
EVALUACION DE LAS EMISIONES DE RUIDO DEL SISTEMA DE ESCAPE DE VEHICULOS DIESEL EN LA REGION METROPOLITANA

Roberto Santana M.

Departamento de Fiscalización

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Santa Beatriz 191 - Fono-Fax: 2352309 - Providencia, Santiago

RESUMEN

Las fuentes móviles son, en la actualidad, las principales responsables de los altos niveles de ruido en Santiago. Debido a esto surge la necesidad de desarrollar acciones concretas en torno a este tema las que, en su conjunto, constituyan una contribución real en la necesaria tarea de disminuir los actuales índices de polución sonora.

El ruido producido por el sistema de escape de un vehículo diesel, constituye uno de los aportes más significativos al nivel de ruido total emitido, por este tipo de vehículo, en condiciones normales de circulación. Es, además, la emisión más controlable pues se relaciona, fundamentalmente, con la mantención del sistema de escape y con la tecnología utilizada en la construcción de silenciadores.

En el presente trabajo se desarrolla un método que permite controlar las emisiones de ruido del sistema de escape de vehículos diesel. El método propuesto fue probado, preliminarmente, en la Planta de Revisión Técnica de Buses ubicada en Puente Alto. Posteriormente se implementó en un "Programa Piloto" desarrollado en la vía pública.

Mediante la utilización del método propuesto, se evalúa el estado actual de las emisiones de ruido del sistema de escape de vehículos diesel siendo posible establecer, a partir de la evaluación desarrollada, los niveles de ruido máximo permisibles del sistema de escape para este tipo de vehículos.



1. INTRODUCCION

La contaminación acústica en Chile es uno de los problemas ambientales no abordados, hasta el momento, de manera efectiva. En la actualidad son escasas las disposiciones que, de alguna manera, tienden a controlar este problema no existiendo, en el caso específico de las fuentes móviles, ninguna medida de control.

En el estudio encargado por la Intendencia de la Región Metropolitana denominado "Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en Santiago"(1989), se estableció que las fuentes móviles eran responsables de más del 70% del ruido en Santiago. Las siguientes mediciones, realizadas en distintos puntos de la capital, dan cuenta de esto. Estos puntos presentan un flujo mixto, es decir, un flujo compuesto tanto por vehículos livianos como pesados. La columna A, del cuadro #1, contiene niveles de ruido habituales en estos puntos. La columna B muestra los niveles de ruido medidos en los mismos puntos y horarios, el día del paro de la locomoción colectiva (03 de Mayo de 1995).

Cuadro #1
Niveles de ruido en distintos puntos de Santiago
Nivel de Ruido(dB (A))

Puntos de Control	A	B
Alameda(frente al Palacio de La Moneda)	79	67
Av.Providencia esq. Santa Beatriz	78,5	68
Amunategui esq.Santo Domingo	77,5	67,5
Bandera alt.250	78,9	69
Alameda esq. N.Retamales(altura terminal sur)	75	65,5

Los niveles de ruido presentados en el cuadro #1 están dentro del rango en el cual se produce la fatiga auditiva. Esta fatiga es causada por la exposición a niveles sobre los 75 dB(A), lo cual se traduce en una elevación transitoria del cansancio auditivo (elevación del nivel de percepción). La exposición reiterada y prolongada, a este tipo de ruidos, puede producir una disminución permanente y definitiva del nivel de percepción auditiva. Esto es reafirmado por la International Standarization Organization (1985) que señala que el riesgo de pérdida auditiva aparece cuando la exposición media sobrepasa los 75 dB(A).

De acuerdo con la anterior y debido a los altos niveles de ruido ambiental alcanzados, es que se hace necesario desarrollar acciones concretas que apunten a controlar este problema. Como ya se mencionó, en la ciudad de Santiago el principal aporte al ruido ambiental existente lo constituyen las denominadas fuentes móviles, siendo los vehículos pesados una de las principales contribuciones.

En este caso, la solución consiste en realizar un control directo sobre la fuente productora del ruido. Adquiere así, una gran importancia, el sistema de escape del vehículo. Un sistema de escape en malas condiciones, constituye un aporte preponderante al nivel de ruido total producido por un vehículo pesado en condiciones normales de circulación.

En el presente trabajo se desarrolla un método de control que permite evaluar el estado de las emisiones de ruido del sistema de escape de vehículos diesel tanto en la fiscalización en la vía pública como en plantas de revisión técnica. La primera parte de este trabajo contiene los resultados de las pruebas iniciales realizadas utilizando el método propuesto, en la planta de Revisión Técnica de Buses en Puente Alto. En la segunda parte se presentan los resultados del "Programa Piloto" implementado, tomando una muestra aleatoria de vehículos diesel en la vía pública.

2. MATERIAL Y METODO

Las pruebas iniciales se realizaron en la planta de Revisión Técnica de Buses de Puente Alto. Esta muestra está compuesta por mediciones efectuadas en 63 Buses Urbanos.

Las mediciones del "Programa Piloto" se realizaron tomando una muestra aleatoria, en la vía pública, en buses urbanos y camiones. En este caso, el sistema de muestreo consistió en realizar mediciones a 10 vehículos por punto de control, efectuando un control cada 10 minutos. Esta muestra está compuesta por 216 vehículos. El cuadro #2 contiene algunos de los puntos utilizados para realizar las mediciones.

Cuadro #2
Puntos de medición

Punto de Control	Comuna
Santa Rosa-Santa Elvira	Santiago
Matta-Carmen	Santiago
Mapocho-Brasil	Santiago
San Pablo-Lourdes	Santiago
Blanco-República	Santiago
Alameda-Rejas Sur	Est. Central
Las Rejas-Inf. Cerda	Est. Central
Grecia-Ramón Cruz	Ñuñoa
Macul-Los Plátanos	Macul
Vespucio-San Luis de Macul	Peñalolen
Lonquén-Pza. Oeste	Maipú
Camino Rinconada-El Cid	Maipú

Los lugares de medición debieron cumplir con algunas condiciones. Al momento de realizar la medición, la distancia de los extremos del vehículo a cualquier pared existente debió ser, de a lo menos, 3 mts. Las superficies utilizadas fueron superficies de una alta reflectividad acústica, exceptuándose las superficies de tierra o piedras. El nivel de ruido de fondo, en el punto de medición debió ser inferior en, al menos, 10 dB a los niveles medidos durante la prueba (ISO 5130, 1982).

Las mediciones se desarrollaron simultáneamente al control de opacidad en vehículos diesel. Se utilizó un sonómetro Lutrón, modelo SL-4001, dotado de micrófono con posibilidad de ubicación remota. Este sonómetro cumple con la norma internacional IEC 651 del tipo 2.

La implementación del sistema de medición consistió en anexas, en la parte superior del opacímetro, un soporte para el micrófono del sonómetro. Este soporte fue dotado de elementos amortiguadores en los puntos de unión con el opacímetro, para evitar posibles distorsiones en la medición debido a la influencia de vibraciones del tubo de escape.

El procedimiento de medición fue efectuado con el vehículo con su transmisión en neutro, las ruedas frenadas para evitar cualquier desplazamiento y el motor funcionando a régimen normal de temperatura (aproximadamente 80°C), sin acelerar (en ralentí). A partir de dicha condición, se presionó rápidamente el acelerador desde el ralentí a la posición de máxima potencia, manteniendo el pedal del acelerador en esa posición por no más de 10 segundos o hasta que el motor alcanzara su máxima velocidad gobernada, para después liberar el pedal de tal modo que el motor se desacelerara hasta llegar al ralentí. Esta operación se realizó dos veces para liberar de residuos al tubo de escape (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 1994).

Antes de comenzar con la medición, se debió determinar la posición del micrófono del sonómetro de acuerdo a la posición en la cual se encontraba dispuesto el tubo de escape del vehículo (ISO 5130, 1982). Se presentaron dos situaciones. La primera es aquella en la cual el tubo de escape se encontraba a 90° del eje longitudinal del vehículo, siendo en este caso colocado el micrófono del sonómetro hacia el lado externo del vehículo, lo más alejado posible del motor, orientado hacia arriba, con su eje en posición vertical y a una distancia de 0,5 mts. del tubo de escape.

El segundo caso es aquel en que el tubo de escape se encontraba paralelo al suelo. En este caso el micrófono del sonómetro debió ser ubicado a una distancia de 0,5 mts. de la parte final del tubo de escape, apuntando hacia él y formando un ángulo de $45^\circ \pm 10^\circ$ con el plano vertical que contiene la dirección del flujo de escape.

Una vez desarrollado el proceso anterior, se realizó el ciclo de medición por dos o más veces hasta que dos mediciones consecutivas no difirieran una de otra en más de 2dB(A). El nivel de ruido asociado a cada vehículo fue el mayor nivel alcanzado en las dos condiciones consecutivas que cumplieron con la condición anterior.

3. RESULTADOS

Los resultados de las mediciones, tanto en la planta de revisión técnica como en el "Programa Piloto" en la vía pública, se presentan en los gráficos N°1 y N°2 "Distribución de Frecuencia del Ruido".

A partir de estos resultados, se estiman los siguientes estadígrafos:

Cuadro #3
Estadígrafos asociados a la muestra

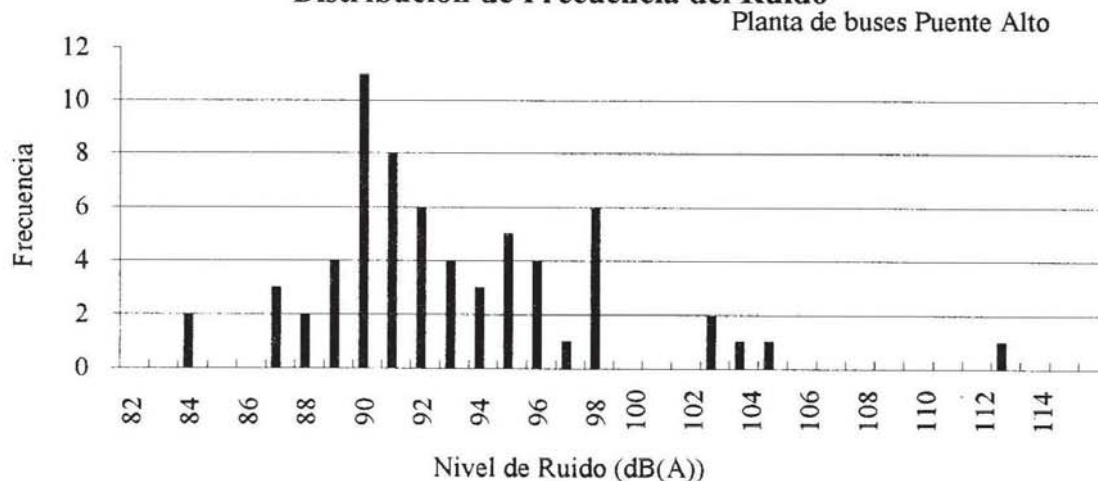
	(A)	(B)
$\langle X \rangle$: Media de la muestra	93 dB(A)	94,3 dB(A)
σ : Desviación estándar de la muestra	4,9 dB(A)	4,7 dB(A)
N : Número de muestras	63	216

(A) : Mediciones realizadas en la Planta de Revisión Técnica de Buses de Puente Alto

(B) : Mediciones realizadas en la vía pública

En el gráfico N°1, correspondiente a las mediciones realizadas en la planta de revisión técnica, se observaron, como valores mínimos y máximos, 84 dB(A) y 112 dB(A) respectivamente. La mayor frecuencia fue 90 dB(A), con 11 casos, constituyendo un 17,4 % de la muestra. Entre los 90 dB(A) y 92 dB(A) se observaron 25 casos, lo que representa un 39,6% del total de la muestra.

Gráfico N°1
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Distribución de Frecuencia del Ruido

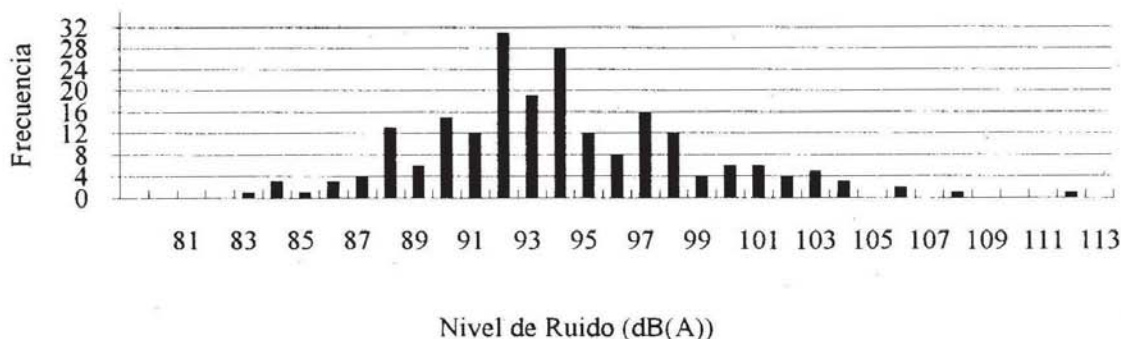


En el gráfico N°2, correspondiente al programa piloto con mediciones realizadas en la vía pública se observaron, como valores mínimos y máximos, 83 dB(A) y 112 dB(A) respectivamente. La mayor frecuencia se observó en los 92 dB(A), con 31 casos, representando un 14,4% de la muestra. Entre



los 92 dB(A) y 94 dB(A) existe una fuerte presencia de valores, que representan un 36,1% del total de la muestra.

Gráfico N°2
Ruido de Escape en Vehiculos Diesel
Distribución de Frecuencia del Ruido
 Medición en la vía pública

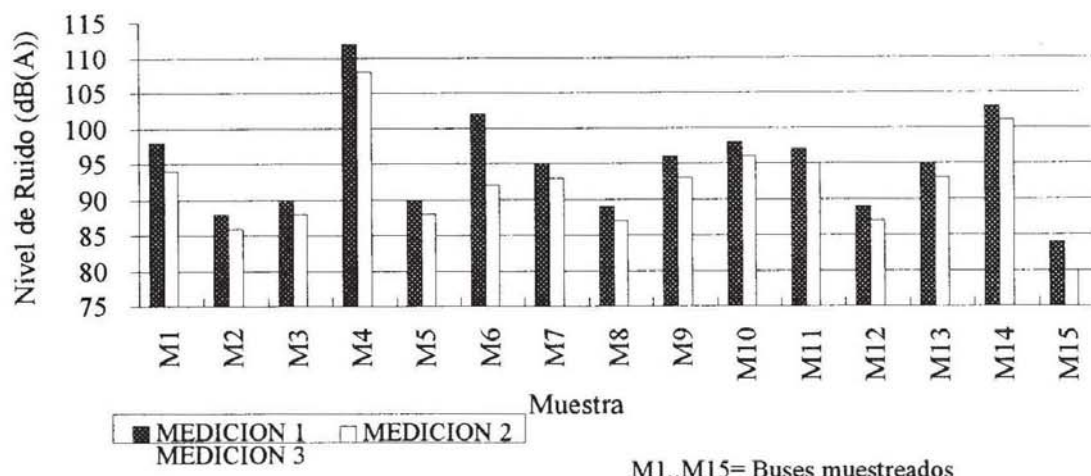


Se observa que los niveles de ruido en la vía pública, en general, son superiores a los niveles de ruido observados en la planta de revisión técnica. Esto es atribuible, fundamentalmente, a las modificaciones que se realizan en el vehículo diesel con el objeto de aprobar la revisión técnica.

Una de las modificaciones observadas fue la variación del flujo de combustible de la bomba inyectora. En numerosos casos, al no existir aprobación en el control de opacidad, se recurre a la disminución del flujo de la bomba inyectora. Se realizó un seguimiento a aquellos vehículos en los cuales se detectó esta operación, siendo los resultados presentados en el gráfico N°3, "Modificación de flujo bomba inyectora". Se observa claramente que la disminución del flujo de la bomba inyectora implica una disminución en el nivel de ruido medido en el sistema de escape. La disminución media en los casos estudiados fue de 3 dB(A).

Se observa que esta disminución de flujo de la bomba inyectora, con el propósito de aprobar el control de opacidad implica, en numerosos casos, que una vez que se ha cumplido con el objetivo que motiva esta modificación, se vuelva a la condición original con la cual se llegó a la planta. Es decir, el bus circula con un ruido mayor al que pueda ser registrado en la revisión técnica.

Gráfico N° 3
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Modificación de flujo bomba inyectora



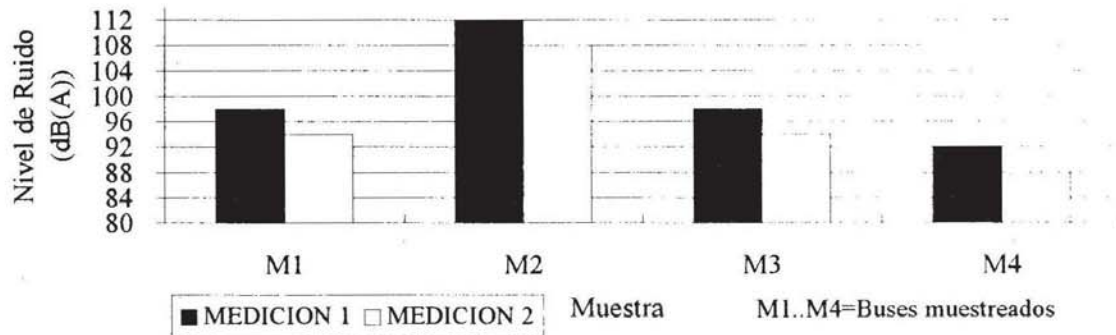
M1..M15= Buses muestreados

Otro punto importante es lo relacionado con aquellos buses que son rechazados en la planta de revisión técnica, por presentar fugas en el tubo de escape. En el gráfico N°4, "deficiencia en tubo de escape", se presentan cuatro de estos casos. En todos ellos, al reparar la fuga, se observa una disminución del nivel de ruido medido en la prueba. Estas fugas se presentan con frecuencia en la calle debido, fundamentalmente, al deterioro debido al uso.

Se compararon los niveles de ruido del sistema de escape registrados en el control de opacidad y los medidos al mismo bus en el dinamómetro. Esto último con el objeto de determinar si los niveles que se obtienen en el control de opacidad son representativos del ruido producido por el sistema de escape en condiciones normales de circulación. Se observó una diferencia media de 1,8 dB(A), lo cual indica que el método propuesto representa de manera bastante eficiente al ruido producido por el sistema de escape en condiciones normales de circulación.

Se observaron casos en los cuales el nivel de ruido medido durante la ejecución del método y el registrado en el dinamómetro eran semejantes. Estos casos corresponden a buses de fabricación reciente (modelos 1994, 1995), los que no presentaban deterioro de la carrocería. Esto produce, que en aquellos modelos de mayor antigüedad, aumente el nivel de ruido medido en el dinamómetro debido a vibraciones estructurales.

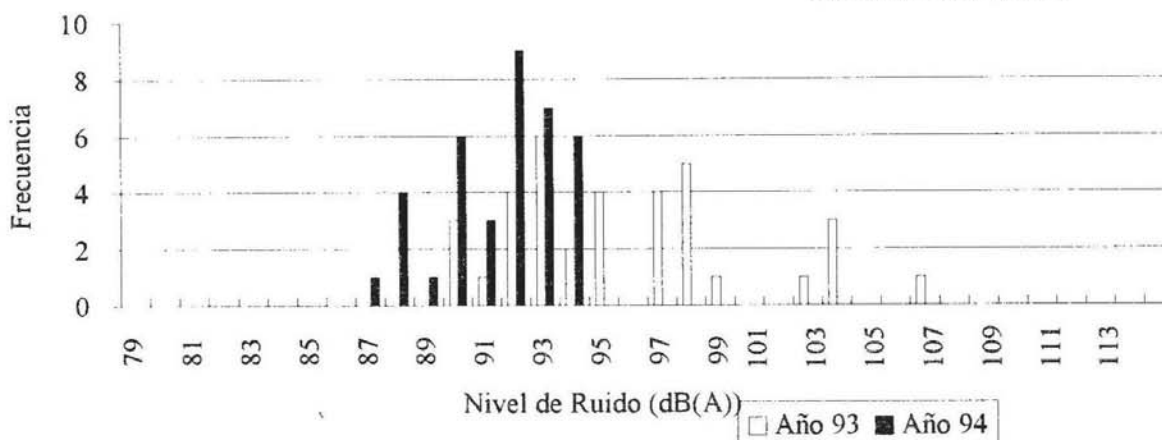
Gráfico N°4
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Deficiencia en tubo de escape



Del programa piloto implementado en la vía pública, se extraen las siguientes observaciones. En el gráfico N°5 se aprecia la influencia de factores tales como el deterioro por uso o un mantenimiento inadecuado. Se comparan los vehículos fabricados los años 1993 y 1994, dotados con tecnologías y potencias similares (año 1993, en su mayoría 150 CV y año 1994, 170 CV). Se observa que los niveles de ruido más altos alcanzados corresponden a vehículos fabricados en el año 1993. Además, puede apreciarse en el cuadro #4, que el nivel de ruido medio de los vehículos fabricados en el año 1993 es superior al nivel de ruido medio de los vehículos fabricados en el año 1994.

Gráfico N°5
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Distribución de frecuencia del ruido

Buses años 1993 y 1994



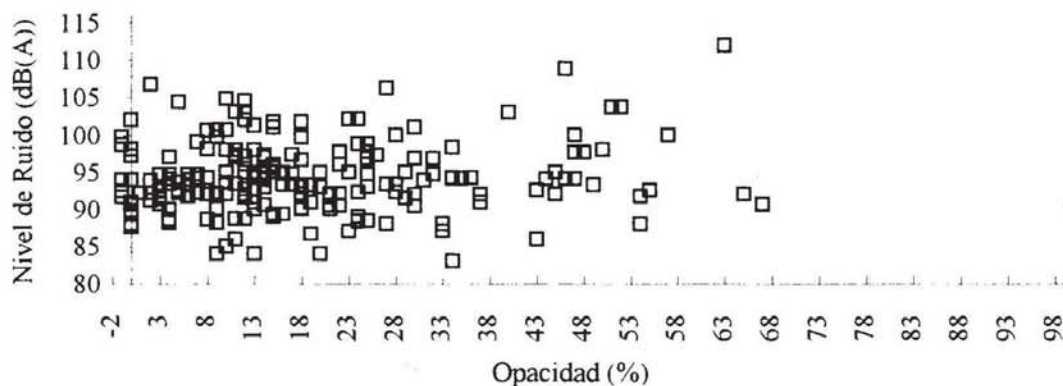
Cuadro #4
Comparación de niveles de ruido
de años consecutivos de la muestra

	Año 1993	Año 1994
Nivel de Ruido(dB(A))	95,29	92,02

Uno de los supuestos iniciales en torno al ruido producido por el sistema de escape, era su asociación con la potencia del motor. Es decir, que al ser mayor la potencia, debería observarse un aumento del nivel de ruido. Sin embargo, al correlacionar el nivel de ruido con la potencia de motor, no se observa correlación (0.016) (TSP International, 1986). Debido a esto es posible afirmar que el ruido de escape del parque actualmente existente, no guarda relación con la potencia del motor. Sin embargo, no es posible afirmar, categóricamente, que el ruido de escape no tenga alguna relación con la potencia, puesto que la muestra analizada está "contaminada" por otros factores, tales como la ausencia o ineficacia del silenciador, deterioro por uso, mantenimiento inadecuado, etc.

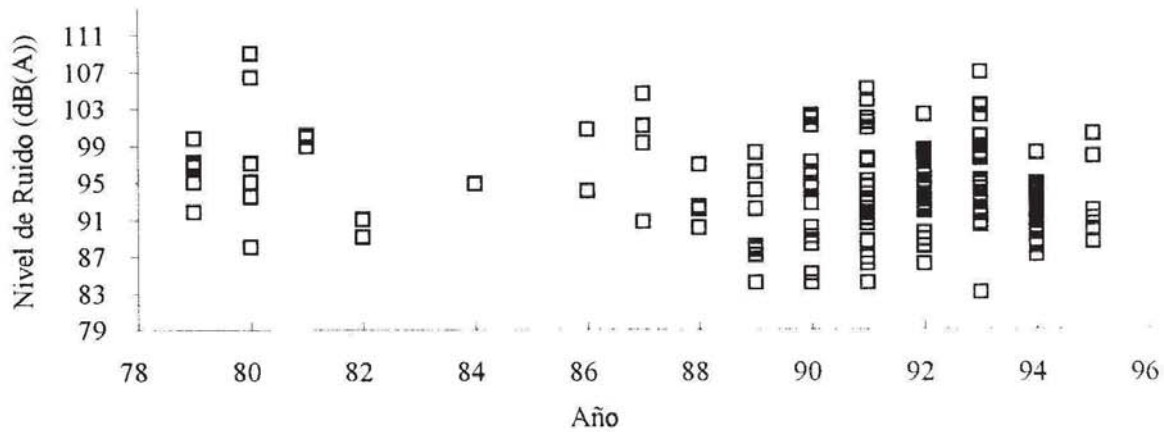
Se analizó la posible existencia de alguna relación entre el porcentaje de opacidad y el nivel de ruido. Es decir, verificar si los vehículos con porcentajes altos de opacidad, eran también vehículos con elevados niveles de ruido. El gráfico N°6 presenta porcentaje de opacidad v/s nivel de ruido. No se observa, gráficamente, ningún tipo de relación. Esto se reafirma con la correlación observada (0.079). La inexistencia de correlación permite afirmar que, en la situación actual, el ruido de escape no depende del estado de mantención del motor, sino que el ruido existente depende, fundamentalmente, del sistema de escape.

Gráfico N°6
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Opacidad (%) v/s Nivel de Ruido (dB(A))



El gráfico N°7 asocia nivel de ruido con año de fabricación. Se observa que en los vehículos más antiguos no existe ningún tipo de correlación, apreciándose aquí claramente el efecto que sobre el ruido tiene el estado de mantención del sistema de escape. Esto es, vehículos con características y tecnologías similares presentan niveles de ruido diferentes. En los vehículos más nuevos es posible apreciar la existencia de correlación, aunque baja, entre el nivel de ruido y el año de fabricación. La correlación entre estas dos variables (-0.29) muestra una disminución del nivel de ruido al disminuir la edad del vehículo. La correlación existente, reafirma el concepto de que la influencia de factores tales como la ausencia o ineficiencia del silenciador tienen fundamental incidencia en el nivel de ruido observado.

Gráfico N°7
Ruido de Escape en Vehículos Diesel
Año v/s Nivel de Ruido (dB(A))



Finalmente, es posible afirmar, que los niveles de ruido provenientes del sistema de escape de los vehículos diesel actualmente existente dentro del parque vehicular, son elevados. Prueba de esto son la media de la muestra, 94.3dB(A), y el hecho de que alrededor del 12% de los vehículos muestreados superen los 100 dB(A).

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, puede afirmarse que la principal causa de los altos niveles de ruido del sistema de escape de los vehículos diesel que existen actualmente dentro del parque vehicular se relacionan, fundamentalmente, con la ausencia o ineficiencia en la construcción del silenciador, deficiencias en la mantención y el deterioro por uso del sistema de escape.

Los altos niveles de ruido observados demuestran la necesidad de desarrollar acciones concretas con el objeto de disminuir estos altos índices de contaminación sonora. Este estudio demuestra la factibilidad de desarrollar un procedimiento de control en relación a las emisiones de ruido del sistema de escape en vehículos diesel, tanto en plantas de revisión técnica como en la vía pública.

Debido a que no ha existido ningún tipo de fiscalización en relación a las emisiones de ruido del sistema de escape es necesario que, al momento de definir cual deba ser el criterio para determinar los niveles máximos permisibles de ruido del sistema de escape de vehículos diesel se deban tener en cuenta las condiciones del parque actualmente existente y los niveles de ruido que puedan considerarse, de alguna manera, como menos perjudiciales. Por lo anterior, es que en una primera etapa, sea recomendable fijar un sólo nivel máximo permisible para vehículos diesel, siendo este valor

disminuido, progresivamente, de acuerdo a las mejoras tecnológicas de los silenciadores y el mejoramiento de la calidad de la mantención del sistema de escape.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los profesionales del Departamento de Fiscalización del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones que, con profesionalismo y entusiasmo, han colaborado en el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

Intendencia de la Región Metropolitana (1989) **Estudio Base de Generación de Niveles de Ruido en Santiago**, Santiago, Chile.

ISO (1985) **Recomendation 1992-2**, ISO-Ginebra.

ISO 5130 (1982) **Acoustics- Measurement of noise emitted by stationary road vehicles- Survey method**, Switzerland.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (1994) **Decreto Supremo N°4**, Santiago, Chile.

TSP International (1986) **TSP Version 4.1 B. Reference Manual**, TSP International, Palo Alto, USA.