numerando 14 para buses inscritos a partir del 1 de enero de 2001..*

*N° 16.- Lo dispuesto en el numerando 15 no obsta a las revisiones que decreten los Tribunales en los casos particulares que conozcan y de los controles que se practiquen en la vía pública.*

**Artículo 2°:** *Modifíquese el D.S: N° 54 de 1997 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones en el siguiente tenor:*

*1) Entre el punto seguido después de la palabra país, y de la palabra Este, intercálase la siguiente frase:*

*“Además podrá incorporar los procedimientos de homologación de emisiones de ruido, considerando para ello, las disposiciones comprendidas en las normas de emisión de ruido para vehículos sean estos livianos, medianos o pesados, de servicio de transporte público o privado”.*

2) Agréguese el siguiente párrafo final al artículo tercero:

“Asimismo deberán acompañarse los antecedentes que acrediten que el vehículo está en condiciones de cumplir después de cinco años, con niveles de presión sonora correspondientes a un diferencial de 5 decibeles respecto de la medición original de decibeles en el tubo de escapes mediante el procedimiento estático que fue registrada al momento de hacerse su homologación. Asimismo deberá ponerse a disposición del Ministerio un prototipo del modelo que se trate para hacer las pruebas necesarias para acreditar que se cumplirán con los niveles señalados en el este párrafo.

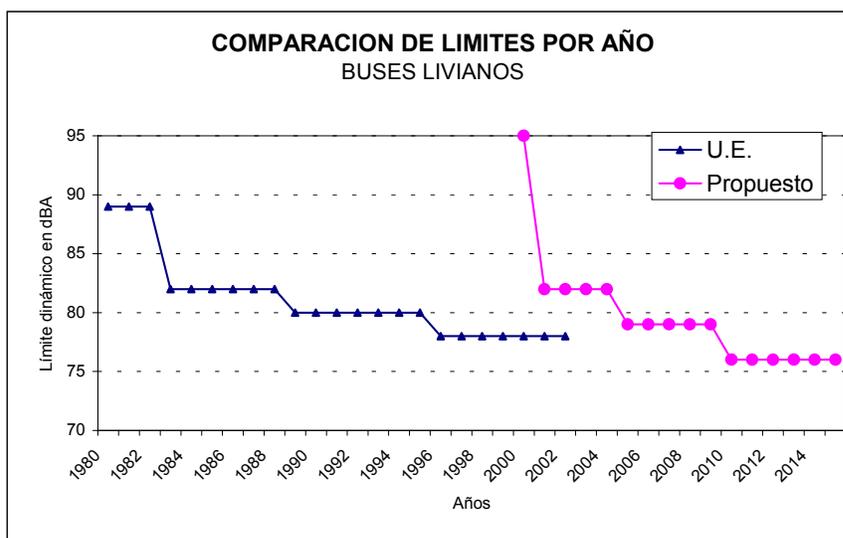
**Artículo 3°:** Reemplácese la letra f del artículo 3° del D.S.N°122 por el siguiente:

“Deberá cumplir los niveles de ruidos indicados en la normativa de emisión correspondiente”.

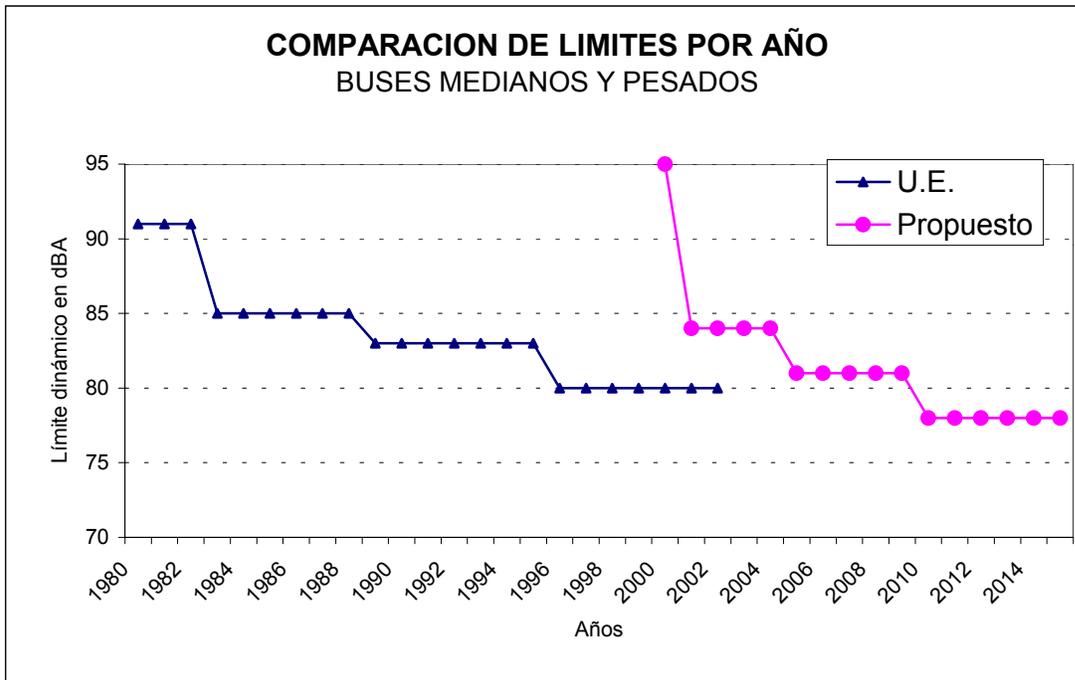
## 8.4 Análisis de límites propuestos

### 8.4.1 Comparación con límites europeos

Posiblemente la mejor referencia en cuanto a límites la constituye la experiencia europea, que reúne las diversas experiencias adquiridas por cada uno de sus miembros por separado y en conjunto. Por lo tanto se compara el esquema de límites propuesto con los límites que se han aplicado en la Unión Europea, tanto en cuanto a valores como en cuanto a su gradualidad.



**Fig. 8.1 Comparación de la evolución de límites para buses livianos**



**Fig. 8.2 Comparación de la evolución de límites para buses pesados**

Se observa lo siguiente:

- los niveles iniciales propuestos son aproximadamente los europeos de hace 10 años
- los descensos son de 2 a 3 dB en cada caso
- los lapsos de permanencia de límites son de aprox. 5 años
- los niveles propuestos para el año 2010 son 2 dB más bajos que los actuales en la Unión Europea
- la diferencia entre buses y taxibuses es 2 a 3 dB

#### 8.4.2 Simulación de rechazos por aplicación de límites

Con el objeto de evaluar el número de rechazos y equilibrar la exigencia de los diferentes parámetros se realizó una simulación de 10 escenarios, incrementando en cada uno 1 dB las exigencias.

El escenario inicial, denominado Criterio 0, se definió como el nivel de exigencia que produciría un rechazo prácticamente nulo en los modelos de buses que ingresaron el año 1998.

El conjunto de criterios para definir los límites, incrementos y diferencias entre sí fueron:

- Límite Interior = Límite Exterior en Ensayo Dinámico
- Límites Buses 2 dB > Límite Taxibuses en todo ensayo
- Límites Motor 3 dB > Límites Escape en Ensayo Estacionario

- Límites RPM máx. 6 dB > Límites  $\frac{3}{4}$  RPM en Ensayo Estacionario
- Exigencia similar para todos los parámetros
- Exigencias de ingreso al 2001 3 dB > estándar 1998
- Aumento de 3 dB en primeros 4 años de aplicación
- Aumento de 3 dB en siguientes 5 años de aplicación
- 

Se exceptúa de este criterio el ensayo a máx RPM para buses OH-1420, ya que en varias muestras se detectaron defectos en las correas e V, las que producen un nivel de ruido anómalo.

Los criterios se aplicaron a 3 muestras cada uno de los 4 modelos que mejor representan la oferta del año 1998 y las diversa tecnologías actualmente en venta:

- Volvo B-10 (bus motor intermedio)
- Mercedes-Benz 914 (taxibus motor delantero)
- Dimex 654-210 (bus motor trasero)
- Mercedes-Benz 1420 (bus motor trasero)

En las tablas siguientes se muestran los 10 criterios, aplicados a los niveles medidos en las 12 muestras descritas.

Se indica con sombra el rechazo de un ensayo.

Se indica en la última fila el exceso en dBA que causa el rechazo.

Los criterios propuestos corresponden a los criterios 3, 6 y 9, respectivamente.

**Tabla 8.6 Simulación de rechazos para Criterio 0 (rechazo nulo en 1998)**

	TIPO	ESTACIONARIO							
		DINAMICO		ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
		INTERIOR	LMAX	3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		87	87	92	98	95	101	85	91
LIMITE TAXIBUSES		85	85	90	96	93	99	83	89
EXCESO PROMEDIO		-	-	0.1	1.1	-	-	-	-

**Tabla 8.7 Simulación de rechazos para Criterio 1**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		86	86	91	97	94	100	84	90
LIMITE TAXIBUSES		84	84	89	95	92	98	82	88
EXCESO PROMEDIO		0.1	-	0.6	2.1	-	0.3	-	-

**Tabla 8.8 Simulación de rechazos para Criterio 2**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		85	85	90	96	93	99	83	89
LIMITE TAXIBUSES		83	83	88	94	91	97	81	87
EXCESO PROMEDIO		0.9	-	1.4	3.1	0.8	1.3	0.7	-

**Tabla 8.9 Simulación de rechazos para Criterio 3 (aplicable el 2001)**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		84	84	89	95	92	98	82	88
LIMITE TAXIBUSES		82	82	87	93	90	96	80	86
EXCESO PROMEDIO		1.2	0.5	2.4	4.1	0.8	0.9	1.4	-

**Tabla 8.9 Simulación de rechazos para Criterio 4**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
Intermedio	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
Trasero	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		83	83	88	94	91	97	81	87
LIMITE TAXIBUSES		81	81	86	92	89	95	79	85
EXCESO PROMEDIO		2.2	0.9	3.4	5.1	1.0	1.7	1.7	0.6

**Tabla 8.10 Simulación de rechazos para Criterio 5**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
Intermedio	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
Trasero	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		82	82	87	93	90	96	80	86
LIMITE TAXIBUSES		80	80	85	91	88	94	78	84
EXCESO PROMEDIO		2.0	1.3	4.4	3.9	1.8	2.3	2.2	0.8

**Tabla 8.12 Simulación de rechazos para Criterio 6 (aplicable el 2005)**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		81	81	86	92	89	95	79	85
LIMITE TAXIBUSES		79	79	84	90	87	93	77	83
EXCESO PROMEDIO		2.4	2.2	4.0	4.9	2.8	2.8	3.2	1.8

**Tabla 8.13 Simulación de rechazos para Criterio 7**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		80	80	85	91	88	94	78	84
LIMITE TAXIBUSES		78	78	83	89	86	92	76	82
EXCESO PROMEDIO		3.4	3.2	4.2	5.0	3.4	3.3	3.0	2.8

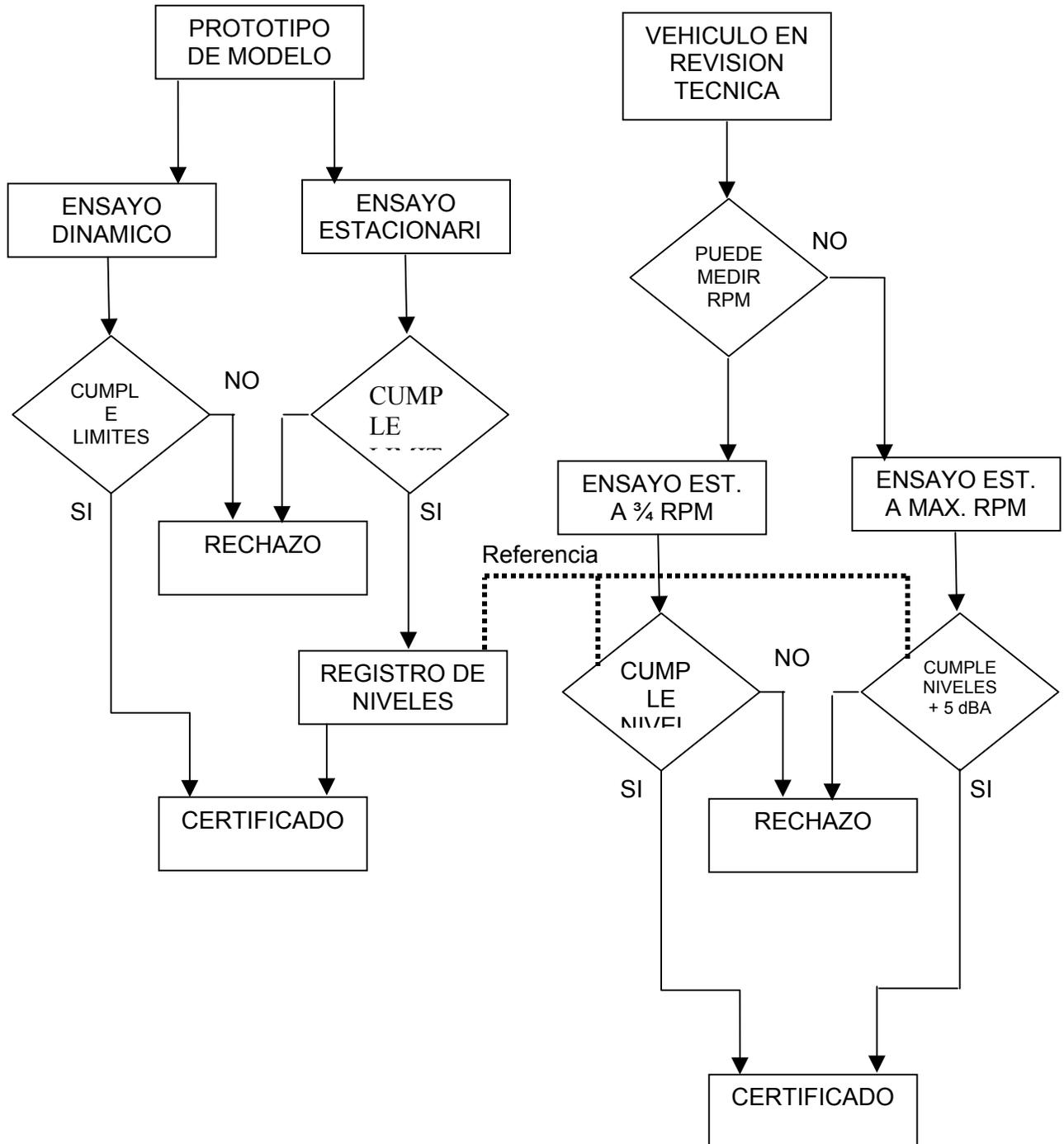
**Tabla 8.14 Simulación de rechazos para Criterio 8**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		79	79	84	90	87	93	77	83
LIMITE TAXIBUSES		77	77	82	88	85	91	75	81
EXCESO PROMEDIO		4.4	4.2	4.4	6.0	3.8	3.0	4.0	3.2

**Tabla 8.15 Simulación de rechazos para Criterio 9 (aplicable el 2010)**

	TIPO	INTERIOR	LMAX	ESCAPE		MOTOR		INTERIOR	
				3/4	MAX	3/4	MAX	3/4	MAX
Motor Intermedio	VOLVO	83	83	81	84	93	94	79	80
	VOLVO	82	82	80	83	91	94	77	80
	VOLVO	81	82	83	94	92	98	76	82
Taxibus	LO 814	81	81	83	92	90	98	77	84
	LO 914	83	82	78	84	90	96	73	79
	LO 914	81	80	77	85	90	96	73	81
Motor Trasero	DIMEX	82	85	84	86	88	92	76	80
	DIMEX	81	83	86	90	88	95	77	83
	DIMEX	84	84	86	91	90	94	81	84
	OH 1420	86	84	92	99	94	97	83	87
	OH 1420	85	84	91	100	88	94	81	87
	OH 1420	86	83	91	99	91	95	84	88
LIMITE BUSES		78	78	83	89	86	92	76	82
LIMITE TAXIBUSES		76	76	81	87	84	90	74	80
EXCESO PROMEDIO		5.4	5.2	4.2	6.0	4.8	4.0	4.0	2.9

8.5 Esquema de aplicación



## 9. FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN

### 9.1 Recursos para aplicación de normativa

#### 9.1.1 Instrumentos requeridos para realizar las mediciones estacionarias.

En la siguiente lista se presentan los instrumentos necesarios para la realización del ensayo estacionario por planta de revisión técnica.

**Tabla 9.1 Instrumentos para ensayo estacionario**

INSTRUMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Sonómetro	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tipo 1 según las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC Standard), publicaciones N° 651 "Sound Level Meters", 1979.</li> <li>Respuesta "Fast".</li> <li>Filtro de ponderación "A".</li> <li>Rango dinámico: 50 – 120 dB.</li> <li>Pantalla antiviento</li> <li>Salida de voltaje DC.</li> <li>Micrófono remoto c/cable 5 metros.</li> </ul>
Calibrador acústico	1	Clase 1L según las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC Standard), publicaciones N° 942: 1988.
Tacómetro	1	Contador de revoluciones con una precisión mínima de 3% y salida DC
Computador	1	Computador o Notebook en ambiente Windows 95/98, con su respectiva alimentación.
Conversor análogo/digital	1	Conversor de 2 canales de entrada.
Software de adquisición de datos.	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de adquisición: Fast (125ms).</li> <li>Calibración por pantalla.</li> <li>Registro continuo por pantalla.</li> <li>Resultados parciales.</li> <li>Datos técnicos del bus.</li> <li>Datos complementarios (hora, fecha, comentarios, etc.).</li> <li>Verificador de rango de RPM seleccionado.</li> </ul>
Cable coaxial	N	Cable con terminales tipo BNC y Plug de longitud relativa.
Trípode	1	Trípode con soporte para sonómetro con 0,5 metros de altura.
Trípode	1	Trípode con soporte para sonómetro con 3 metros de altura.

### 9.1.2 Espacio requerido para las mediciones estacionarias

Para evitar posibles desviaciones en las mediciones de ruido, el lugar de medición debe cumplir los siguientes requisitos:

Lugar abierto de suelo duro (concreto, asfalto u otro) con una superficie libre de obstáculos mínima de 3 metros al rededor del vehículo a medir. Para no influir en la captación del ruido dentro de esta superficie sólo deben estar los equipos de medición, el operador y un observador.

Las mediciones deben realizarse en condiciones ambientales favorables, de modo que estas no influyan en los valores obtenidos. Se recomienda que la velocidad del viento no supere 5 m/seg.

El nivel de ruido de fondo (incluido el viento) debe ser al menos 10 dB menor que los niveles de ruido obtenidos en el test.

### 9.1.3 Instrumentos requeridos para realizar las mediciones dinámicas.

En la siguiente lista se presentan los instrumentos necesarios para la realización del ensayo dinámico por centro de verificación.

**Tabla 9.2 Instrumentos para ensayos dinámicos**

INSTRUMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Sonómetro	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo 1 según las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC Standard), publicaciones N° 651 "Sound Level Meters", 1979.</li> <li>• Respuesta "Fast".</li> <li>• Filtro de ponderación "A".</li> <li>• Rango dinámico: 50 – 120 dB.</li> <li>• Retención de máximo</li> <li>• Pantalla antiviento</li> </ul>
Calibrador acústico	1	Clase 1L según las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC Standard), publicaciones N° 942: 1988.
Trípode	3	Trípode con soporte para sonómetro con 1,2 metros de altura.

### 9.1.4 Espacio requerido para las mediciones dinámicas

Para evitar posibles desviaciones en las mediciones de ruido, el lugar de medición debe cumplir los siguientes requisitos:

Lugar abierto de suelo duro (concreto, asfalto u otro) con una superficie libre de obstáculos

mínima de 50 metros alrededor del vehículo a medir. Para no influir en la captación del ruido dentro de esta superficie sólo deben estar los equipos de medición, el operador y un observador.

Las mediciones deben realizarse en condiciones ambientales favorables, de modo que estas no influyan en los valores obtenidos. Se recomienda que la velocidad del viento no supere 5 m/seg.

El nivel de ruido de fondo (incluido el viento) debe ser al menos 15 dB menor que los niveles de ruido obtenidos en el test.

### 9.1.5 Recursos humanos para operar el sistema

Para definir los recursos humanos se presenta la siguiente tabla de actividades que debe conocer él o los operarios del sistema.

**Tabla 9.3 Recursos humanos para realización de ensayos**

ETAPA	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	REQUISITO
Montar el sistema	Conexiones	PC - tarjeta A/D	Conocimientos básicos sobre computación y periféricos (puerta paralela).
		Cables/Conectores	Tipos de conectores y lugar de conexión.
	Instalar instrumentos	Sonómetros	Conocer salida DC del instrumento.
		Sensor RPM	Conectar correctamente el sensor de RPM.
		Trípodes	Ubicación y distancia de los trípodes al lugar de medición.
	Calibrar Software	Sonómetros	Conectar correctamente el calibrador al sonómetro y ajustar parámetros necesarios.
		Calibrador	Uso y parámetros del calibrador.
		Programa	Manipular correctamente el módulo de calibración.
Identificar y resolver problemas	General	Conocer y reconocer problemas típicos de instalación.	
Test	Utilizar Software	Programa	Conocer el funcionamiento del programa.
	Interpretar resultados		Comprender y concluir resultados obtenidos.
	Identificar y resolver problemas	General	Conocer y reconocer problemas típicos durante el test.

Las mediciones son realizadas por el personal de la planta, estimándose necesario que al menos 1 o 2 operarios estén destinados a la medición de ruido.

Se requiere de capacitación técnica de al menos una sesión de ½ día, para proporcionar los conocimientos necesarios para operar correctamente los instrumentos y para realizar ensayos prácticos de medición, considerándose la visita durante una semana a la planta para responder a las dudas que puedan surgir.

#### 9.1.6 Estimación del rendimiento en la aplicación del sistema.

El tiempo de muestreo oscila de 4 a 5 minutos para el ensayo estacionario a ¾ RPM máx., dependiendo de la posibilidad de acceso en la instalación del sensor de RPM. Para el ensayo estacionario en aceleración libre, el tiempo disminuye a 2 minutos.

El tiempo requerido para realizar el ensayo dinámico es entre 20 y 30 minutos, dependiendo de la repetibilidad de las mediciones.

### 9.2 Costos de fiscalización

#### 9.2.1 Mediciones estacionarias

Las inversiones en instrumentación requeridas para el ensayo estacionario se resumen en la tabla siguiente, en US\$:

**Tabla 9.4 Costos de inversión para ensayo estacionario**

ITEM	COSTO
Sonómetro	2.000
Calibrador	500
Tacómetro	1.200
Computador	1.800
Convertor análogo/digital	300
Software dedicado	3.000
Cables y accesorios	500
<b>TOTAL</b>	<b>9.300</b>

Se estima que una planta revisora requiere 1 kit de medición para 3 líneas de revisión más 1 kit completo de repuesto. Por lo tanto, para una planta de 3 líneas, la inversión es aproximadamente US\$ 10.000.-, con una vida útil estimada en 3 años. No se considera necesario un aumento del espacio con respecto al actual.

Para estimar costos de operación se estima que el rendimiento medio de una planta revisora es de 60 buses con 1 jornada de personal, es decir unas 50.000 revisiones en 3 años. Considerando 1 persona dedicada y los respectivos gastos generales, se estima un costo de mano de obra por revisión de 0,56 US\$/bus. El costo en equipamiento sería 0,19 US\$.

Por lo tanto, el costo incremental de aplicar el ensayo acústico estacionario durante la revisión técnica sería de US\$ 0,75.-, es decir \$ 390 moneda nacional de 1999.

### 9.2.2 Mediciones dinámicas

Para las mediciones dinámicas, la inversión necesaria en instrumentación es la siguiente:

**Tabla 9.5 Costos de inversión para ensayos dinámicos**

ITEM	COSTO
Sonómetros	6.000
Calibrador	500
Cables y accesorios	1.000
<b>TOTAL</b>	<b>7.500</b>

La infraestructura requiere aproximadamente 1 hectárea de terreno, de los cuales aprox. 500 m<sup>2</sup> pavimentados. Se estima que esta infraestructura, ubicada en un sector suburbano con valor del suelo de 5 UF, tiene un costo total de US\$ 1,500.000.-, incluyendo pavimento e instalaciones mínimas.

## 9.3 Universo de buses impactados

### 9.3.1 Parque de buses existente

En cuanto al parque total de buses del país, no existe información oficial, salvo que en la ciudad de Santiago existen aproximadamente 10.000 buses (MINTRATEL).

Por lo tanto, las estimaciones para el país se harán sobre una base de máximo 20.000 buses urbanos, de los cuales aproximadamente 12.000 son medianos o pesados y 8.000 son livianos (taxibuses).

De acuerdo a la simulación, los buses rechazados serían los siguientes:

**Tabla 9.6 Estimación de buses existentes rechazados**

Parámetro	Buses		Taxibuses	
	%	Unidades	%	Unidades
Escape a $\frac{3}{4}$ RPM	12,5	1500	15,6	1248
Escape a máx. RPM	12,2	1464	7,9	632
Motor a $\frac{3}{4}$ RPM	3,6	432	15,2	1216
Motor a máx. RPM	3,2	384	23,7	1896
Interior a $\frac{3}{4}$ RPM	4,5	540	10,9	872
Interior a máx. RPM	3,3	396	18,4	1472

En cifras generales, unos 1500 buses y 2000 taxibuses requerirían modificaciones para aprobar la fiscalización propuesta. Básicamente, estas modificaciones consisten en una mantención adecuada para restablecer las condiciones normales de:

- sistema de escape,
- confinamiento de motor y
- hermeticidad de la cabina.

### 9.3.2 Parque futuro

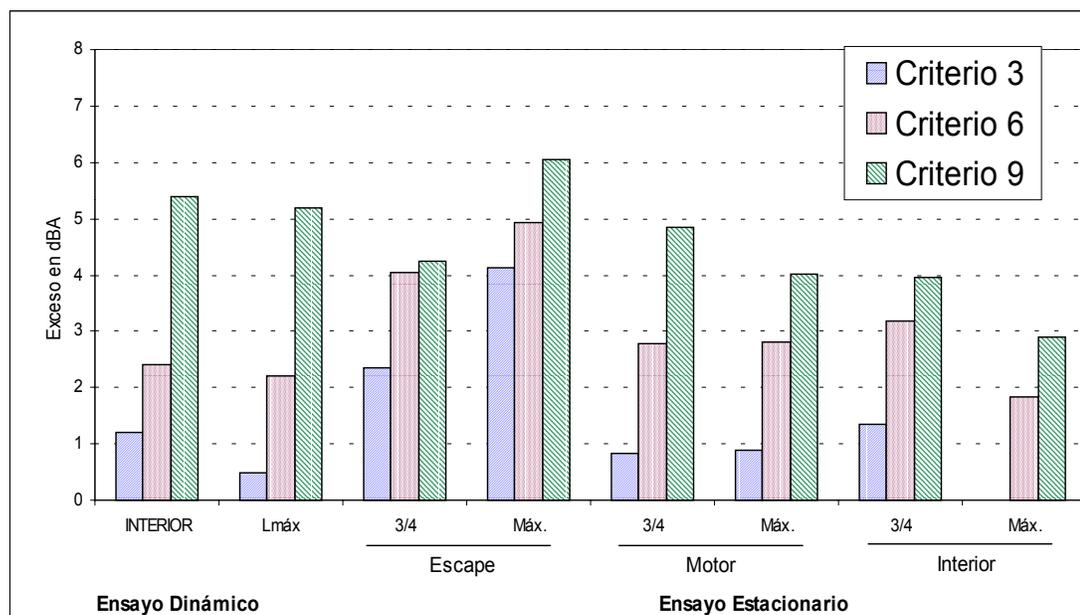
El ingreso de buses al mercado presenta fuertes variaciones en los últimos años. Por una parte, es variable la cantidad total de buses dependiendo de la capacidad de inversión, tasas de crédito, etc. de cada año. También es variable la relación entre buses carrozados en el país y en el extranjero.

Para efectos de proyección del impacto, se estima en 500 unidades el número de buses que ingresan anualmente al mercado urbano.

### 9.4 Costos de cumplimiento

Para los buses actualmente comercializados se requieren modificaciones para lograr el cumplimiento de cada una de las tres etapas en las que existiría un descenso gradual de los límites de ingreso. Estas etapas corresponden a descensos de 3, 6 y 9 dB con respecto al nivel de referencia, que son los niveles emitidos por prácticamente el 100 % de los buses ingresados en 1998.

La disminución promedio de las emisiones requeridas para la aceptación de ingreso se muestra en el gráfico siguiente, aplicando los criterios 3, 6 y 9 en los años 2001, 2005 y 2010, en relación al estándar de calidad del año 1998.



**Fig. 9.1 Disminución requerida para cumplimiento de límites de ingreso propuestos**

En una primera etapa los buses que se incorporen al parque y cumplan los límites correspondientes, sólo deberían tener una buena mantención de su sistema de escape para cumplir con el límite de deterioro. Esto implica acatar las recomendaciones de cuidado del fabricante y realizar las revisiones periódicas correspondientes. En promedio, esto afecta a un 58 % de los buses nuevos y requieren en promedio una reducción de 1,4 dBA para ser aceptados.

Según distintos fabricantes chilenos de tubos de escape, la vida útil de estos es de dos años, que varía dependiendo del cuidado que se le dé. La diferencia entre incorporar un silenciador “en buenas condiciones” y usar un silenciador deficiente puede llegar a 15 dBA. Un muy buen silenciador provee una reducción adicional de aproximadamente 3 dBA en comparación con otro de mediana categoría [11]. Por lo tanto, un mejoramiento promedio de 1,4 dBA no debe incidir en el costo.

Reemplazar este sistema cuesta entre \$50.000 y \$150.000 pesos en 1999 (US\$ 100 a 300), dependiendo de la durabilidad. lo cual debiera estar entre los costos habituales de mantención.

Por lo tanto, esta primera etapa afectaría principalmente al parque existente, del cual aproximadamente 3500 buses requerirían renovar oportunamente el sistema de escape y recuperar la calidad original en cuanto a confinamiento de motor y hermeticidad de cabina. El

costo de estas medidas se estima entre \$ 50.000 y \$ 300.000, dependiendo si el bus presenta una o más deficiencias. Por lo tanto, a un costo medio de \$ 180.000 se alcanza un monto total de \$ 630 millones (aprox. 1,2 US\$ millones)

En una segunda etapa, con límites de ingreso más rigurosos, el exceso promedio sería de 3,0 dBA con respecto a los límites. Se estima que los chasis actualmente comercializados podrían lograr la aprobación, pero deberían incorporar un tratamiento acústico en los sistemas de toma de aire y encierro del motor, con lo cual poder obtener mayor aislación y mejorar los niveles de ruido tanto interiores como exteriores del bus. La efectividad de un tratamiento del compartimento de motor puede llegar a reducir 6 a 10 dB. Esto se puede realizar fundamentalmente como un rediseño del compartimento de motor y/o mediante encierros que consideren los sistema de enfriamiento y ventilación.[11] [12]. En los buses con exceso de nivel interior se requeriría también una modificación menor en la construcción y hermeticidad del piso. Estas modificaciones podrían tener un costo adicional de US 2.000 por sobre el costo del diseño convencional.

Considerando un incremento de costo sobre 500 buses anuales, se alcanza un monto de 5 US\$ millones en total para el período 2005 a 2009.

En una última etapa donde los límites de ingreso han bajado considerablemente, habría que utilizar modelos de chasis más silenciosos, diferentes de los actuales, además de modificar la carrocería y/o el diseño de encierro de motor de los modelos actualmente comercializados, para así cumplir sin dificultad con las exigencias de emisión de ruido.

Toda tentativa para reducir, significativamente, el ruido de motor requiere el desarrollo de nuevas tecnologías. Aunque, actualmente es posible reducir un poco los niveles (alrededor de 5 dBA), especialmente en vehículos pesados, no se llegará a una reducción notable sin una nueva tecnología de motor. Sin embargo, aún consiguiendo disminuir el ruido de motor, queda el de rodadura, producido por el contacto existente entre el pavimento y el neumático del vehículo. [13]

En lo que concierne a los costos es posible referirse a los resultados de un estudio específico realizado en 1983 por la Comisión de las Comunidades Europeas. En él aparece que el costo suplementario necesario para reducir de 5 a 10 dBA la emisión del ruido por homologación de vehículos es del siguiente orden:

- Del 2 al 5 % de su costo para vehículos ligeros
- Del 5 al 9 % de su costo para vehículos pesados [13].

En el caso de los buses comercializados en Chile, el costo oscila entre US\$ 60.000 y US\$ 110.000.- Por lo tanto, se podría estimar que las modificaciones para esta última etapa podrían alcanzar un costo de US\$ 3.000 a US\$ 10.000.- por bus. Sin embargo, debe considerarse que desde 1983 y en los próximos años ocurrirá un desarrollo tecnológico en los mercados internacionales que permita cumplir los actuales límites en vigencia en otros países con menor incremento de costos que sería necesario en la actualidad.

Para efectos de este estudio se estima que el aumento de costos en el año 2010 no será superior al piso de este rango, es decir US\$ 3.000.-

Considerando un ingreso de aproximadamente 500 buses urbanos anuales al parque, se pueden estimar los costos agregados de aplicar los límites propuestos, resumidos en la siguiente tabla.

**Tabla 9.7 Costos agregados de cumplimiento de límites**

<b>ETAPA</b>	<b>INVERSION PRINCIPAL</b>	<b>N° BUSES</b>	<b>COSTO US\$ mill.</b>
1ª etapa 2001-2004	Mantenimiento de buses existentes	3500	1,2
2ª etapa 2005-2009	Modificación de carrocerías	2500	5,0
3ª etapa 2010-2015	Nuevos modelos de chasis	3000	9,0
<b>TOTAL 15 años</b>		<b>9000</b>	<b>15,2</b>

## 10. CONCLUSIONES

### 10.1 Conclusiones sobre el marco jurídico e institucionalidad respectiva

- El DS N° 122/91 contiene una norma de emisión muy imperfecta
- Las Leyes 18.290, 10.040 y DS N° 212/92 otorgan atribuciones adecuadas para fiscalizar y sancionar las infracciones
- Existe un sistema de homologación de modelos adecuado
- Existe un sistema de plantas revisoras adecuado

### 10.2 Conclusiones sobre el parque actual de buses

- El parque de buses presenta niveles de emisión comparables a los de 1993
- Los buses pesados ingresados recientemente son más ruidosos que el promedio
- Los taxibuses ingresados recientemente son menos ruidosos que el promedio
- Los buses son 2 a 3 dBA más ruidosos que los taxibuses
- Los buses nuevos que se comercializan son aprox. 4 dBA más ruidosos que los límites actuales europeos
- La ubicación del motor no es un factor que incida en las emisiones de ruido
- La marca de carrocería no es un factor que incida en las emisiones de ruido
- Las bocinas generan un amplio rango de niveles, independiente de otras emisiones

### 10.3 Conclusiones sobre los ensayos

- Los diferentes ensayos generan parámetros poco correlacionados entre sí, en general
- Los ensayos dinámicos presentan menor dispersión de datos
- Los ensayos estacionarios no permiten deducir conclusiones sobre los ensayos dinámicos
- La posición de medición interior genera la mejor correlación entre ensayos dinámicos y estacionarios
- La medición estacionaria a  $\frac{3}{4}$  de RPM máx. es más precisa, pero requiere un procedimiento más laborioso y largo que la medición en aceleración libre

### 10.4 Conclusiones sobre la norma a proponer

- La norma de emisión se restringe al definir el procedimiento y los límites
- La norma propuesta es autocontenida
- La norma considera ensayos reconocidos y reproducibles en cualquier país
- Para efectos de fiscalización, la norma se asimila a la normativa existente
- El DS N° 122/91 se limita a hacer exigibles las normas de emisión de ruido

- Los métodos son simples y tecnológicamente compatibles con el sistema de revisión técnica

### 10.5 Conclusiones sobre los límites propuestos

- Los límites propuestos para buses medianos son idénticos a los de buses pesados
- Los límites propuestos para taxibuses son 2 dBA inferiores a los buses medianos y pesados
- Los límites propuestos para diferentes parámetros afectan uniformemente al parque
- Los límites propuestos para buses existentes son fijos, independientes del modelo
- Los límites propuestos de ingreso son graduales, descendiendo 3 dBA cada 4 o 5 años
- Los límites propuestos, para buses en uso ya homologados, son 5 dBA mayores que los valores medidos al momento de ser homologados

### 10.6 Conclusiones sobre la implementación de la norma de emisión

- Los límites para buses existentes afectan una fracción inferior al 20% del parque
- La 1a etapa (2001) afecta a un 58 % de los buses nuevos y requieren en promedio una reducción de 1,4 dBA para ser aceptados, lo cual sólo requiere adecuada mantención de los modelos actualmente comercializados
- La 2ª etapa (2005) requiere que los buses nuevos reduzcan las emisiones en 3,0 dBA en relación a los modelos 1998, lo cual es factible modificando la carrocería
- La 3a etapa (2010) requiere reducciones entre 3 y 6 dBA, por lo que necesariamente debe considerar nuevos modelos de chasis
- Los costos de inversión son de US\$ 9.300.- por planta revisora
- Los costos de operación son de US\$ 0,75 por vehículo
- La inversión para el centro de homologación puede alcanzar a US\$ 1.500.000.-
- Los costo de cumplimiento es de aprox. US\$ 1 millón/año durante 15 años