

ISSN 0188-7297



Certificado en ISO 9001:2000‡



SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

“IMT, 20 años generando conocimientos y tecnologías para el desarrollo del transporte en México”

---

# EVOLUCIÓN DEL RUIDO VEHICULAR CARRETERO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN 2002 A 2006

Miguel Antonio Flores Puente  
Octavio Agustín Rascón Chávez  
Juan Fernando Mendoza Sánchez  
Rodolfo Téllez Gutiérrez

Publicación Técnica No 296  
Sanfandila, Qro. 2006



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Evolución del ruido vehicular carretero del estado de  
Nuevo León de 2002 a 2006**

**Publicación Técnica No. 296  
Sanfandila, Qro, 2006**

---



Esta investigación fue realizada en el Área de Medio Ambiente, de la Coordinación de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte, por el Quím. Miguel Antonio Flores Puente, Investigador del Área de Medio Ambiente del IMT; el Dr Octavio Agustín Rascón Chávez, Director General del IMT; el M en C Juan Fernando Mendoza Sánchez, investigador del IMT; y el M en C Rodolfo Téllez Gutiérrez, Coordinador de Infraestructura del IMT.

Se reconoce el apoyo de Raúl Vicente Orozco Escoto, Alejandro Rivera Contreras, y Verónica Reyes Llamas para elaborar el escrito.

---

# Índice

---

Resumen		v
Abstract		vii
Resumen	Ejecutivo	ix
Capítulo 1.	Introducción	1
Capítulo 2.	Marco teórico	5
Capítulo 3.	Desarrollo del estudio	39
Capítulo 4.	Procesamiento y análisis estadístico de datos	55
Capítulo 5.	Índice ambiental	79
Capítulo 6.	Conclusiones y recomendaciones	81
Bibliografía		83
Anexos		85



## Resumen

---

En el año 2000, el Instituto Mexicano del Transporte inició una línea de investigación referida a la medición de ruido vehicular en algunas de las carreteras más importantes de diversos estados de la República Mexicana con objeto de diagnosticar su severidad, y establecer criterios de regulación del mismo (refs 2,3,4,5,12).

Para el trabajo de investigación en el estado de Nuevo León, se evaluaron algunos tramos representativos, y se tomó la determinación de seleccionar ocho puntos críticos, donde el efecto del ruido generado por la operación del transporte pudiera tener impactos negativos en la población circunvecina, o en los mismos usuarios.

Se realizaron las mediciones correspondientes mediante equipos especializados, y con ellos se registró el nivel de ruido equivalente, Leq de 60 s, con intervalos de 2 min entre las 8:30 y las 16:00 h. Se obtuvieron en total 225 lecturas por punto, dando en conjunto 1.800 datos.

Dado que en todos los sitios estudiados los niveles de ruido fueron muy altos, el IMT se dio a la tarea de realizar una propuesta de normatividad para regular el ruido en las carreteras nacionales (ref 12).

Debido a lo anterior, en el año 2006 se decidió realizar un segundo proyecto de medición de niveles de ruido en las principales carreteras de Nuevo León, con la principal finalidad de comparar los valores de ambos estudios, y ver de qué manera ha evolucionado la generación de ruido en estos años, y al mismo tiempo construir un “indicador ambiental de ruido” que sirva de referencia para el seguimiento de este impacto ambiental en años próximos.



## **Abstract**

---

In the year 2000, the Mexican Institute of Transportation started a research line to measure noise pollution generated by the operation of transport in some of the most important highways at different states of Mexico, in order to find their severity and to establish criterion of noise regulation.

In this research some representative sections were evaluated from the major highways of Nuevo Leon State. Critical points where selected having effect of noise pollution generated by the operation of the transport, with negative impacts for the human health around the neighboring population, or to the same highway users.

The measurements were taken with specialized equipment. It was registered the level of equivalent noise, Leq of 60 seconds, with intervals of 2 minutes between 8:30 and 16:00 hours. By section of study, it was obtained 225 lectures everyday giving a total of 1.800 results.

Due to results obtained in all studies, with noise levels to high; the Mexican Institute of Transportation realized a proposal of standard regulation to normalize the noise at national highways (ref 12).

In order to study the evolution noise levels, in 2006 year was realized a second phase of level measurements of noise at the same highway sections of Nuevo Leon State, with the principal purpose of comparing values of both studies, and to see the reason to generating noise has grew up between those years, and at the same time to built an "environmental index of noise" that uses as reference to the follow-up of this environmental impact in the next years.



## Resumen ejecutivo

---

En el año 2000, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), inició una línea de investigación respecto a la evaluación del ruido que producen los vehículos en algunas de las carreteras más importantes de la República Mexicana con objeto de cuantificar los niveles de ruido, y proponer criterios de regulación del mismo (refs 2,3,4,5,12).

La investigación respectiva se realizó en las carreteras que inciden en la ciudad de Monterrey, Nuevo León; después de varios recorridos por la red carretera del estado, se evaluaron algunos tramos representativos, y se tomó la determinación de seleccionar ocho puntos críticos donde el efecto del ruido generado por la operación del transporte pudiera tener impactos negativos en la población circunvecina, o en los mismos usuarios.

El ruido es un factor muy importante que se debe estudiar, debido a que se ha catalogado como un contaminante ambiental que afecta a las personas; en los años recientes se ha reconocido que el ruido es un problema grave no sólo en México, sino también en otros países.

Por tanto, existe fuerte necesidad de estudiar la problemática que genera el ruido por la operación del transporte, y por la convicción de establecer medidas de control de este fenómeno, identificando los puntos críticos donde el nivel de ruido que genera el tránsito de vehículos es molesto, al grado que perturbe la tranquilidad y la calidad de vida de la población establecida en la cercanía de las carreteras. En la tabla 1 se pueden apreciar los puntos de estudio elegidos.

**Tabla 1 Secciones de estudio en el estado de Nuevo León**

Punto	Secciones de estudio	Sentido
1	Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	Monterrey
2	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	Nuevo Laredo
3	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500	Nuevo Laredo
4	Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	Monterrey
5	Carretera Cd. Victoria - Monterrey, km 264+800	Monterrey
6	Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	Reynosa
7	Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500	Reynosa
8	Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000	Monterrey

En el periodo de cinco años, del 2002 al 2006, se ha visto un desarrollo creciente en el estado, donde se han tomado medidas de modificación y ampliación en la infraestructura carretera para evitar congestionamientos, a fin de eficientar el transporte entre las principales ciudades colindantes.

En las tablas 2 y 3 se puede ver el reporte del tránsito promedio diario anual, TDPA, en los años 2002 y 2006, respectivamente (ref 4)

**Tabla 2 TDPA registrado en el año 2002**

SECCIONES DE ESTUDIO	TDPA <small>(Ambos sentidos de circulación)</small>	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
		A	B	C
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	20864	66%	5%	29%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	8558	52%	5%	43%
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	5664	81%	2%	17%
Carretera Cd. Victoria - Monterrey, km 264+800	20942	78%	6%	16%
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	11414	74%	4%	22%
Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000	9084	44%	1%	29%

**Tabla 3 TDPA registrado en el año 2006**

SECCIONES DE ESTUDIO	TDPA <small>(Ambos sentidos de circulación)</small>	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
		A	B	C
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	23874	79%	5%	16%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	10163	58%	11%	31%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500	6648	71%	7%	22%
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	5751	85%	4%	11%
Carretera Monterrey- Cd Victoria, km 264+800	23552	82%	4%	14%
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	12547	79%	4%	17%
Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500	6727	78%	6%	16%

Los objetivos de este trabajo son:

- Realizar la medición del ruido generado por el transporte en carreteras del estado de Nuevo León en 2006
- Comparar los datos obtenidos en la investigación del 2002 con los de 2006
- Contribuir a la formación de indicadores ambientales en materia de ruido carretero, para integrarlos en el estudio de los índices de sustentabilidad del estado
- Comparar los resultados del ruido medido en Nuevo León con los del estado de Querétaro (ref 13)
- Dar seguimiento y complementar la línea de investigación de ruido carretero para reforzar y sustentar la necesidad de la normativa nacional propuesta por el IMT

En la tabla 4 se presentan los valores del nivel de ruido, medido por los parámetros Leq (total), Leq 50, Leq 10, y Leq (h), correspondientes a 2002 y 2006.

**Tabla 4 Resumen de resultados obtenidos en los dos estudios realizados en los años 2002 y 2006**

Secciones de estudio	Leq (total)		Leq 50		Leq10		Leq(h)	
	2000	2006	2000	2006	2000	2006	2000	2006
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	78,1	77,4	77,0	76,8	80,5	80,3	79,0	79,2
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	71,0	71,9	70,0	71,2	83,2	76,4	81,8	74,6
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500 *		72,2		71,8		83,2		81,6
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	74,3	71,2	72,0	69,9	83,0	79,8	81,5	79,3
Carretera Cd Victoria - Monterrey, km 264+800	71,9	76,8	73,5	76,2	81,0	81,4	79,3	79,7
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	75,1	74,6	75,0	74,0	80,6	76,4	79,6	74,8
Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500 *		74,2		73,9		81,4		79,0
Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000 **	71,0		70,0		83,2		81,8	

Las conclusiones:

1. El ruido, medido en términos del indicador  $Leq(\text{total})$ , que es el más utilizado en las normas internacionales, ya de por sí intenso, creció ligeramente en algunos sitios carreteros del año 2002 al 2006, con un máximo de 77,4dB para  $Leq(\text{total})$  en la carretera Monterrey-Saltillo.
2. Se encontró buena correlación positiva entre los indicadores  $Leq(\text{total})$  y  $Leq(50)$  con el TDPA total, lo cual pronostica un crecimiento en los niveles de ruido que va de 2,78dB a 2,84dB por cada incremento de diez mil vehículos en el TDPA que ocurra a lo largo del tiempo.
3. Se encontró buena correlación positiva entre los indicadores  $Leq(\text{total})$  y  $Leq(50)$  con el TDPA de tránsito pesado, lo cual pronostica un crecimiento de los niveles de ruido que va de 13,37 a 13,96dB, respectivamente, por cada incremento de diez mil vehículos pesados que suceda a lo largo del tiempo.
4. El Índice Ambiental de Ruido (IAR), que se propone en este trabajo permite comparar a objetivos y fácilmente el ruido vehicular en cada carretero, con los 65dB que establece como máximo la OCDE. En los casos aquí analizados, el IAR asume el valor más grande en Querétaro, de 1,31; y el más pequeño en Nuevo León, de 1,09.

NOTAS:

\* Para ampliar la cobertura del estudio, en 2006 se decidió medir los niveles de ruido en dos carreteras adicionalmente.

\*\* Está sección no se le dio seguimiento debido a que las condiciones del tránsito cambiaron.

# 1 Introducción

---

El ruido es un factor muy importante que se debe estudiar, en virtud de que se ha catalogado mundialmente como un contaminante ambiental que afecta directamente a las personas. Sin embargo, dado que no se perciben de manera inmediata los daños que puede llegar a ocasionar, se ha reconocido que el ruido es un problema grave no sólo en México, sino también en otros países.

En México no se cuenta con una normatividad que regule los niveles de ruido del transporte en carreteras; por eso la definición y aplicación de indicadores ambientales surge como una de las múltiples respuestas a la necesidad de lograr el desarrollo sustentable, a partir del diseño de indicadores que muestren de forma real, qué tan cerca o lejos estamos de un problema ambiental.

Con el fin de contribuir a un mejoramiento sustancial del medio ambiente y de la calidad de vida, a través de una concientización más profunda de toda la sociedad y del Gobierno, acerca de las condiciones del deterioro ambiental y de las acciones necesarias para revertirlo, se requiere formular indicadores ambientales que ayuden a tomar decisiones basadas en información y en fundamentos técnicos y científicos, y que señalen puntos importantes en el desempeño ambiental y su relación con las condiciones socioeconómicas estado de Nuevo León, toda vez que los indicadores han sido una herramienta eficaz a través de la cual los datos ambientales, que pueden llegar a ser complejos, se transformen en una vía de análisis y comunicación sencilla.

## 1.1 Antecedentes

El ruido se genera por el modo de vida moderno; éste es una sensación auditiva molesta y una de las perturbaciones ambientales que de manera muy importante afecta a la sociedad establecida en ciudades o en tramos carreteros, donde el flujo vehicular es constante, y cada vez es más elevado por el continuo aumento de la población y del parque vehicular; el ruido en muchas ocasiones no es medido por sus efectos, pues no suele manifestarse de forma inmediata ni tan evidente, como otros contaminantes que degradan el medio ambiente.

Se considera que el ruido en niveles altos y constantes es un problema para el medio ambiente y para la salud de las personas, ya que genera daños fisiológicos y psicológicos.

Estudios realizados por países de la Unión Europea; la Organización Mundial de la Salud (OMS); y la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), han considerado los altos niveles de ruido que se generan en las ciudades y carreteras, ya que se ha calificado como un problema que puede afectar la salud, la calidad de vida, y el medio ambiente.

En el 2000, el Instituto Mexicano del Transporte inició una línea de investigación respecto a la generación de ruido en algunas de las carreteras más importantes de la República Mexicana, con objeto de medir los niveles de ruido, realizar diagnósticos, y establecer criterios de regulación del mismo.

El trabajo que se realizó en el año 2002, en las carreteras del estado de Nuevo León, consistió en evaluar algunos tramos representativos, donde se estimó que el efecto del ruido producido por la operación del transporte pudiera tener impactos negativos en la población circunvecina, o en los mismos usuarios.

Se realizaron las mediciones correspondientes con equipos especializados, con los cuales se registraron las lecturas del nivel de ruido equivalente Leq de 60 segundos con intervalos de 1 minuto, entre las 8:30 y las 16:00 h.

Dado que en todos los puntos estudiados los niveles de ruido son muy altos, el IMT se dio a la tarea de proponer una norma para regular el ruido en carreteras nacionales (ref 12).

## **1.2 Definición del problema**

La realización de esta investigación resultó de la necesidad de conocer la evolución del 2002 al 2006 del nivel del ruido generado por la operación del transporte, y de continuar justificando las medidas de control de este fenómeno, identificando los puntos críticos donde el nivel de ruido sea molesto y perturbe la tranquilidad, perjudicando la calidad de vida de la población en la cercanía de las principales carreteras de Nuevo León, por tratarse de una entidad en constante crecimiento económico e industrial, así como de población y del parque vehicular.

## **1.3 Justificación**

Con la inquietud de proponer medidas de control del ruido generado por el tránsito vehicular en las carreteras de Nuevo León, por ser un problema ambiental que no se controla fácilmente e incluso pueden pasar varios años para aplicar normas de control, es de gran interés realizar estudios periódicos de campo, e incluso diseñar un indicador ambiental que arroje respuestas sobre el impacto en el ambiente y en las personas. El ruido es un fenómeno difícil de estudiar, y en el momento de medirlo, intervienen muchos factores, como el de infraestructura y el de los vehículos.

## 1.4 Objetivos

- Realizar la medición del ruido generado por el transporte en carreteras del estado de Nuevo León en 2006
- Comparar los datos obtenidos en la investigación del año 2002 con los de 2006
- Contribuir a la formación de indicadores ambientales en materia de ruido carretero.
- Comparar los resultados del ruido medido en Nuevo León con los del estado de Querétaro (ref 13)
- Dar seguimiento y complementar la línea de investigación de ruido carretero para reforzar y sustentar la necesidad de la normativa nacional propuesta por el IMT



## 2 Marco teórico

---

### 2.1 Ruido

Puede definirse como ruido, cualquier sonido que sea desagradable; sin embargo, el nivel para que un ruido pueda ser molesto no sólo depende de la intensidad y frecuencia del sonido, sino también de nuestra actitud hacia él.

Este carácter de molestia, unido a la definición de ruido, añade un componente de carácter no acústico que necesita de la integración de la fisiología, la psicología, la sociología y otras disciplinas, para ser correctamente interpretado.

Las molestias debidas al ruido dependen de numerosos factores. El índice que se seleccione debe ser capaz de contemplar las variaciones o diferentes situaciones, de al menos los siguientes aspectos:

Energía sonora. Las molestias que produce un sonido están directamente relacionadas con la energía del mismo; a más energía, mayor molestia.

Tiempo de exposición. Para un mismo nivel de ruido, la molestia depende del tiempo de exposición; en general, un mayor tiempo de exposición supone un mayor grado de molestia.

Características del sonido. Para un mismo nivel de ruido e igual tiempo de exposición, la molestia depende de características del sonido: espectro de frecuencia, ritmo, etc.

Receptor. No todas las personas consideran el mismo grado de molestia para el ruido; depende de factores físicos, sensibilidad auditiva y, en mayor medida, de factores culturales.

Actividad del receptor. Para un mismo sonido, dependiendo de la actividad del receptor, éste puede considerarse como un ruido o no. Algunas actividades o estados requieren ambientes sonoros más silenciosos (lectura, enfermedades, conversaciones, etc), percibiéndose como ruido cualquier sonido no relacionado con la actividad.

Expectativas y calidad de vida. En este punto se engloban aquellos aspectos subjetivos, difíciles de evaluar al relacionarse con la calidad de vida de personas de ciertos grupos; las exigencias de calidad ambiental para el tiempo; y los espacios dedicados al ocio, siendo muy superiores a las de las otras situaciones.

## **2.2 El sonido**

Se origina por las vibraciones de un cuerpo sonoro. Está formado por ondas que se propagan a través de un medio, que puede ser líquido, gaseoso o sólido; De ahí que sea indispensable un medio transmisor para que exista sonido; esa es la razón por la cual en el espacio interestelar no exista sonido, ya que no se compone de ningún elemento material con la capacidad de propagar ondas.

El sonido llega a nosotros gracias a que las partículas que componen el aire vibran y transmiten sus ondas.

## **2.3 Velocidad del sonido**

Varía dependiendo del medio transmisor de éste. El aire es el principal propagador del sonido; y la velocidad en él es de 331,3 m/s. En el agua, la velocidad del sonido es de 1.450 m/s, ya que las partículas están más juntas y propagan antes sus vibraciones. La velocidad del sonido también depende de la temperatura; cuanto mayor es esta, mas grande es la rapidez con la que se desplazan las ondas.

Las ondas sonoras son esferas concéntricas producidas por la contracción y dilatación que experimentan las moléculas de aire cuando se le comunican las vibraciones de un cuerpo sonoro, y se van ampliando y mitigando con la distancia hasta que se acaban perdiendo.

Se denomina frecuencia al número de ondas que caben en un tiempo determinado, y se mide en Hertz.

Amplitud se refiere a la magnitud que alcanzan las ondas, y establece el volumen o nivel sonoro. Cuando se escucha música a muy alto volumen, la amplitud es tan alta que puede llegar a causar daños en el tímpano.

### **2.3.1 Reflexión del sonido**

Cuando las ondas chocan contra un obstáculo, una parte de la energía es absorbida por el obstáculo y la otra parte es regresada en sentido contrario al camino que había realizado.

Hay diversos tipos de reflexión del sonido, destacando el eco y la resonancia:

- El eco se produce cuando la reflexión del sonido se realiza contra un obstáculo lejano; el sonido reflejado se aprecia cuando el sonido original deja de percibirse
- La resonancia tiene lugar cuando el obstáculo con el que choca el sonido no está lo suficientemente lejos, y el sonido reflejado se confunde con el emitido

## 2.4 Cualidades del sonido

El sonido tiene cuatro cualidades: altura, intensidad, timbre, y duración.

Altura: permite distinguir la gravedad o elevación del sonido para distinguir entre un sonido grave y otro agudo.

Intensidad: es la fuerza con la que se produce un sonido. Depende de la amplitud de las vibraciones generadas por un cuerpo sonoro. La intensidad aumenta cuanto mayor es la fuerza con la que se emite un sonido. No se propaga siempre con la misma intensidad, ya que también depende de la distancia que recorre; por ejemplo, la intensidad no es la misma a 1m de donde se produce el sonido, que a 4m.

Timbre: es lo que nos hace que distingamos entre el sonido producido por determinado instrumento, o generado por otro diferente.

Duración: indica el tiempo que un sonido permanece en el oído. Depende de las vibraciones originadas por el sonido, y se obtendrán sonidos largos o cortos.

## 2.5 Contaminación por ruido

Sin embargo, hasta no hace muchos años el ruido se considera, únicamente como un subproducto accidental de la actividad humana, que en ocasiones podía ser perjudicial o molesto. Se trataba como un mal menor, difícil de caracterizar; no es constante en el tiempo ni en el espacio, no mata, no degrada el medio de modo tan evidente como lo hacen otros tipos de contaminación, por ejemplo, los vertidos de aguas residuales o los residuos sólidos. Fue en 1972 cuando la Organización Mundial de la Salud (OMS) catalogó el ruido, como una forma más de contaminación. Actualmente es considerado uno de los contaminantes ambientales más molestos y que más inciden sobre el bienestar de los ciudadanos; pero sigue siendo la contaminación peor regulada de todas las existentes.

En las últimas décadas se ha percibido un cambio en las condiciones acústicas de las ciudades (incremento del parque vehicular, mecanización de las actividades, cambio de usos de la vía pública, etc.), produciéndose un incremento en el nivel de ruido ambiental.

### 2.5.1 Características del ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- Es el contaminante más barato de producir, y necesita muy poca energía para ser emitido
- Es complejo de medir y cuantificar

- No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero sí puede reflejarse en un efecto acumulativo en sus efectos en el hombre
- Tiene un radio de acción mucho menor que otros contaminantes; vale decir que es localizado
- No se traslada a través de los sistemas naturales, como el aire contaminado movido por el viento
- Se percibe sólo por un sentido: el oído, lo cual hace subestimar su efecto

## **2.5.2 Las fuentes de ruido ambiental**

Todos los estados disponen de clasificaciones similares de las fuentes de ruido ambiental, relacionadas con las diversas actividades humanas: tráfico por carretera; tráfico ferroviario; tráfico aéreo; industria; ingeniería civil; actividades de construcción; actividades recreativas; etc. Estas clasificaciones difieren entre sí desde un punto de vista fenomenológico; y de como la actitud de la población respecto al ruido varía en función del origen del mismo y se percibe en forma diferente.

Algunas de las fuentes, como el tráfico, las obras o la industria, se asocian al progreso tecnológico; mientras que otras se vinculan con tendencias sociales, como serían las zonas de concentración de ocio y las modas musicales. En ambos casos se da por supuesto que el ruido es un componente inherente al desarrollo; sin embargo, paradójicamente, cuanto más desarrollado es un país, no por ello tiene que ser más ruidoso. No obstante, crece la desconfianza y se generaliza el pensamiento de que a pesar del desarrollo tecnológico y de la forma en que se incrementa en la sociedad actual el posicionamiento frente al ruido, existe el convencimiento de que el número de fuentes de ruido, y el número de lugares y personas afectadas crecerá en el futuro, si es que no se implementan con firmeza medidas a corto, medio y largo plazos que puedan detenerlo o ejercer un control.

## **2.5.3 La contaminación acústica generada por el tránsito vehicular**

Los vehículos son las principales fuentes de ruido en las urbes. Aproximadamente, el 80% del ruido que se genera en las ciudades es responsabilidad del tránsito vehicular.

Esto se debe a que a partir de la década de los 70's se ha presentado un aumento exponencial de los medios de transporte y de su utilización, provocando un sensible incremento de los niveles del ruido en los ambientes exteriores, principalmente en los núcleos urbanos y en las carreteras.

El ruido generado por el tráfico es una secuencia temporal de la suma de niveles sonoros variables emitidos por los vehículos que transitan. Proceden del motor y de las transmisiones, y de la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire.

Todo ello aumenta el nivel sonoro con el incremento de la velocidad y del deterioro del pavimento. Otras circunstancias relevantes en la generación de esta clase de ruido son el volumen y la configuración del vehículo, la cantidad de las unidades que circulan, y las que lo hacen al mismo tiempo por un lugar determinado; el tipo de calzada, adoquines, concreto, asfalto, etc.

Las medidas correctivas para reducir los niveles de ruido originado por la circulación de automotores en la ciudad pueden plantearse, bajo diferentes aspectos. Unas son de carácter legal, que obligan a reducir los niveles de ruido de las unidades, otros se materializan en el diseño de la vía, y en los materiales que se utilizan; otras son medidas de mitigación, como las pantallas y los túneles que dificultan la transmisión de la onda sonora desde donde se produce, hasta donde se recibe. Por otro lado, para evitar las reflexiones sonoras, el método más eficaz es el de los revestimientos acústicamente absorbentes. El método más efectivo son los túneles, aunque resultan más caros; sin embargo, se debe tener mucho cuidado para evitar el efecto túnel, que consiste en la acumulación de ruidos en la salida.

Según la OCDE, hay un predominio de los ruidos provocados por los medios de transporte en relación con las demás fuentes de ruido y, en concreto, que dependiendo de cada país, entre el 15 y el 40% de la población está sometida a niveles de ruido superiores a 65 dB(A) procedentes del tráfico. En cuanto a ferrocarriles, el 1,7% de la población; y respecto al transporte aéreo, más del 1% de la población está expuesta a estos niveles elevados.

El transporte aéreo es también una fuente de contaminación acústica que hay que tener en cuenta, aunque su incidencia sonora suele estar muy localizada en las zonas limítrofes a los aeropuertos, y sólo muy indirectamente contribuiría a aumentar los niveles acústicos de la ciudad. Finalmente, influyen también las condiciones físicas de propagación sonora, desde la vía hasta el receptor. Todas ellas constituyen factores que actúan de manera notable en los niveles de ruido ambiental como resultado del tránsito de los vehículos.

Los agentes de menor impacto son aquellos de ocurrencia esporádica, como: gritos de niños que juegan en calles y parques; conciertos al aire libre; ferias y vendedores callejeros; sonidos de animales domésticos; fuegos artificiales, etc.

Todas las fuentes de ruido contribuyen en mayor o menor medida al "ambiente sonoro", que caracteriza nuestras ciudades. Y todas las personas están expuestas a los diferentes niveles de ruido.

## **2.5.4 Medición del ruido**

El ruido está determinado en gran medida por la percepción subjetiva de las personas, la que varía de un individuo a otro; a menudo en una sola persona cambia de acuerdo con su disposición en ese momento. Dada su naturaleza subjetiva, el ruido no puede medirse en unidades objetivas. Pero para clasificar y comparar los diferentes casos de ruido, es necesario por lo menos, obtener una descripción cuantitativa razonable.

La unidad de medición física es la presión del sonido en Pascales (Pa). El sonido perceptible cubre un amplio intervalo de intensidades, desde 0.00002 Pa en el umbral auditivo, hasta 20 Pa en el umbral del dolor. La presión real del sonido se divide entre la del umbral auditivo, seguida de una transformación logarítmica. Esta unidad denominada Bell (B) se divide en submúltiplos, conocidos como decibeles (dB), que es la forma más común de representar el nivel de un sonido.

### **2.5.4.1 Formas de medición**

El ruido producido por los vehículos circulando por carretera se mide en decibeles "A"; que es la unidad para medir un sonido y el tamaño o amplitud de las fluctuaciones de presión. El decibel no es una unidad absoluta de medición, es una relación entre la cantidad medida y un nivel de referencia acordado; la escala dB es logarítmica, y emplea el umbral mínimo de audición de 20 µPa como nivel de referencia; esto se define como 0 dB. La "A" significa que el nivel de ruido es recogido por un micrófono, que lo filtra y ajusta de la misma manera que el oído humano filtra y ajusta el sonido que recibe. Es importante anotar que esta elección se justifica totalmente para frecuencias medias y altas.

Los ruidos generados por los automotores en operación son fluctuantes; por tanto, es necesario caracterizarlos de una manera simple para predecir el nivel de molestia asociado. El indicador más comúnmente utilizado es el "Leq", el cual representa la media de la energía sonora percibida por un individuo en un intervalo de tiempo. Existe Leq para un minuto, una hora, un día, etc. El número entre paréntesis que sigue al LAeq indica el periodo durante el cual el nivel de sonido equivalente ha sido medido. Su fórmula matemática es:

$$LAeq(T) = 10 \text{ LOG } (1/T) \int_t (P/P_o)^2 dt$$

Donde:  $L_{Aeq}$  media de la energía sonora ponderada

T tiempo de duración de la medición

P presión sonora instantánea, en Pascales

$P_o$  presión de referencia,  $2 \cdot 10^{-5}$  Pascales

dt diferencial de tiempo

Algunas de las ventajas que ofrece el uso de este parámetro son:

- Una comprensión sencilla
- Permite establecer comparaciones y agregar niveles procedentes de distintas fuentes
- Es el índice más utilizado en las evaluaciones de impacto ambiental
- Permite considerar diferentes duraciones para la medición del impacto
- Permite comparar los niveles originados por una determinada fuente, con los niveles de fondo ambientales
- Se puede obtener directamente de los instrumentos de medición

También se emplean como indicadores de ruido los de las series estadísticas (niveles percentiles). La variación del ruido durante cierto período puede registrarse, y descomponerse el lapso de medición en intervalos constantes, para cada uno de los cuales se obtienen sus niveles de presión sonora, definiéndose los siguientes indicadores:

Leq(total), nivel de ruido sobrepasado durante el total del tiempo considerado

L<sub>1</sub>; nivel alcanzado o sobrepasado durante el 1% del tiempo considerado

L<sub>10</sub>; nivel de ruido sobrepasado durante el 10% del tiempo considerado

L<sub>50</sub>; nivel de ruido sobrepasado durante el 50% del tiempo; es la mediana estadística

L<sub>90</sub>; nivel de ruido sobrepasado durante el 90% del tiempo considerado; a veces suele tomarse este valor como el ruido de fondo

L<sub>N</sub>; nivel alcanzado o sobrepasado durante el N% del tiempo

La tabla 2.1 muestra los niveles de presión acústica para diferentes eventos.

Al igual que en la percepción subjetiva de los niveles sonoros de diferentes intensidades, un aumento en la presión acústica de un sonido puro estacionario de 10 (dB) tendrá como resultado una duplicación de la intensidad sonora.

#### **2.5.4.2 Instrumentos de medición**

Los índices más comúnmente usados para la evaluación del ruido generado por los vehículos que circulan en una carretera, son el nivel de presión sonora continuo equivalente (Leq), y los índices estadísticos, expresados en decibeles, Tipo A dB(A).

**Tabla 2.1 Nivel de presión acústica ponderado A (dB (A))**

Nivel de presión sonora dB(A)	Ejemplos de sensación acústica	Nivel de presión sonora dB(A)	Ejemplos de sensación acústica
0	Umbral de audición a 1.000 Hz	95-100	Nivel máximo durante el paso de un tren de mercancías a 100 km/h, a una distancia de 7,5m (motor diesel)
0-20	Sensación de silencio completo	85-100	Discoteca (interior, $L_{eq}$ )
25-30	Ligero movimiento de las hojas	95-100	Nivel máximo de un tren de pasajeros (interurbano, 200 km/h, 7,5m)
35-45	Zona urbana tranquila, entre 2 y 4 por la mañana	95-100	Nivel máximo de un tren de pasajeros (ICE, 250 km/h, 7,5m)
45-55	Conversación normal (interior)	105-110	Nivel máximo de un tren de alta velocidad (TGV, 300 km/h, 7,5m)
45-55	Automóvil ligero a una distancia de 7,5m (motor de explosión)	110-115	Avión a reacción (> 100 t, despegue, 100 m)
60-80	Automóvil ligero a 50 km/h, a una distancia de 7,5m	105-120	Aviones militares en vuelo rasante
80-95	Vehículo pesado de mercancías a 50 km/h, a una distancia de 7,5m	> 120	Posibles daños auditivos, incluso en casos de exposición de corta duración
75-100	Motocicleta a 50 km/h, a una distancia de 7,5m		

Fuente: "Una evaluación Dobris" sobre el medio ambiente en Europa, Agencia Europea del Medio Ambiente.

Existe una amplia gama de instrumentos sonoros diseñados para realizar mediciones largas y cortas, portátiles o fijas, que proporcionan un gran número de índices del ruido ( $L_{eq}$ ,  $L_{máx}$ ,  $L_{min}$ , LN, histogramas, y otros); estos instrumentos pueden ser útiles en el proceso de tratamiento de datos.

El ruido varía a lo largo del tiempo, por lo que los instrumentos de medición más útiles son aquellos sistemas preparados para una medición continua de  $L_{eq}$ .

Los sonómetros se clasifican en el país, dependiendo de su grado de precisión, en dos clases diferentes:

- Sonómetros para usos generales
- Sonómetros de precisión

Las normas mexicanas NMX-AA-047-1977 y la NMX-AA-059-1978, presentan los requisitos que deben reunir los sonómetros. Para la determinación del ruido generado por las carreteras, deben usarse sonómetros de precisión.

Un sonómetro de precisión se halla compuesto por:

- Un micrófono. Es básicamente un sensor que puede medir pequeñas variaciones de la presión, usando como referencia la presión atmosférica
- Un amplificador. Es un dispositivo electrónico que permite elevar la potencia de unas señales electromagnéticas
- Las redes de ponderación. Son mallas electrónicas que permiten sopesar una señal electromagnética con valores fijos especificados, de acuerdo con la frecuencia de la señal
- Un atenuador. Es un dispositivo electrónico que permite reducir la potencia de una señal electromagnética
- El instrumento indicador. Es un traductor que transforma una señal electromagnética en un giro mecánico de una aguja, que se desplaza angularmente con resistencia controlable sobre una carátula graduada

Las características deseables con que debe contar un sonómetro de precisión, se indican a continuación:

- El micrófono debe ser del tipo omnidireccional; su sensibilidad no debe exceder en más de  $\pm 0,5$  dB para una variación del 10% de la presión estática
- El instrumento indicador debe seguir la ley cuadrática; graduarse en divisiones de 1 dB, y contar con la opción de integración rápida y lenta
- El fabricante debe especificar el ámbito de temperatura para el cual la calibración de todo el aparato, incluyendo el micrófono, no es afectada en más de 0,5 dB; y si es mayor, se debe especificar las correcciones que tendrán que aplicarse
- El fabricante debe especificar el ámbito de humedad dentro del cual debe operar el aparato, incluyendo el micrófono; cualquier efecto ocasionado por la humedad relativa entre 0 y 90%, está deberá ser menor de 0,5 dB
- El amplificador debe poseer capacidad de potencia de cuando menos 12 dB, mayor a la correspondiente a la lectura máxima del instrumento indicador

#### **2.5.4.3 Tiempo e intervalos de medición**

Los niveles de ruido debidos a la operación del transporte en las carreteras varían espacial y cronológicamente; por tanto, habrán de emplearse técnicas de muestreo estadístico a fin de obtener una definición precisa del medio ambiente acústico de una zona determinada.

Es necesario distinguir entre las mediciones realizadas para una evaluación aproximada y las que se efectúan para una evaluación detallada de aspectos específicos; las últimas son necesarias cuando en determinadas situaciones se requiere el establecimiento de niveles de ruido precisos, cuando ha de evaluarse la eficacia de las acciones anti-ruido, y finalmente cuando las mediciones han de realizarse en puntos de referencia importantes.

Se eligen diferentes intervalos, dependiendo de los objetivos perseguidos y de las características de la circulación. En la elección de los períodos de medida, existen varias tendencias:

- Encontrar las horas de mayor tránsito, y medir para obtener el valor medio de ese período
- Medir durante el tiempo correspondiente al paso de al menos cierto número de vehículos ligeros o pesados, y considerar los resultados obtenidos como la energía sonora característica de la carretera
- Medir durante largos períodos (más de 24 h)

Generalmente, los períodos de medición deben ser tan largos como sea necesario, para determinar el comportamiento del ruido durante un día, una semana o una estación, teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas de la zona.

#### **2.5.4.4 Puntos de medición**

El número y situación de los puntos de medición necesarios para identificar el sonido medioambiental de una zona, depende de tipo de mediciones que se vayan a realizar.

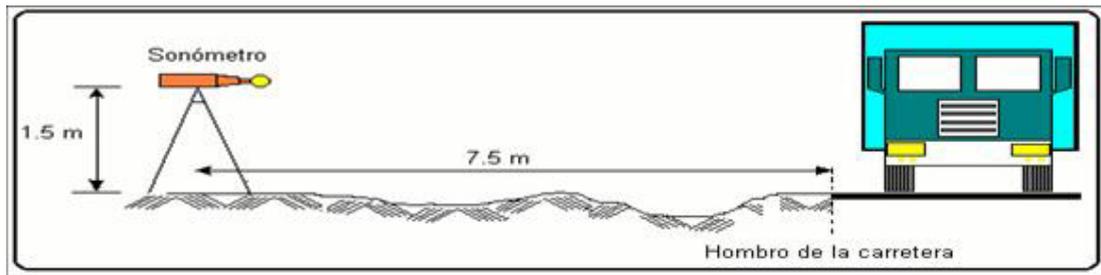
Los criterios de selección de los puntos de medición pueden resumirse en dos:

- Seleccionar puntos en donde sea probable que el ruido pueda perturbar a la población
- Seleccionar los puntos que sean representativos de las diferentes situaciones y condiciones de la zona

El primer criterio se relaciona principalmente con la identificación de puntos negros y con la cuantificación del nivel de ruido en zonas donde se construyen carreteras y éstas son transitadas; en tales casos, los puntos seleccionados deben representar las condiciones de exposición al ruido del mayor número posible de personas.

Los puntos importantes no son necesariamente aquellos que presentan niveles de ruido más elevados, sino los puntos exteriores de los edificios que están más cerca de la carretera, tomados a diferentes alturas.

Las mediciones necesitan hacerse a 1,5 m sobre el nivel del eje de la carretera, y a 7,5 m del hombro o acotamiento, como se muestra en la fig 2.1



**Figura 2.1**  
**Ubicación del sonómetro en el estudio de campo**

## 2.6 Límites admisibles de ruido

El establecimiento de ruido en las proximidades de las carreteras ha de basarse en los efectos que el ruido tiene sobre el ser humano y sus actividades, mediante el uso de parámetros capaces de representar esta relación; si estos parámetros son efectivos, todas las acciones anti-ruido serán percibidas positivamente y apoyadas por la población; de igual forma, será posible fijar límites de exposición al ruido, balanceando los aspectos económicos y técnicos, junto al umbral de molestia previamente examinado y fijado.

Para fijar límites del ruido, se requiere determinar los siguientes parámetros:

- Índice de referencia. En general, el índice más utilizado en carreteras, ferrocarriles y aeropuertos es el nivel continuo equivalente  $Leq$ .
- Intervalo de tiempo de referencia. El período de referencia varía según los países; algunos emplean un único período de 24h, introduciendo correcciones en los niveles nocturnos. Otros distinguen un período diurno y otro nocturno de extensión variable, en función de las características socioculturales de cada nación.
- Existe una tendencia a considerar, incluso tres o más períodos diferentes.
- Valor de los límites. De un modo general se acepta en la mayoría de los países, como límites de la calidad ambiental de referencia los valores en

términos de Leq de 65dB(A) para el período diurno; y 55 dB(A) para el nocturno, medidos en el exterior de las fachadas de los edificios; sin embargo, dichos valores varían en función de las actividades de la zona, existiendo una tendencia general a considerar valores más estrictos para áreas sensibles al ruido.

- Otros criterios. Algunos países han introducido en su normatividad, además de unos límites absolutos de ruido, los denominados criterios de emergencia por los que se limita el aumento de los niveles de ruido actuales; lo que depende de los niveles de ruido previos a la entrada en funcionamiento de la carretera.

## **2.7 Efectos en el ser humano**

El ruido aparenta ser el más inofensivo de los agentes contaminantes, puesto que es percibido fundamentalmente a través de un sólo sentido; el oído, y ocasionalmente, en presencia de grandes niveles de presión sonora, por el tacto (percepción de vibraciones); en cambio, el resto de los agentes contaminantes son captados por varios sentidos con similar nivel de molestia. Como si esto fuera poco, la percepción y daños de estos contaminantes suele ser instantánea; a diferencia del ruido, cuyos efectos son mediatos y acumulativos.

### **2.7.1 Efectos auditivos**

La exposición a niveles de ruido intenso durante un período de tiempo significativo da lugar a pérdidas de audición, que si en un principio son recuperables cuando el ruido cesa, con el tiempo pueden llegar a hacerse irreversibles, convirtiéndose en sordera. A su vez, la exposición a niveles de ruido de mediana intensidad, pero con una prolongación mayor en el tiempo, repercute en forma similar, traduciéndose ambas situaciones en desplazamientos temporales o permanentes del umbral de audición. Los métodos de evaluación se realizan a través de análisis audiométricos y/u otoscópicos.

### **2.7.2 Interferencia en la comunicación oral**

La inteligibilidad de la comunicación se reduce por el ruido de fondo. El oído es únicamente un transductor; no discrimina entre fuentes de ruido. La separación e identificación de las fuentes sonoras ocurre en el cerebro. La voz humana produce sonido en el rango 100 a 10.000 Hz; pero prácticamente toda la información verbal está contenida en la región de 200 a 6.000 Hz.

La banda de frecuencia para la inteligibilidad de la palabra (entender palabra y frases) está contenida entre 500 y 2.500 Hz. Se cree que la interferencia en la comunicación oral durante las actividades laborales puede provocar accidentes causados por la incapacidad de oír llamadas de advertencia u otras indicaciones. Tanto en oficinas como en escuelas y hogares, la interferencia en la conversación constituye una fuente importante de molestias.

### **2.7.3 Efectos no auditivos**

Además de las afecciones causadas por el ruido al oído, éste actúa negativamente sobre otras partes del organismo, donde se ha comprobado que bastan 50 a 60 dB(A) para que se desarrollen enfermedades asociadas al estímulo sonoro. En presencia de ruido, el organismo adopta una postura defensiva y hace uso de sus mecanismos de protección. Se han podido observar efectos vegetativos como la modificación del ritmo cardíaco, y vasoconstricciones del sistema periférico. Entre los 95 y 105 dB(A) se producen afecciones en el riego cerebral.

### **2.7.4 Efectos sobre el sueño**

El ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño, y también despertar a quienes están ya dormidos. En numerosas ocasiones se ha escuchado la típica frase de que el sueño es la actividad que copa un tercio de nuestras vidas, y éste permite entre otras cosas descansar, ordenar, y proyectar nuestro consciente. Se ha comprobado que sonidos del orden de los 60 dB(A) reducen la profundidad del sueño.

### **2.7.5 Efectos sobre la conducta**

La aparición súbita de un ruido, o la presencia de un agente sonoro molesto para el sujeto pueden producir alteraciones en su conducta que, al menos momentáneamente, esta se vuelva más abúlica, o más agresiva, a mostrar el sujeto mayor grado de desinterés o irritabilidad.

### **2.7.6 Efectos en la atención**

El ruido repercute sobre la atención, focalizándola hacia los aspectos más importantes de la tarea, en detrimento de aquellos otros aspectos considerados de menor relevancia.

### **2.7.7 Estrés**

Parece probado que el ruido se integra como un elemento estresante fundamental. Y no sólo los ruidos de alta intensidad son los nocivos, sino incluso los débiles.

## **2.7.8 Efectos en el embarazo**

Se ha observado que las madres embarazadas que han estado desde el principio en una zona muy ruidosa tienen niños que no sufren alteraciones, pero si se han instalado en estos lugares después de los cinco meses de gestación, posterior al parto los niños no soportan el ruido, lloran cada vez que lo sienten; además al nacer, su tamaño es inferior al normal.

## **2.7.9 Efectos sobre los niños**

El ruido es un factor de riesgo para la salud infantil, y repercute negativamente en su aprendizaje. Educados en un ambiente ruidoso se convierten en menos atentos a las señales acústicas, y sufren perturbaciones en su capacidad de escuchar, y un retraso en el aprendizaje de la lectura. Dificulta la comunicación verbal, favoreciendo el aislamiento y la poca sociabilidad. La exposición al ruido afecta al sistema respiratorio; disminuye la actividad de los órganos digestivos, acelerando el metabolismo y el ritmo respiratorio; provoca trastornos del sueño; irritabilidad; fatiga psíquica, etc.

## **2.8 Marco jurídico mexicano**

Las normas oficiales mexicanas para el control de la emisión del ruido en vigor son:

### **2.8.1 NOM-079-SEMARNAT-1994**

Establece los límites máximos permisibles de emisión de los vehículos automotores nuevos en planta, expresados en dB(A) y su método de medición conforme a su peso bruto.

**Tabla 2.2 Límites de ruido para vehículos nuevos en planta**

<b>Peso bruto vehicular (kg)</b>	<b>Limites máximos permisibles dB(A) Leq (total)</b>
Hasta 3.000	79
Más de 3.000, y hasta 10.000	81
Más de 10.000	84

## 2.8.2 NOM-080-SEMARNAT-1994

Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos al peso bruto vehicular, o al desplazamiento del motor en centímetros cúbicos.

Los límites máximos permisibles de los automóviles, camionetas y tractocamiones se expresan de acuerdo con su peso bruto vehicular.

**Tabla 2.3 Niveles de ruido para automóviles, camionetas y tractocamiones**

Peso bruto vehicular (kg)	Límites máximos permisibles dB(A) Leq (total)
Hasta 3.000	86
Más de 3.000, y hasta 10.000	92
Más de 10.000	99

**Tabla 2.4 Los límites máximos permisibles de motocicletas y triciclos motorizados, se expresan de acuerdo con la capacidad de desplazamiento del motor, medido en centímetros cúbicos**

Desplazamiento del motor, en cm <sup>3</sup>	Límites máximos permisibles dB(A) Leq (total)
Hasta 449	96
De 450 en adelante	99

## 2.8.3 NOM-081-SEMARNAT-1994

Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido que genera el funcionamiento de fuentes fijas, y el método de medición por el cual se determina el nivel emitido al ambiente.

En esta norma se lleva a cabo una serie de trabajos previos para determinar las zonas críticas, donde se generan los mayores niveles de ruido. Posteriormente, en el marco de éstas se definen cinco puntos distribuidos en forma aleatoria a 0,30 m de la distancia límite de la fuente, y a no menos de 1,20 m del nivel del piso.

Durante el lapso de emisión máxima, se elige un período no inferior a 15 min, para la medición continua, o 25 lecturas para medición semicontinua, usando la ponderación A.

**Tabla 2. 5 Niveles de ruido de acuerdo con el horario**

<b>Horario</b>	<b>Límites máximos permisibles dB(A) Leq (total)</b>
6:00 a 22:00 h	68 dB(A)
22:00 a 6:00 h	65 dB(A)

## **2.9 Normatividad en otros países**

A nivel internacional, las reglamentaciones y normas existentes definen la forma de determinar las propiedades acústicas de los materiales, así como la metodología para medir los niveles sonoros producidos por la operación de transporte en las carreteras.

La mayoría de las normatividades en los países desarrollados incluyen todos modos de transporte, aunque en algunos otros se dispone de una normatividad específica del ruido originado por ferrocarriles y aeropuertos.

Las diferencias en las normas de cada país, en cuanto a los límites permisibles de ruido, intervalos a considerar, y zonificación, tienen su origen en las características sociales y psicológicas de la población.

En todas las normatividades se hace una distinción entre las carreteras nuevas y las existentes, fijándose límites más rigurosos para las primeras como parte de una integración de las políticas voluntarista y planificadora.

Los diferentes índices de ruido utilizados por cada país, se han considerado como los más representativos de las molestias producidas por el ruido de las carreteras. Se ha observado que un país puede adoptar más de un índice de ruido.

A continuación se presentan algunas normas fijadas por organizaciones y países.

### **2.9.1 Límites de la OMS, OCDE, CCE y DGXI**

La Organización Mundial de la Salud (OMS), trabajando en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ha recomendado valores límites de emisión de ruido de acuerdo con el lugar y hora de exposición, basándose en los múltiples efectos que el ruido tiene sobre la salud.

En el caso de un ambiente laboral, el tiempo de exposición máximo no deberá exceder de 8 h; si el nivel sonoro es mayor que el recomendado, el tiempo de exposición disminuirá en función del incremento.

En la tabla 2.6 se muestran los valores límites recomendados por la OMS, los cuales fueron respaldados por investigaciones realizadas por diversos países y organizaciones.

**Tabla 2.6 Límites recomendados por la OMS**

Tipo de ambiente	Leq (total) (A)
Laboral	75
Exterior diurno	55
Exterior nocturno	45
Doméstico, auditorio, aula	45
Dormitorio	35

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), teniendo en cuenta el nivel actual de conocimiento técnico y las implicaciones económicas de las políticas contra el ruido, originado por la operación del transporte en las carreteras, propone algunas indicaciones generales relativas a los límites aceptables de ruido a mediano plazo (objetivos para los años 2005-2010), que pueden verse en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7 Límites fijados por la OCDE a mediano plazo**

Niveles aceptables propuesto por la OCDE (Leq (total) límites en fachadas)			
Leq (día)		Leq (noche)	
Carretera nueva	Carretera existente	Carretera nueva	Carretera existente
60+/-5 dB(A)	60+/-5 dB(A)	50+/- dB(A)	50-60 dB(A)

Los límites relativos al nivel de ruido propuesto por la OCDE son coherentes con los establecidos por la Comisión de la Unión Europea (CCE) y la Dirección

General de Seguridad Nuclear y Protección Ambiental de la Unión Europea (DGXI). En la tabla 2.8 se presentan estos límites.

**Tabla 2.8 Límites establecidos por la Comisión de la Unión Europea**

<b>Límites que aseguran una protección satisfactoria a las personas expuestas al ruido (según la CCE, DGXI) (Leq (total) límites en fachadas)</b>			
Leq (día)		Leq (noche)	
Carretera nueva	Carretera existente	Carretera nueva	Carretera existente
57 – 68 dB(A)	65 – 70 dB(A)	47 – 58 dB(A)	57 - 62 dB(A)

## 2.9.2 Normatividad japonesa

En Japón existe una Ley General de Contaminación que está en funcionamiento desde 1967, y una Ley Específica de Control del Ruido desde 1986.

En esta normatividad se distinguen tres períodos de medición.

- Período diurno normal (daytime)
- Período nocturno (night)
- Períodos intermedios (morning, evening)

El índice de referencia utilizado es el  $L_{50}$  del período considerado.

En esta normatividad, el límite de ruido máximo permisible se asigna de acuerdo con la zonificación contigua a la carretera, y al número de carriles con que cuente. Las zonas que dan a la carretera se pueden clasificar como:

- Zona A. Zonas de uso residencial, áreas de hospitales, hoteles, etc.
- Zona B. Zonas de servicios públicos

En la tabla 2.9 se presentan estos valores límites.

**Tabla 2.9 Límites de ruido establecidos en Japón**

Clasificación del área	Período de tiempo		
	Día	Mañana Tarde	Noche
Zona A, cerca de carreteras de dos carriles	<55 dB(A)	<50 dB(A)	<45 dB(A)
Zona A, cerca de carreteras de tres, o más carriles	<60 dB(A)	<55 dB(A)	<50 dB(A)
Zona B, cerca de carreteras de uno, o dos carriles	<65 dB(A)	<60 dB(A)	<55 dB(A)
Zona B, cerca de carreteras de dos, o más carriles	<65 dB(A)	<65 dB(A)	<60 dB(A)

### 2.9.3 Normativa finlandesa

Existe una legislación desde 1987, donde se distinguen dos períodos de medición:

- Período diurno (7 – 22h)
- Período nocturno (22 – 7h)

El índice de referencia utilizado es el Leq del período considerado

En la normativa finlandesa, a una franja de territorio unido a la carretera se le da una categoría conforme a la función que tiene, y con ella ciertos valores límite de emisión de ruido.

En la tabla 2.10 se pueden observar los valores límite en exteriores, y en la tabla 2.11 los valores límite en interiores.

### 2.9.4 Normativa francesa

Existe la Ley No 92-1444, del 31 de diciembre de 1992, relativa a la lucha contra el ruido; desarrollada posteriormente por un decreto del 9 de enero de 1995. Se distinguen dos períodos de medición:

- Período diurno (6 – 22h)
- Período nocturno (22 – 6h)

**Tabla 2.10 Límites de ruido establecidos en Finlandia en exteriores**

Área	Valores límite en día ( 7 – 22h )	Exteriores (Leq) noche ( 22 – 7h )
Áreas existentes de tipo residencial, servicios públicos y recreativos	55 dB(A)	50 dB(A)
Áreas nuevas tipo residencial, servicios públicos y recreativos	55 dB(A)	45 dB(A)
Áreas vacacionales, recreativas naturales y similares	45 dB(A)	40 dB(A)

**Tabla 2.11 Límites de ruido establecidos en Finlandia, en interiores**

Función	Valores límite en día ( 7 – 22h )	Interiores (Leq) noche ( 22 – 7h )
Residencial, hospitales y hoteles	33 dB(A)	30 dB(A)
Escuelas, salas de reuniones	35 dB(A)	No definido
Oficinas, servicios comerciales	45 dB(A)	No definido

El índice de referencia utilizado es el Leq del período considerado

El valor de emisión límite de ruido depende del uso que se le dé al edificio cercano a la carretera, en la tabla 2.12 se presentan estos valores.

### 2.9.5 Normativa de Estados Unidos de América

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) estableció a principios de 1970 la Oficina para el Control del Ruido (ONAC), que funcionó hasta 1983; sin embargo, no promulgó un nivel de ruido estándar aceptable, aunque se convirtió en una guía para las regulaciones desarrolladas por los gobiernos locales y estatales.

A nivel estatal, la responsabilidad primaria en la regulación del ruido quedó a cargo de la Agencia de Control de Contaminación (PCA), que desarrolló regulaciones del ruido ambiental en respuesta al mandato de la EPA.

**Tabla 2.12 Límites de ruido establecidos en Francia**

<b>Uso y naturaleza de los edificios</b>	<b>Día, Leq ( 6 – 22h )</b>	<b>Noche, Leq ( 22 – 6h )</b>
Establecimientos sanitarios y de acción social	60 dB(A)	55 dB(A)
Establecimientos de enseñanza (con exclusión de talleres ruidosos y locales deportivos)	60 dB(A)	No definido
Viviendas en zonas de ambiente sonoro moderado	60 dB(A)	55 dB(A)
Otras viviendas	65 dB(A)	60 dB(A)
Locales de oficina en zonas de ambiente sonora moderado	65 dB(A)	No definido

La FHWA (Federal Highway Administration) utiliza como período de medición, la hora más ruidosa.

El índice de referencia utilizado es el Leq; y el L<sub>10</sub> del período considerado, para proyectos de abatimiento del ruido en carretera.

Las zonas se clasifican en A, B, C, D y E, y se les da un valor de emisión de ruido límite acorde con la actividad que en ellas se realiza (tabla 2.13.).

**Tabla 2.13 Límites de ruido establecidos en Estados Unidos**

<b>Actividad</b>	<b>Leq (h)</b>	<b>L(10)</b>
A. Zonas en las que la calma tiene una extraordinaria importancia, y responden a una necesidad pública, y donde la preservación de estas cualidades es esencial	57 dB(A) (Exterior)	60 dB(A) (Exterior)
B. Zonas de ocio, de juego, deportivas, parque, residencias, moteles, hoteles, escuelas, iglesias, bibliotecas, y hospitales	67 dB(A) (Exterior)	70 dB(A) (Exterior)
C. Urbanizaciones y actividades no incluidas en las categorías A o B	72 dB(A) (Exterior)	75 dB(A) (Exterior)
D. Zonas no urbanizadas, o no desarrolladas	No definido	No definido
E. Zonas de ocio, de juego, deportivas, parques, residencias, moteles, escuelas, iglesias, bibliotecas, y hospitales	52 dB(A) (Exterior)	55 dB(A) (Exterior)

## **2.9.6 Normativa española**

El Ministerio de Medio Ambiente ha elaborado un borrador de lo que será la Ley de Protección contra la Contaminación Acústica, que pretende alcanzar una serie de objetivos de calidad sonora.

Esta ley incluiría una clasificación del terreno de acuerdo con su uso en siete áreas acústicas; un catálogo de actividades potencialmente contaminadoras por ruidos y vibraciones; y la adopción paulatina de medidas correctoras en todas aquellas situaciones actuales, en las que no se cumplan los criterios contenidos en la misma.

A pesar de que no existe una ley que limite el ruido generado por los vehículos que circulan por una carretera, la Dirección General de Carreteras actúa como si la hubiera, por lo que en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente han establecido niveles máximos de emisión de ruido, similares a los de otros países europeos; estos valores se presentan en la tabla 2.14.

Se clasifican las zonas en tres conforme su función, y se distinguen dos períodos de medición, que son:

- Período diurno (8 – 23 h)
- Período nocturno (23 – 8 h)

El índice de referencia que emplea para describir las molestias del ruido sobre la población, es el Leq del período considerado.

**Tabla 2.14 Límites de ruido establecidos en España**

<b>Zona</b>	<b>Valores límites Día (8 - 23 h)</b>	<b>Leq Noche (23 - 8 h)</b>
Zonas residenciales	65 dB(A)	55dB(A)
Zonas hospitalarias	55 dB(A)	45 dB(A)
Zonas comerciales e industriales	75 dB(A)	75 dB(A)

## **2.9.7 Normatividad chilena**

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones ha emitido una norma de emisión de ruido para transportes de locomoción colectiva, urbana y rural:

- Que de acuerdo con lo preceptuado en la Ley 19.300, es deber del Estado dictar normas para regular la presencia de contaminantes en el medio ambiente; a manera de prevenir que éstos puedan significar o representar, por sus niveles, concentraciones y periodos, un riesgo para la preservación de la naturaleza, la conservación del patrimonio ambiental, la salud de las personas, o la calidad de vida de la población.

- Que el Decreto Supremo N°122 de 1991, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, establece los niveles de ruido externos e internos que deben cumplir los vehículos de locomoción colectiva. Sin embargo, determinadas regulaciones contenidas en dicho decreto requieren actualizarse y perfeccionarse, a fin de obtener un instrumento jurídico, eficaz y eficiente que permita proteger adecuadamente a la comunidad, de la creciente contaminación acústica proveniente de las unidades de locomoción colectiva.

La tabla 2.15 muestra estos valores.

**Tabla 2.15 Límites de ruido establecidos en Chile**

Fuentes	Ensayo	Posición de medición	Niveles máximos de emisión dB(A) Leq (total)
Vehículos livianos	Estacionario	Escape	92
		Motor	95
		Interior	85
	Dinámico	Interior y exterior	79
Vehículos medianos y pesados	Estacionario	Escape	92
		Motor	95
		Interior	85
	Dinámico	Interior y exterior	81

### 2.9.8 Normatividad colombiana

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) continúa realizando estricto seguimiento y control al ruido, en establecimientos nocturnos y comerciales de la ciudad.

Los niveles permitidos por la autoridad ambiental en el manejo del sonido, según el sector de la ciudad, se muestran en la tabla 2.16.

Los límites están contemplados y amparados en la Ley 99 de 1993.

**Tabla 2.16 Límites de ruido establecidos en Colombia, Leq (total)**

Zona	Día dB(A)	Noche dB(A)
Residencial	65	45
Comercial	70	60
Industrial	75	75

## 2.9.9 Normativa argentina

Los límites máximos permisibles de ruido y los valores límites de transmisión de vibraciones, emplean los parámetros indicados en la tabla 2.17 y 2.18.

**Tabla 2.17 Límites de ruido establecidos por Argentina, Leq (total)**

Área de sensibilidad acústica	Período diurno (15 h)	Período nocturno (9 h)
Tipo I (área de silencio)	60	50
Tipo II (área levemente ruidosa)	65	50
Tipo III (área tolerablemente ruidosa)	70	60
Tipo IV (área ruidosa)	75	70
Tipo V (área especialmente ruidosa)	80	75

**Tabla 2.18 Límites de ruido en determinadas áreas de Argentina**

Área de sensibilidad acústica	Uso predominante del recinto	Período diurno (15 h)	Período nocturno (9 h)
Tipo VI (área de trabajo)	Sanitario	50	40
Tipo VI (área de trabajo)	Docente	50	50
Tipo VI (área de trabajo)	Cultural	50	50
Tipo VI (área de trabajo)	Oficinas	55	55
Tipo VI (área de trabajo)	Comercios	60	60
Tipo VI (área de trabajo)	Industria	60	60
Tipo VII (área de vivienda)	Zona habitacional	50-60*	40-50*
Tipo VII (área de vivienda)	Zona de servicios	55-65*	45-55*

De los ruidos provenientes de fuentes fijas transitorias. Toda fuente de ruidos molestos de carácter transitorio, originados por la actividad personal o de máquinas, instalaciones, vehículos, herramientas, artefactos de naturaleza industrial y de servicios, para poder operar deben bloquear los que se originan por

medios idóneos y adecuados a sus características, para que no trasciendan con carácter de molestos, siendo su nivel máximo permitido el que corresponde a un ámbito de percepción predominantemente industrial.

## 2.10 Indicadores

La OCDE define el término indicador como un "parámetro o el valor resultante de un conjunto de parámetros, que ofrece información sobre un fenómeno, con un significado más amplio que el directamente asociado a la configuración del parámetro".

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), añade que los indicadores "cuantifican y simplifican información sobre aspectos complejos que a menudo derivan de investigaciones técnicas, son dependientes de un propósito, y están abiertos a interpretación".

Un indicador es una información procesada generalmente de carácter cuantitativo, que genera una idea clara y accesible sobre un fenómeno complejo, su evolución, y sobre cuánto difiere de una situación deseada. Su valor trasciende la información misma, pues actúa como herramienta de apoyo para una mejor toma de decisiones en el diseño y evaluación de políticas públicas, y puede servir de guía para participación ciudadana a través de acciones concretas.

Es la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron.

Asimismo, cuando se conoce la meta a la cual se aspira, los indicadores permiten evaluar las acciones conducentes para alcanzarla; cuando se conoce un umbral para cierto factor ambiental, económico o social, un indicador es fundamental para señalar qué tan cerca o lejos se está de dicho valor. En otros casos, los indicadores suficientemente específicos permiten ver causas-efectos de diversos fenómenos. Finalmente, los indicadores pueden ser una guía en la construcción de algún escenario posible.

Son, por tanto, herramientas que proporcionan información sintética sobre una realidad compleja, como la que nos rodea. A lo largo de los años, con el fin de facilitar la interpretación de muchos fenómenos, se han ido desarrollando indicadores para múltiples disciplinas, por ejemplo, la economía, la sociología, el medio ambiente, etc.

Para que un indicador cumpla su objetivo de manera efectiva debe poseer, entre otras, las siguientes características:

- Relevante: debe ser importante o clave para los propósitos que se buscan

- Entendible: no debe dar lugar a ambigüedades o malas interpretaciones que puedan desvirtuar su análisis
- Basado en información confiable: la precisión del indicador debe ser suficiente para tomar la decisión adecuada
- Transparente / verificable: su cálculo debe estar adecuadamente soportado y documentado para su seguimiento y trazabilidad
- Basado en información específica con relación al lugar y el tiempo: debe ser asociado a hechos reales que faciliten su análisis

### **2.10.1 Indicadores ambientales**

Los indicadores ambientales son un tema de gran actualidad desde principios de la década pasada, ya que se han consumado como herramientas imprescindibles para la política y gestión medioambiental. Hoy en día, en la mayoría de los países industrializados, a consecuencia del grado de explotación que sufren los recursos naturales, se ha despertado una conciencia ecológica que no puede ser despreciada por los representantes políticos. La sociedad exige de éstos una respuesta eficaz frente a la degradación creciente del medio natural. En este contexto, los indicadores ambientales surgen con el fin de incorporar los criterios ambientales en la toma de decisiones, intentando dotarles de la misma categoría y valor que otros criterios, hasta ahora predominantes.

Los indicadores ambientales surgieron a principio de los años noventa impulsados por la necesidad de una política de desarrollo sostenible, con el fin de proporcionar información de una forma concreta y sistemática sobre la situación ambiental de una región, y poder incorporar criterios ambientales en la toma de decisiones.

Algunos de los criterios que deben cumplir los indicadores ambientales son:

- **Validez científica.** Los indicadores deben estar basados en el conocimiento científico, siendo su significado claro e inequívoco
- **Disponibilidad y confiabilidad de los datos.** Los datos necesarios para el diseño de los indicadores deben ser accesibles y estar basados en estadísticas fiables
- **Representatividad.** Los indicadores deben estar fuertemente asociados a las propiedades que ellos mismos describen y argumentan
- **Sensibilidad a cambios.** El indicador debe responder a los cambios que se producen en el medio, reflejando las tendencias y posibilitando la predicción de situaciones futuras

- **Sencillez.** Los indicadores deben ser medibles y cuantificables con relativa facilidad. A su vez, tienen que ser claros, simples y específicos, facilitando su comprensión por no especialistas, que vayan a hacer uso de los mismos
- **Relevancia y utilidad.** Los indicadores no sólo tienen que ser relevantes a nivel científico, sino también a nivel político, ya que deben ser útiles en la toma de decisiones
- **Facilidad de comparación.** La información que aporten los indicadores debe permitir la comparación a distintas escalas territoriales y temporales
- **Razonable relación costo/beneficio.** El costo de obtención de información debe estar compensado con la utilidad de la información obtenida

## 2.10.2 Criterios para la selección de indicadores

Los indicadores deben cubrir al menos ciertas cualidades que les den confiabilidad y a la vez sean practicables. La conformación de un sistema como tal, implica un análisis de los indicadores de forma individual y conjunta, así como la evaluación de la información utilizada para alimentarlo. La OCDE señala los criterios a seguir, y se muestran en la tabla 2.19.

## 2.10.3 Generaciones de indicadores

Existe una tipología de los indicadores como una herramienta útil para sistematizar la experiencia mundial acumulada en el campo. En ella, se les clasifica como de primera, segunda y tercera generación, según el enfoque y alcances que han tenido de manera histórica.

### a) Indicadores de sostenimiento ambiental de primera generación

Son los denominados indicadores ambientales o de sostenimiento ambiental, elaborados desde los 80's hasta el presente. Se trata de indicadores que analizan de forma parcial un fenómeno; es decir, desde el punto de vista de un sector, o bien a partir de un número reducido de dimensiones ambientales.

**Tabla 2.19 Características deseables en un indicador y en sus datos**

Criterio	Características deseables
Relevancia política	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proporcionar una visión representativa de las condiciones ambientales, presiones sobre el ambiente, o respuestas sociales</li> <li>- Sencillo, fácil de interpretar y capaz de mostrar tendencias sobre el tiempo</li> <li>- Responder ante los cambios del ambiente y actividades humanas relacionadas</li> <li>- Proveer una base para comparaciones internacionales</li> <li>- Tener un alcance nacional o ser aplicable a eventos ambientales regionales de importancia nacional</li> <li>- Tener un umbral o valor de referencia contra el cual hacer comparaciones, de modo que los usuarios puedan evaluar la trascendencia de los valores asociados a él</li> </ul>
Solidez analítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener un buen fundamento teórico en términos técnicos y científicos</li> <li>- Basarse en estándares internacionales y tener consenso internacional de su validez</li> <li>- Tender a formar enlaces con modelos económicos, de pronóstico y a sistemas de información</li> </ul>
Criterio	Los datos utilizados en un indicador deberán:
Mesurabilidad o capacidad de medición	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estar disponibles, o ser de fácil obtención a un costo-beneficio razonable</li> <li>- Estar bien documentados y tener calidad</li> <li>- Ser actualizados a intervalos de tiempo regulares con base en procedimientos confiables</li> </ul>

Fuente: Sistema de Indicadores Ambientales de Querétaro (SEDESU)

### **b) Indicadores de desarrollo sustentable de segunda generación**

Son el resultado de la implementación del enfoque multidimensional del desarrollo sustentable; empezaron a elaborarse a partir de los 90's. Pretenden medir qué tanto se acerca un país a la sustentabilidad, mediante indicadores que evalúan aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales. Sin embargo, los indicadores continúan evaluando la realidad separada en sus partes, y no de forma interrelacionada o integral.

Ha habido intentos por hacer indicadores vinculantes a través de metodologías de agregación o conmensuralistas, ya sea de tipo índice o monetizada, pero han sido ampliamente cuestionados.

### **c) Indicadores de desarrollo sustentable de tercera generación**

Se trata del desafío actual. Es decir, poder dar cuenta del desarrollo sustentable en forma efectiva, manejando un número limitado de indicadores verdaderamente vinculante, que tengan incorporados, potenciándose sinérgicamente, dimensiones y sectores desde su origen.

#### **2.10.4 Modelos o marcos conceptuales**

El empleo de un marco conceptual es fundamental, pues sin él se tendría únicamente un conjunto de indicadores inconexos. Sin embargo, es necesario resaltar que cualquier marco de referencia será de una u otra forma incapaz de organizar y expresar la total complejidad de interrelaciones que implican el desarrollo sustentable.

A continuación se hace una breve descripción de algunos de los modelos más aplicados en el mundo, en sistemas de indicadores de escala nacional e internacional.

##### **Presión - Estado - Respuesta (PER)**

Este modelo fue inicialmente establecido por la OCDE, con la finalidad de estructurar su trabajo en materia de reportes y políticas ambientales. Existen tres categorías que constituyen los componentes básicos de este modelo (fig 2.2.).

La finalidad del modelo PER es acentuar las relaciones causa-efecto, sin considerar si tales relaciones tienen un carácter positivo o negativo. Además, los indicadores no representan todas las relaciones implicadas que suelen ser de una mucha mayor complejidad, que la que puede reflejarse en éste o en cualquier otro sistema (OCDE 2003).

##### **Fuerza motriz-Estado-Respuesta (FER), y Fuerza motriz-Estado-Respuesta-Impacto (FERI)**

La Comisión para el Desarrollo Económico de las Naciones Unidas reemplaza el término "presión" del modelo PER por fuerza motriz (*driving force*), afirmando que de esta forma permite una mejor inclusión de variables no ambientales; es decir, económicas, sociales, e institucionales.

Por otra parte, en la modificación el modelo no asume causalidad entre los indicadores de cada categoría, como lo hacía el PER.

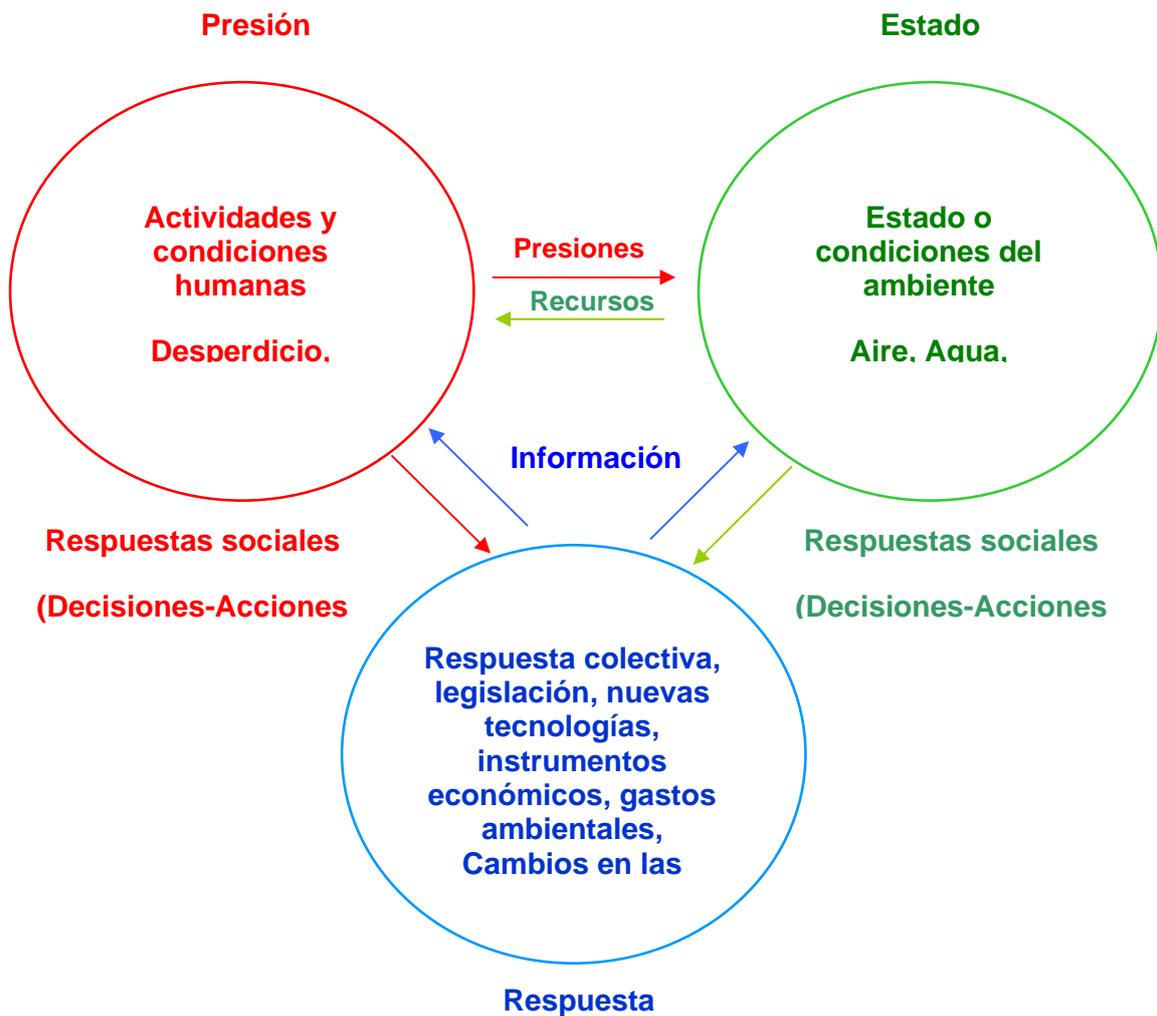


Figura 2.2

### Ejemplo de un indicador de Presión-Estado-Respuesta

#### Fuerza motriz-Presión-Estado-Respuesta (FPEIR)

Este marco de análisis, basado en el marco PER, ha sido propuesto por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 1998), y es de gran utilidad en la descripción de los orígenes y consecuencias de los problemas ambientales. Los indicadores se pueden clasificar en cuatro grupos:

- Tipo A, o indicadores descriptivos
- Tipo B, o indicadores de ejecución
- Tipo C, o indicadores de eficiencia
- Tipo D, o indicadores bienestar

Los indicadores de impacto se usan para describir estos impactos sobre el ambiente. Los indicadores tipo A o descriptivos reflejan la situación, tal y como es, sin ninguna referencia a cómo debería ser. Los indicadores tipo B o de ejecución, comparan las condiciones actuales con un grupo específico de condiciones de referencia; es decir, miden la distancia entre la situación ambiental actual y la situación ambiental deseada, en términos de objetivos establecidos.

Los indicadores de eficiencia, o tipo C, son los más importantes para los políticos, ya que relacionan las presiones del ambiente con las actividades humanas. Estos indicadores proporcionan una percepción de la eficiencia de los productos y los procesos. Eficiencia en términos de recursos usados, emisiones y gasto generado por unidad de producción deseada. La importancia de estos indicadores es que reflejan si la sociedad avanza en la calidad de sus productos y procesos.

Los indicadores de bienestar, o tipo D, actualmente están fuera de las líneas de trabajo de la AEMA; aunque han empezado a ser investigados por otras organizaciones.

### **2.10.5 Áreas temáticas**

Los indicadores pueden clasificarse en tres áreas temáticas diferentes:

Problemas ambientales. Los principales problemas ambientales son identificados y sirven de marco para el desarrollo de la lista de indicadores; por ejemplo, destrucción de la capa de ozono; cambio climático; pérdida de suelo; pérdida de especies y ecosistemas; contaminación de las aguas; niveles de ruido; etc.

Sistemas ambientales. El medio ambiente se divide en diversas componentes; por ejemplo, atmósfera, costas; aguas continentales; bosques; suelos; recursos naturales; etc.

Áreas sectoriales. Los diferentes sectores de explotación de los recursos naturales sirven de marco de análisis; por ejemplo, agricultura; transporte; minería; energía; etc.

### **2.10.6 Tipo y aplicación de indicadores ambientales**

Los indicadores son de amplia utilización para la integración de resultados del examen de una situación en particular; y sirven para simplificar la presentación de la información, al tiempo que facilitan su interpretación y confrontación con información derivada

Los indicadores pueden ser simples o compuestos. Los primeros suelen estar representarse por el valor mismo de una medición; en tanto que los segundos, generalmente se conforman por dos o más valores que pueden significar

condiciones de calidad, o presencia de agentes contaminantes, medidas en términos de magnitud.

El empleo de indicadores ambientales, ofrece ventajas por cuanto permite comparar la calidad ambiental de un parámetro, así como la calidad ambiental de un componente ambiental en función de uno o más agentes contaminantes, y la calidad ambiental de un proyecto en general.

## **2.10.7 Aplicación de los indicadores ambientales**

A continuación se muestran las aplicaciones más importantes que se les puede dar.

Evaluación. Los indicadores ambientales son útiles como herramientas para evaluar la situación y las presiones a las que está sometido el medio ambiente. Permiten el desarrollo de medidas y prioridades, y la identificación de alternativas y aspectos críticos. Asimismo, sirven para evaluar los efectos de las medidas aplicadas por los gestores, y la evolución de la conciencia ambiental de la población.

Integración de aspectos ambientales en la toma de decisiones. La inquietud por el sostenimiento en el uso de los recursos naturales, que se ha puesto de manifiesto en el orden mundial. Los indicadores ambientales son una herramienta de gran utilidad para conseguir elevar los criterios ambientales, al mismo nivel que otros criterios en el campo de la toma de decisiones, aunque sea un proceso muy lento, que requiere un gran esfuerzo político y social.

Divulgación. Los indicadores son útiles para difundir información medio ambiental a la opinión pública, gestores y políticos.

Protección y mejora del medio ambiente. La información sintética que proporcionan los indicadores es de gran utilidad para el manejo y conservación de los ecosistemas.

Seguimiento. Los indicadores sirven para informar sobre los cambios temporales, la ser medidas repetibles y contrastables.

Predicción. Por su propia definición, un cambio en el estado de un indicador puede informar sobre el estado futuro del fenómeno al que se asocia. Esta es una de las aplicaciones más importantes para elaborar las estrategias de gestión, ya que predice el resultado de las mismas.

Comparación a nivel internacional. Si existen unos criterios básicos consensuados a nivel internacional, los indicadores pueden ser elementos de información comparables a escala global.

Herramientas para la ciencia. Los indicadores nacen a partir del conocimiento científico; y a través de la información que aportan, se pueden establecer nuevas líneas de investigación centrandos los estudios en aquellos sectores que requieren una alta prioridad de intervención, debido a la influencia de los problemas ambientales.



## 3 Desarrollo del estudio de ruido

---

El estudio de campo se realizó con el propósito de determinar la magnitud de los niveles sonoros generados por la operación de transporte en las principales carreteras que inciden en la ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León, con la finalidad de verificar si el ruido es un problema ambiental que perturba la tranquilidad y la calidad de vida de las personas, que habitan en la cercanía de dichas carreteras.

### 3.1 Aspectos geográficos del estado de Nuevo León

Con la finalidad de mostrar la importancia incuestionable que representa la entidad para el desarrollo del país, a continuación se presentan las características relevantes en distintos rubros sociopolíticos y económicos.

#### 3.1.1 Ubicación geográfica

Nuevo León se localiza al norte 27°49'; al sur 23°11' de latitud norte; al este 98°26'; al oeste 101°14' de longitud oeste. Representa el 3.3% de la superficie del país.

Colinda al norte con Coahuila de Zaragoza; Estados Unidos de América, y Tamaulipas; al este con Tamaulipas; al sur con Tamaulipas y San Luis Potosí; al oeste con San Luis Potosí, Zacatecas y Coahuila de Zaragoza.

La capital del estado es la ciudad de Monterrey, que representa una de las más prósperas en los ámbitos económico e industrial del país. En la tabla 3.1 se presentan sus coordenadas geográficas.

**Tabla 3.1 Coordenadas geográficas generales de la ciudad de Monterrey**

Cabecera	Latitud Norte		Longitud Oeste		Altitud
	Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Monterrey	25	40	100	19	540

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico, 2000. INEGI-DGG. Superficies Nacionales y Estatales. 1999.

### **3.1.2 Climas**

En Nuevo León se presenta una gran variedad de climas; esto de acuerdo a su extensión territorial. En la tabla 3.2 se presenta una lista y el porcentaje de la superficie del estado de los climas representativos.

La temperatura media anual registrada en la estación Monterrey para el período 1921-1999 fue de 22,2 °C, siendo el año mas frío 1966, con un promedio de 20,5 °C y el más caluroso 1958, con 24.0 °C en promedio.

La precipitación pluvial anual para la ciudad de Monterrey en el período 1886-1999 fue de 585.3 mm en promedio, siendo el año más seco 1988, con 147,4 mm y el más lluvioso 1933, con 1.311,3 mm.

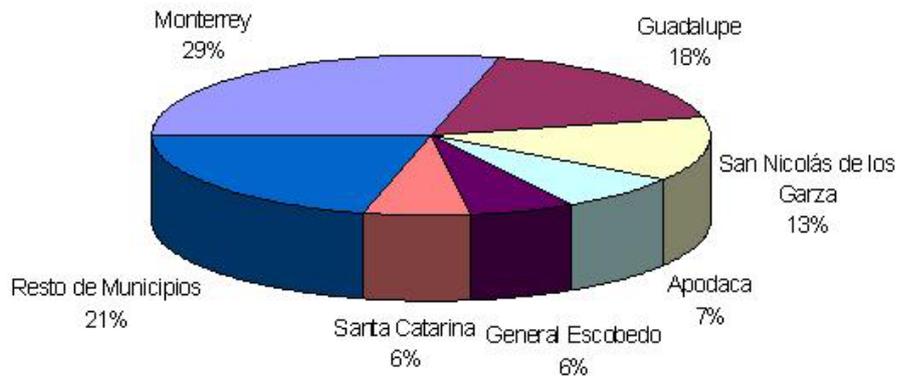
**Tabla 3.2 Climas del estado de Nuevo León**

<b>Tipo o subtipo</b>	<b>% de la superficie estatal</b>
Semicálido subhúmedo con lluvias en verano	9,11
Semicálido subhúmedo con lluvias escasas todo el año	10,60
Templado subhúmedo con lluvias en verano	4,88
Templado subhúmedo con lluvias escasas todo el año	2,15
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano	0,10
Semiseco muy cálido y cálido	16,80
Semiseco semicálido	6,56
Semiseco templado	5,37
Seco muy cálido y cálido	16,88
Seco semicálido	14,45
Seco templado	8,27
Muy seco semicálido	4,83

### 3.1.3 Población

Con base en los resultados del Censo General de Población y Vivienda del 2000, el estado de Nuevo León tiene una población de 3'826,240 habitantes distribuidos en 51 municipios; el 29.98% de ellos se encuentra en el municipio de Monterrey.

#### POBLACIÓN TOTAL POR PRINCIPALES MUNICIPIOS



**Figura 3.1**  
Relación de habitantes por municipio

### 3.1.4 Vivienda

Nuevo León ha tenido un crecimiento desbordante en la demanda de vivienda, ocasionado por la constante migración hacia la entidad.

Existen 878.600 viviendas habitadas en la entidad, que proporcionan alojamiento a más de tres millones de habitantes, que en promedio da un hacinamiento de cinco personas por vivienda, cifra semejante al promedio nacional. Se considera que las condiciones de vivienda son un buen reflejo del nivel de satisfacción de las necesidades básicas de la población. [INEGI. Censo Nacional de población y vivienda 2000].

### **3.1.5 Infraestructura de transporte**

Los ejes carreteros troncales más importantes son: la carretera México-Nuevo León, que cruza el estado de sureste a norte, y de ahí comunica con todo el sureste y Golfo de México. Hacia el norte comunica con Nuevo Laredo, Tamps., y con Estados Unidos. La carretera Matamoros-Mazatlán cruza la entidad de este a oeste por su parte media. Partiendo de Monterrey hacia el oeste, una autopista llega a Saltillo, Coahuila, y de esta población hacia el centro, norte y noroeste de la República.

Las vías de comunicación, incluyendo carreteras, vías férreas y aeropuertos con que cuenta Nuevo León, han jugado un papel importante en el desarrollo histórico de la entidad y siguen siendo vitales para el funcionamiento de la economía estatal.

Nuevo León se encuentra comunicado directamente por carretera con todos los puntos de importancia de la República, y todas las cabeceras municipales del estado se vinculan por igual medio.

Por su parte central, cruza el ferrocarril Monterrey-Tampico. De oeste a norte atraviesa el estado la vía México-Nuevo Laredo, la cual transporta el mayor tonelaje de importación al centro y sur del país. También destaca la vía Monterrey-Torreón por el traslado de minerales.

La entidad cuenta con aeropuertos de tipo internacional, así como con pistas privadas para avionetas; diseminadas en las cabeceras municipales del estado.

### **3.1.6 Industria**

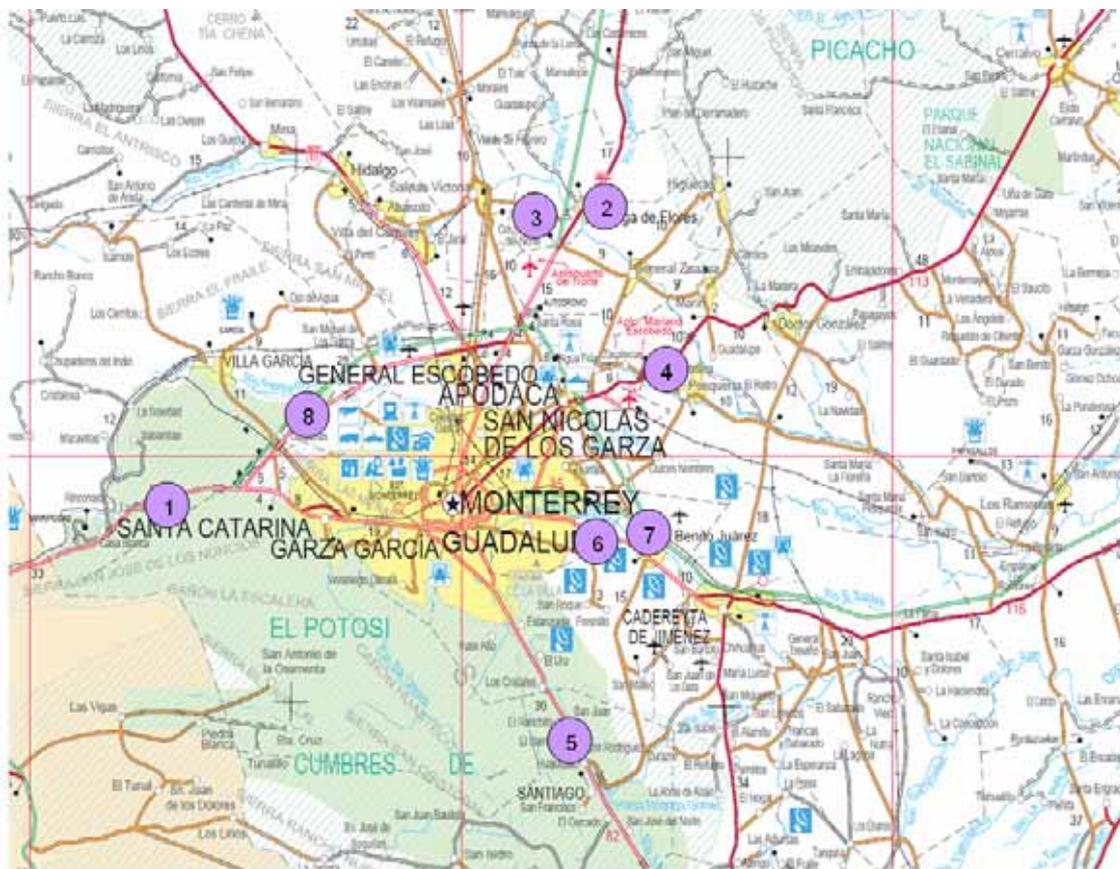
El sector industrial de Nuevo León se enfoca a la fabricación de equipos, aparatos y accesorios eléctricos; artículos metálicos; artículos de plástico; producción de vidrio y sus productos; confección de prendas de vestir; industria automotriz; producción de papel y cartón; etc. Además es asiento de empresas industriales de alta tecnología en electrónica y comunicaciones.

Asimismo, la industria se caracteriza por ser pequeña y mediana, como sucede en la mayor parte del país. Concentrándose ésta, principalmente en la zona metropolitana de Monterrey.

## 3.2 Ubicación de puntos representativos en función de las carreteras de Nuevo León

En el estudio de campo se eligieron ocho lugares situados en los tramos críticos identificados en la evaluación y recorrido previos, y en cada uno de ellos se realizaron las mediciones de ruido, exclusivamente en un sentido de la circulación del tránsito.

Las carreteras se eligieron por su importancia económica, por presentar un tránsito de vehículos de carga pesada constante, por su proyecto geométrico y por su situación topográfica.



**Figura 3.2**  
Ubicación de las secciones de estudio

Se hace notar que para las mediciones de 2006, se amplió el estudio en dos puntos adicionales, donde se midieron los niveles de ruido, estas estaciones fueron ubicadas en dos autopistas de cuota, secciones 3 y 7 de la tabla 3.3.

La sección 8 de la tabla 3.3, fue estudiada en el 2002, pero debido a que las condiciones de operación de la vía cambiaron, se consideró no darle seguimiento en el 2006, pues valores como el TDPA cambiaron y no permiten realizar un análisis de la evolución de los niveles de ruido.

### **3.3 Estudio de campo**

Se tomaron lecturas cada 60 s del ruido generado por la operación de transporte, en un horario de las 09:00 am a las 15:00 pm, en un lapso de 6 h, registrando los datos cada dos minutos.

#### **3.3.1 Método de medición**

En virtud de las características específicas requeridas, en el estudio se usó la medición directa por las siguientes razones:

- En México no se han desarrollado métodos de previsión, debido a que no se ha estudiado el ruido generado en las carreteras
- Se desconocen las características acústicas del entorno de las carreteras, y la capacidad fonoaislante y fonoabsorbente de los materiales que la componen
- Desde el punto de vista económico, y dada la naturaleza del presente estudio, es más barato hacer mediciones directas que diseñar un modelo de previsión que represente las condiciones sonoras de las carreteras

El estudio de campo puede considerarse, para fines prácticos, como una medición de monitoreo, dadas las siguientes razones:

- Las mediciones se realizaron durante períodos largos (6 h)
- La medición del ruido puede considerarse como continua a lo largo del período de medición
- Las mediciones no se efectuaron bajo condiciones climáticas adversas, como lluvia o viento, que pudieran afectar la regularidad de los resultados
- El grado de precisión de las mediciones es mucho mejor que +/- 5 dB, debido a que se está utilizando un sonómetro de precisión que puede detectar variaciones en la presión sonora de hasta medio decibel
- No se llevó control sobre el gradiente térmico en los lugares de medición

### 3.3.2 Instrumentos de medición

Para determinar el ruido generado por los vehículos se empleó un sonómetro de precisión marca Brüel & Kjaer, modelo 2238, con un rango de medición de 20 a 100 dB(A), mostrado en la fig 3.2, el cual cumple con la norma mexicana NMX-AA-059-1978 “Sonómetros de Precisión”.

El sonómetro se colocó sobre un tripié estándar a una distancia de 7,5 m del hombro de la carretera, y a una altura de 1,5 m con respecto al eje de la misma.



**Figura 3.3**  
**Sonómetro de precisión marca Brüel & Kjaer**

### 3.3.3 Puntos de medición

Los puntos estudiados en el 2002 se muestran en la tabla 3.3.

El tránsito diario promedio anual (TDPA) en las carreteras evaluadas se utilizó en ambos estudios. La información forma parte del documento denominado “Datos Viales”, editado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de la Dirección General de Servicios Técnicos, y se incluye en las tablas para los años 2002 (tabla 3.4) y 2006 (tabla 3.5), respectivamente.

**Tabla 3.3 Principales carreteras evaluadas en el 2006**

Punto	Carretera	Sentido
1	Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	Monterrey
2	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	N. Laredo
3	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500	N. Laredo
4	Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	Monterrey
5	Carretera Cd Victoria - Monterrey, km 264+800	Monterrey
6	Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	Reynosa
7	Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500	Reynosa
8	Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000	Monterrey

**Tabla 3.4 Transito diario promedio anual 2002**

ESTACIONES DE ESTUDIO	TDPA <small>(Ambos sentidos de circulación)</small>	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
		A	B	C
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	20.864	66%	5%	29%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	8.558	52%	5%	43%
Carretera Monterrey - Cd. Mier, km 29+700	5.664	81%	2%	17%
Carretera Cd. Victoria - Monterrey, km 264+800	20.942	78%	6%	16%
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	11.414	74%	4%	22%
Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000	9.084	44%	1%	55%

**Tabla 3.5 Transito diario promedio anual y estaciones de estudio 2006**

ESTACIONES DE ESTUDIO	TDPA <small>(Ambos sentidos de circulación)</small>	CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
		A	B	C
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	23.874	79%	5%	16%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	10.163	58%	11%	31%
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500	6.648	71%	7%	22%
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	5.751	85%	4%	11%
Carretera Monterrey- Cd Victoria, km 264+800	23.552	82%	4%	14%
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	12.547	79%	4%	17%
Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500	6.727	78%	6%	16%

En la tabla 3.5 se observan los tramos estudiados en el 2006, con su correspondiente TDPA y la clasificación vehicular.

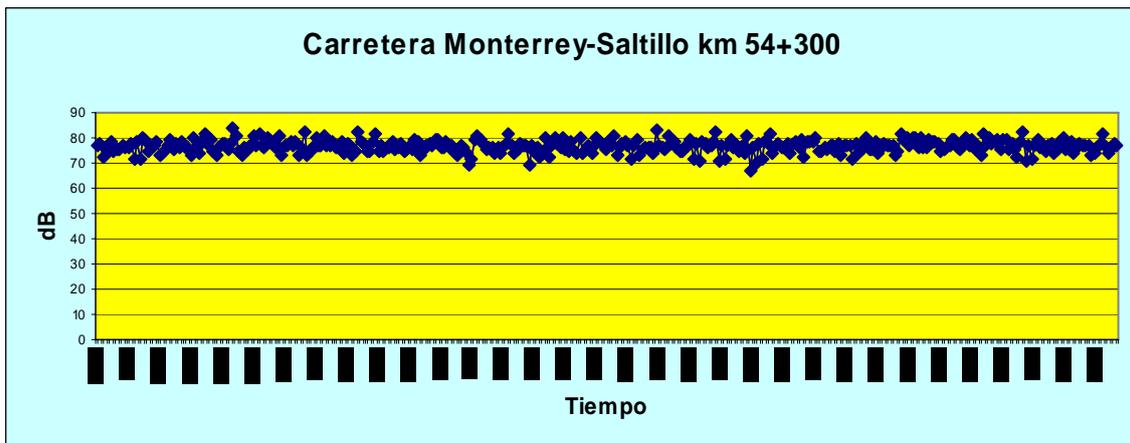
### 3.4 Sitios carreteros del estudio 2006

En este punto se presentan las condiciones en las que se realizó el estudio de campo, los datos generales de las carreteras evaluadas, y las características encontradas en las mediciones obtenidas del ruido.

#### 3.4.1 Carretera Monterrey-Salttillo, km 54+300 (sentido Monterrey)

Este tramo de carretera lo constituye una losa de concreto asfáltico, que se encuentra en buenas condiciones; se compone de dos carriles por sentido. El tramo tiene una pendiente de 4% rumbo a Monterrey.

La velocidad de proyecto del tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 23.874 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 79% de automóviles (A); 5,0% de autobuses (B); y 16% de camiones (C).



**Figura 3.4**  
Distribución del ruido a lo largo del tiempo

A partir de la distribución del ruido generado por el transporte en la carretera a lo largo de tiempo (fig 3.4), se obtienen ciertos indicadores que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; mismo que se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 77,4 dB(A)

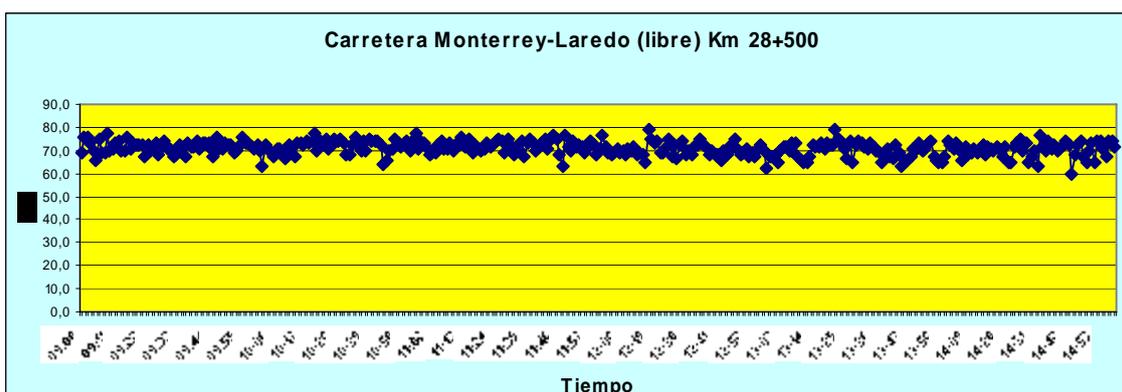
- Nivel percentil  $L_{50}(\text{total})= 76,8 \text{ dB(A)}$
- Nivel percentil  $L_{10}(\text{total})= 80,3 \text{ dB(A)}$
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h)= 79,2 \text{ dB(A)}$

### 3.4.2 Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500 (sentido Nuevo Laredo)

Esta carretera la configura una carpeta asfáltica, en buenas condiciones; se compone de un carril por sentido.

El tramo tiene una pendiente del 3%, la cual se obtuvo mediante el uso de un GPS al igual que todas las pendientes.

La velocidad de proyecto en este tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 10.163 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 58% de automóviles (A); 11% de autobuses (B); y 31% de camiones (C).



**Figura 3.5**  
**Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

A partir de la distribución del ruido generado por el transporte (fig 3.5), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; éstos se presentan a continuación:

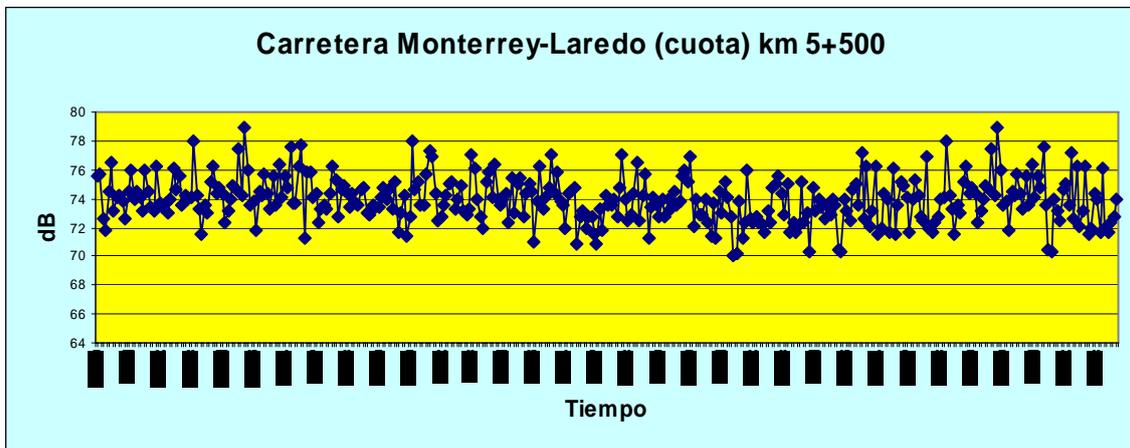
- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq(\text{total})= 71,9 \text{ dB(A)}$
- Nivel percentil  $L_{50}(\text{total})= 71,2 \text{ dB(A)}$
- Nivel percentil  $L_{10}(\text{total})= 76,3 \text{ dB(A)}$

- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h) = 74,6 \text{ dB(A)}$

### 3.4.3 Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500 (sentido Nuevo Laredo)

Esta vía configura una carpeta asfáltica, en buenas condiciones; se compone de dos carriles por sentido.

El tramo tiene una pendiente del 2%. La velocidad de proyecto en este tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 6.648 vehículos por sentido, con una composición vehicular de 71% de automóviles (A); 7% de autobuses (B); y 22% de camiones (C).



**Figura 3.6**  
**Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

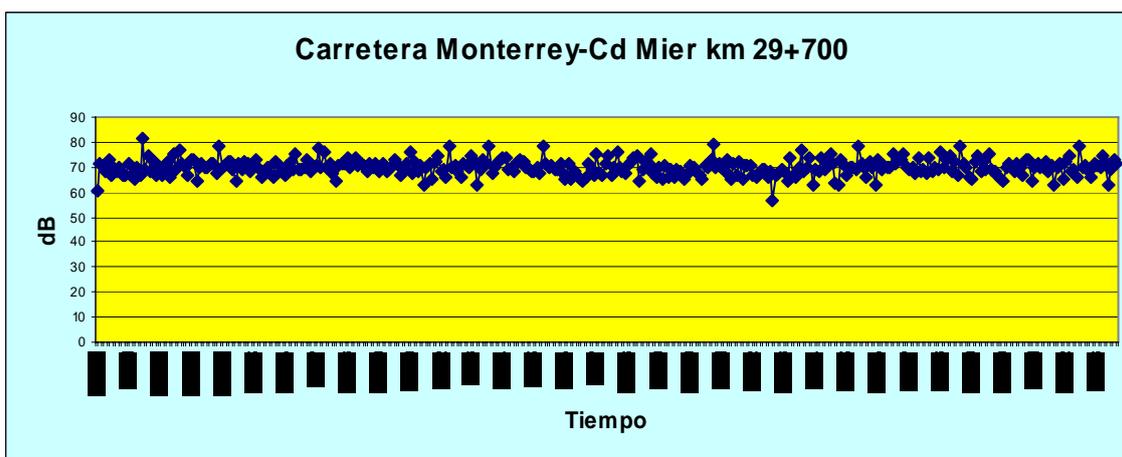
A partir de la distribución del ruido generado por el transporte (fig 3.6), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; éstos se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq \text{ (total)} = 72,2 \text{ dB(A)}$
- Nivel percentil  $L_{50} \text{ (total)} = 71,8 \text{ dB(A)}$
- Nivel percentil  $L_{10} \text{ (total)} = 83,2 \text{ dB(A)}$
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h) = 81,6 \text{ dB(A)}$

### 3.4.4 Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700 (sentido Monterrey)

Esta carretera esta conformada por una carpeta asfáltica en buenas condiciones; de un carril por sentido de circulación. Presenta una pendiente de 2%.

La velocidad de proyecto de este tramo es de 90 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 5.751 vehículos por sentido; con una composición vehicular de 85% de automóviles (A); 4% de autobuses (B); y 11% de camiones (C).



**Figura 3.7**  
**Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

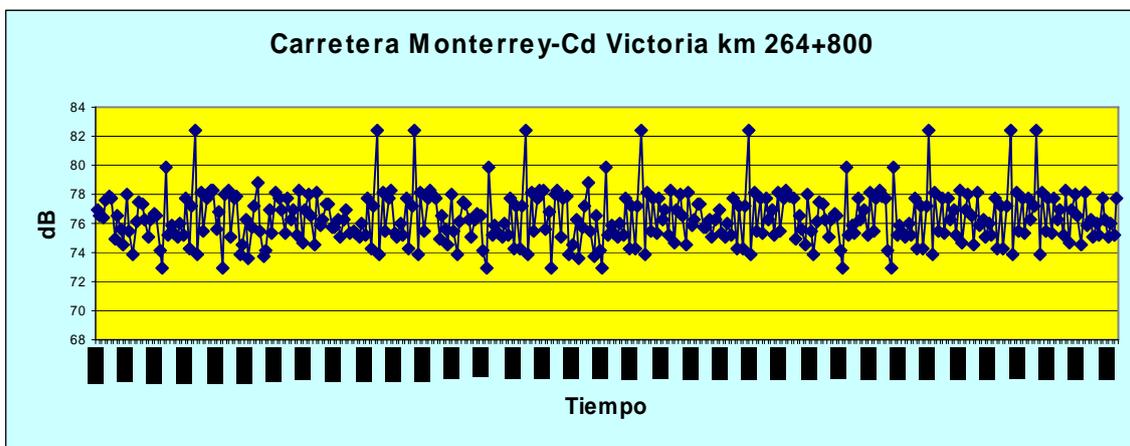
A partir de la distribución del ruido generado por el transporte en la carretera a lo largo del tiempo (fig 3.7), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; estos índices se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 71,2dB(A)
- Nivel percentil  $L_{50}$ (total)= 69,9 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{10}$ (total)= 79,8 dB(A)
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h)$ = 79,3 dB(A)

### 3.4.5 Carretera Monterrey- Cd Victoria, km 264+800 (sentido Monterrey)

Este tramo de carretera consiste en una carpeta asfáltica en buenas condiciones; se compone de dos carriles por sentido, acotamiento en ambos lados, y un camellón central. El tramo tiene una pendiente del 3%, rumbo a Monterrey.

La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 23.552 vehículos por sentido con una composición vehicular de 82% de automóviles (A); 4% de autobuses (B); y 14% de camiones (C).



**Figura 3.8**  
**Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

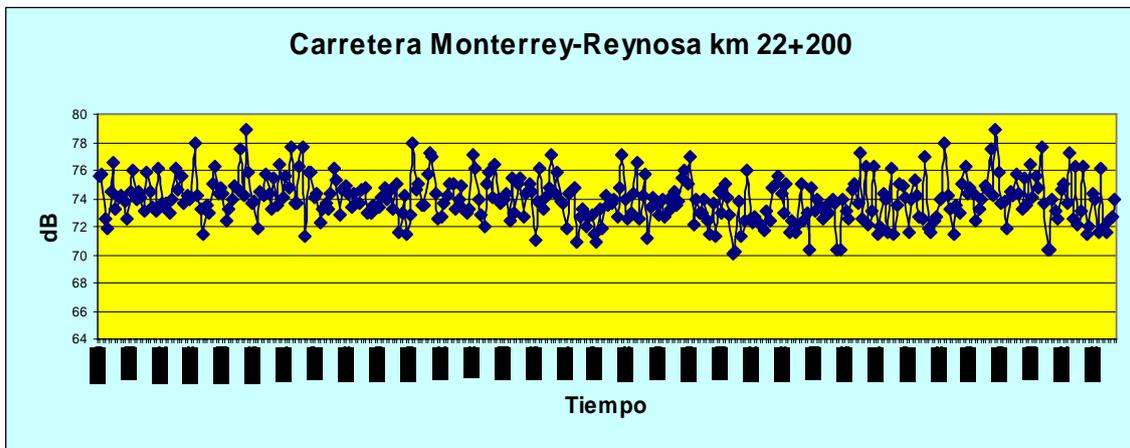
A partir de la distribución del ruido generado por el del transporte en carretera a lo largo del tiempo (fig 3.8), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; dichos índices se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 76,8 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{50}$ (total)= 76,2 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{10}$ (total)= 81,4 dB(A)
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h)$ = 79,7 dB(A)

### 3.4.6 Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200 (sentido Reynosa)

Esta carretera la configura una carpeta asfáltica, en buenas condiciones; se compone de un carril. El tramo tiene una pendiente del +4%, rumbo a Reynosa.

La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 12.547 vehículos por sentido; con una composición vehicular de 79% de automóviles (A); 4% de autobuses (B); y 17% de camiones (C).



**Figura 3.9**  
**Distribución del ruido a lo largo del tiempo**

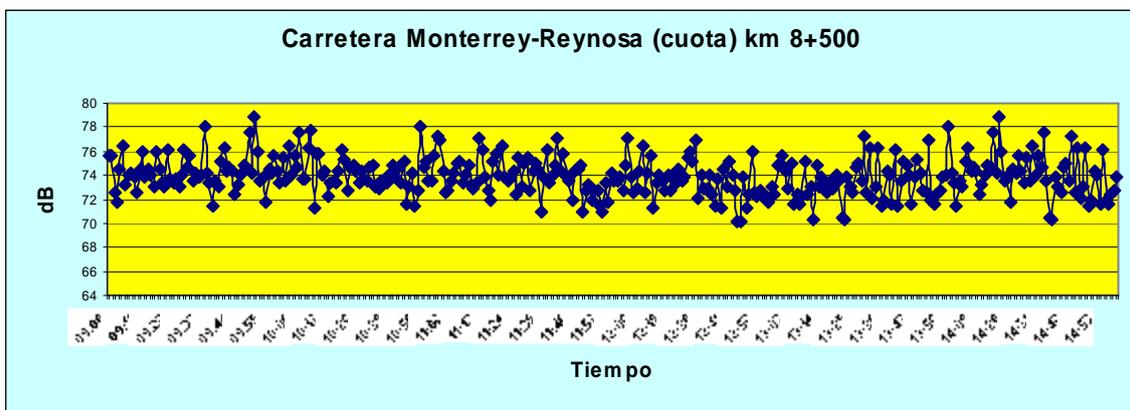
A partir de las mediciones del ruido generado por el transporte en carretera a lo largo del tiempo (fig 3.9), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; mismos que se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 74,6 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{50}$ (total)= 74,0 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{10}$ (total)= 76,4 dB(A)
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h)$ = 74,8 dB(A)

### 3.4.7 Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500 (sentido Reynosa)

Esta carretera la conforma una carpeta asfáltica en buenas condiciones; se compone de dos carriles por sentido. El tramo tiene una pendiente del +3%, rumbo a Reynosa.

La velocidad de proyecto de este tramo es de 110 km/h, y el TDPA que se ha registrado es de 6.727 vehículos por sentido; con una composición vehicular de 78% de automóviles (A); 6% de autobuses (B); y 16% de camiones (C).



**Figura 3.10**  
Distribución del ruido a lo largo del tiempo

A partir de las mediciones del ruido generado por el transporte en carretera a lo largo del tiempo (grafica 3.5), se obtienen ciertos índices que permiten caracterizar el comportamiento sonoro de una carretera; estos índices se presentan a continuación:

- Nivel de presión sonora equivalente  $Leq$  (total)= 74,2 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{50}$ (total)= 73,9 dB(A)
- Nivel percentil  $L_{10}$ (total)= 81,4 dB(A)
- Nivel de presión sonora en la hora más ruidosa  $Leq(h)$ = 79,0 dB(A)



## 4 Procesamiento y análisis estadístico de datos

---

En este capítulo se procesan y analizan, empleando métodos estadísticos, los datos de ruido captados en el año 2006 en diversas carreteras del **estado de Nuevo León**; asimismo, se comparan y correlacionan con los registrados en el 2002, y con los captados en carreteras del **estado de Querétaro**.

En la tabla 4.1 se presentan los valores de  $Leq(\text{total})$ ,  $Leq(h)$ ,  $Leq(10)$  y  $Leq(50)$  registrados en los ocho sitios, correspondientes a 2002 y 2006, así como sus diferencias, Dif, las desviaciones estándar, los promedios y los coeficientes de variación.

### 4.1 Análisis de los datos del 2006

Con el fin de verificar si los datos de los cuatro  $Leq$  corresponden a poblaciones estadísticas iguales entre sí, se realizó el análisis de variancia para probar la **hipótesis de que las medias o esperanzas matemáticas de las cuatro poblaciones son iguales entre sí**, en contraste con la **hipótesis alternativa de que no todas las medias son iguales**. Esto se hace aplicando la fórmula para calcular la estadística:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^4 (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^4 (n_i S_i^2)}$$

Donde:  $\bar{X}_i$  es el promedio de cada  $Leq$ ;  $\bar{X}$  es el promedio de todos los datos de las  $Leq$ ;  $S_i$  es la desviación estándar de los datos de cada  $Leq$ ; y  $n_i$  es la cantidad de datos de cada  $Leq$  (en este caso,  $n_i=7$  para cada  $Leq$ ). En la ref 13 se demuestra que dicha estadística tiene distribución F de probabilidades, con tres grados de libertad en el numerador, y  $7 \times 4 - 1 = 27$  en el denominador.

**Tabla 4.1 Niveles de ruido registrados en Nuevo León 2002-2006**

Estaciones de estudio	Leq (total), dB			Leq 50, dB			Leq 10, dB			Leq (h) , dB			Promedio , dB		
	2002	2006	Dif	2002	2006	Dif	2002	2006	Dif	2002	2006	Dif	2002	2006	Dif
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	78,1	77,4	-0,7	77,0	76,8	-0,2	80,5	80,3	-0,2	79,0	79,2	0,2	<b>78,65</b>	<b>78,43</b>	<b>-0,23</b>
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	71,0	71,9	0,9	70,0	71,2	1,2	83,2	76,32	-6,88	81,8	74,6	-7,2	<b>76,50</b>	<b>73,51</b>	<b>-3,00</b>
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500		72,2			71,8			83,2			81,6			<b>77,20</b>	
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	74,3	71,2	-3,1	72,0	69,9	-2,1	83,0	79,8	-3,2	81,5	79,3	-2,2	<b>77,70</b>	<b>75,05</b>	<b>-2,65</b>
Carretera Cd Victoria - Monterrey km, 264+800	71,9	76,8	4,9	73,5	76,2	2,7	81,0	81,4	0,4	79,3	79,7	0,4	<b>76,43</b>	<b>78,53</b>	<b>2,10</b>
Carretera Monterrey - Reynosa (libre) km, 22+200	75,1	74,6	-0,5	75,0	74,0	-1,0	80,6	76,34	-4,26	79,6	74,8	-4,8	<b>77,58</b>	<b>74,94</b>	<b>-2,64</b>
Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500		74,2			73,9			81,4			79,0			<b>77,13</b>	
Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000	71,0			70,0			83,2			81,8			<b>76,50</b>		
<b>Promedio</b>	<b>73,57</b>	<b>74,04</b>	<b>0,30</b>	<b>72,92</b>	<b>73,40</b>	<b>0,12</b>	<b>81,92</b>	<b>79,82</b>	<b>-2,83</b>	<b>80,50</b>	<b>78,31</b>	<b>-2,72</b>	<b>77,23</b>	<b>76,40</b>	<b>-1,28</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>2,81</b>	<b>2,42</b>	<b>2,95</b>	<b>2,80</b>	<b>2,57</b>	<b>1,88</b>	<b>1,35</b>	<b>2,61</b>	<b>3,00</b>	<b>1,33</b>	<b>2,62</b>	<b>3,28</b>	<b>0,90</b>	<b>1,92</b>	<b>2,19</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0,0382</b>	<b>0,0327</b>	<b>9,8206</b>	<b>0,0384</b>	<b>0,0350</b>	<b>15,6503</b>	<b>0,0164</b>	<b>0,0328</b>	<b>-1,0598</b>	<b>0,0166</b>	<b>0,0334</b>	<b>-1,2044</b>	<b>0,0117</b>	<b>0,0251</b>	<b>-1,7092</b>

Al calcular F con los datos del 2006 en la tabla 4.1, se obtiene  $F=8,01$ . Debido a que este valor es mayor que el valor crítico de la distribución F con 3 y 27 grados de libertad, y nivel de confiabilidad de 95%, que es de 2,96 (se obtiene de las tablas de la distribución F, ref 13), **se rechaza la hipótesis de que las medias de las cuatro poblaciones de las Leq son iguales entre sí; es decir, corresponden a poblaciones estadísticas diferentes** y, por tanto, son indicadores del nivel del ruido efectivamente diferentes.

Por otra parte, al analizar por separado cada una de las columnas con los datos de 2006, se observa que **los valores de cada Leq varían relativamente poco de una carretera a otra**, ya que los coeficientes de variación son muy pequeños y parecidos entre sí, con valores de 0,0327 a 0,0350, así como las desviaciones estándar, que van de 2,42 en Leq(total) a 2,62dB en Leq(h).

La Leq(total), que es la que se utiliza con más frecuencia en las normas, en particular en la de la OCDE, tiene un máximo de 77,4dB en la carretera Monterrey-Salttillo, km 54+300, y un mínimo de 71,2dB en la Monterrey-Cd. Mier, km 29+700; el promedio en los siete tramos es 74,04, el rango es 6,2dB y el coeficiente de variación es 0,0327. **Es importante notar que en todos los casos se exceden los 65dB que establece como máximo aceptable la norma de la OCDE.**

La Leq que tiene los valores más grandes es Leq(10), con promedio de 79,82dB, rango de 83,20-76,32=6,8dB y desviación estándar de 2,61dB.

Los promedios de las cuatro Leq de cada carretera varían de 73,51dB en la Monterrey-Nuevo Laredo (libre), a 78,53dB en la Ciudad Victoria-Monterrey. El promedio global es de 76,40dB; la desviación estándar de los promedios de los siete sitios es 1,92dB; y el coeficiente de variaciones es 0,0251.

Al comparar los datos de las dos carreteras Monterrey-Reynosa, libre y de cuota, se observa que el Leq(total) de 74,6dB de la libre, es casi igual al 74,2dB de la de cuota; lo mismo ocurre con la Leq(50) que valen 74 y 73,9dB, respectivamente. Por su parte, Leq(10) y Leq(h) sí tienen valores mayores en la de cuota, de 76,34 y 74,8dB en la libre, versus 81,4 y 79,0dB en la de cuota; es decir, 5,06 y 4,2dB más grandes, respectivamente.

Algo similar se observa al comparar la Monterrey-Salttillo libre con la de cuota, en la que los Leq(total) y Leq(50) son muy parecidos (71,9 versus 72,2dB, y 71,2 versus 71,8), en tanto que son muy diferentes en Leq(10) y Leq(h) (76,32 versus 83,2, y 74,6 versus 81,6dB).

En la tabla 4.2 se presenta el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA) de cada carretera, en la cual se observa que éste varía mucho de una carretera a otra, con un coeficiente de variación de 0,6155, y valores desde 5.751 en la carretera Monterrey - Cd Mier, hasta 23.874 en la Monterrey-Salttillo.

Tabla 4.2 Tránsito diario promedio anual, años 2002 y 2006

Estaciones de estudio	TDPA(total)			Vehículos Tipo C			TDPA (pesado)		
	2006	2002	Dif.	2006	2002	Dif.	2006	2002	Dif
Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300	23.874	20.864	3.010	16%	29%	-13%	3.820	6.051	-2.231
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500	10.163	8.558	1.605	31%	43%	-12%	3.151	3.680	-529
Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500	6.648			22%			1.463		
Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700	5.751	5.664	87	11%	17%	-6%	633	963	-330
Carretera Cd Victoria - Monterrey, km 264+800	23.552	20.942	2.610	14%	16%	-2%	3.297	3.351	-53
Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200	12.547	11.414	1.133	17%	22%	-5%	2.133	2.511	-378
Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500	6.727			16%			1.076		
Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000		9.084			55%			4.996	
<b>Promedio</b>	<b>12.751,71</b>	<b>12.754,33</b>	<b>1.689,00</b>	<b>0,18</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,08</b>	<b>2.224,59</b>	<b>3.591,90</b>	<b>-704,3</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>7.849,17</b>	<b>6.571,98</b>	<b>1.170,03</b>	<b>0,07</b>	<b>0,16</b>	<b>0,05</b>	<b>1.224,39</b>	<b>1.797,94</b>	<b>870,41</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0,6155</b>	<b>0,5153</b>	<b>0,6927</b>	<b>0,3620</b>	<b>0,5157</b>	<b>-0,621</b>	<b>0,5504</b>	<b>0,5006</b>	<b>-1,235</b>

Por su parte, el **TDPA de vehículos pesados solamente, TDPA(pesado)**, tiene coeficiente de variación también alto, de 0,5504; y valores desde 633 en la carretera Monterrey-Cd Mier, hasta 3.820 en la Monterrey-Santillo.

Con los datos del 2006 se calcularon las rectas de regresión lineal entre las Leq y el TDPA (fig 4.1); las ecuaciones resultantes son:

$$\text{Leq}(\text{total}) = 70,50 + 0,000278\text{TDPA} \quad (4.1)$$

$$\text{Leq}(50) = 69,78 + 0,000284\text{TDPA} \quad (4.2)$$

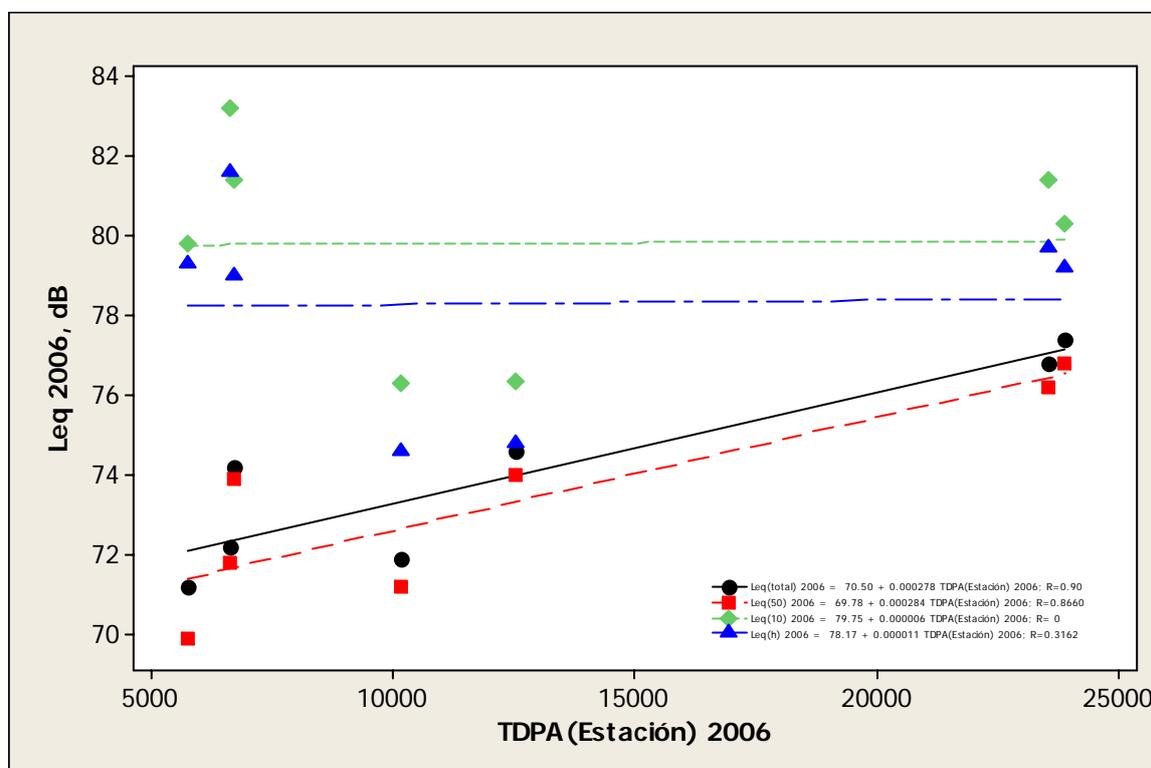
$$\text{Leq}(10) = 79,75 + 0,000006\text{TDPA} \quad (4.3)$$

$$\text{Leq}(h) = 78,17 + 0,000011\text{TDPA} \quad (4.4)$$

Los respectivos coeficientes de correlación son 0,90, 0,87, 0 y 0,32.

Al analizar las ecuaciones anteriores se observa que Leq(total) y Leq (50) crecen con el TDPA a razón de 2,78 y 2,84dB por cada diez mil vehículos, con coeficientes de correlación grandes. En cambio, Leq (10) y Leq (h) permanecen casi constantes con el TDPA, con coeficientes de correlación muy pequeños.

También se aprecia en la figura que la recta de regresión de Leq(10) tiene los valores más grandes; después Leq(h), Leq(total) y Leq(50).



**Figura 4.1**

### Regresión lineal de los niveles de ruido registrados en el 2006 vs TDPA

Al tomar como variable independiente al TDPA de los vehículos pesados únicamente, TDPA(pesado), las ecuaciones de las rectas de regresión (fig 4.2) son:

$$\text{Leq(total)} = 71,07 + 0,001337\text{TDPA(pesado)} \quad (4.5)$$

$$\text{Leq(50)} = 70,30 + 0,001396\text{TDPA(pesado)} \quad (4.6)$$

$$\text{Leq(10)} = 81,01 - 0,000536\text{TDPA(pesado)} \quad (4.7)$$

$$\text{Leq(h)} = 79,57 - 0,000565\text{TDPA(pesado)} \quad (4.8)$$

Los respectivos coeficientes de correlación son 0,68, 0,66, 0,25 y 0,26.

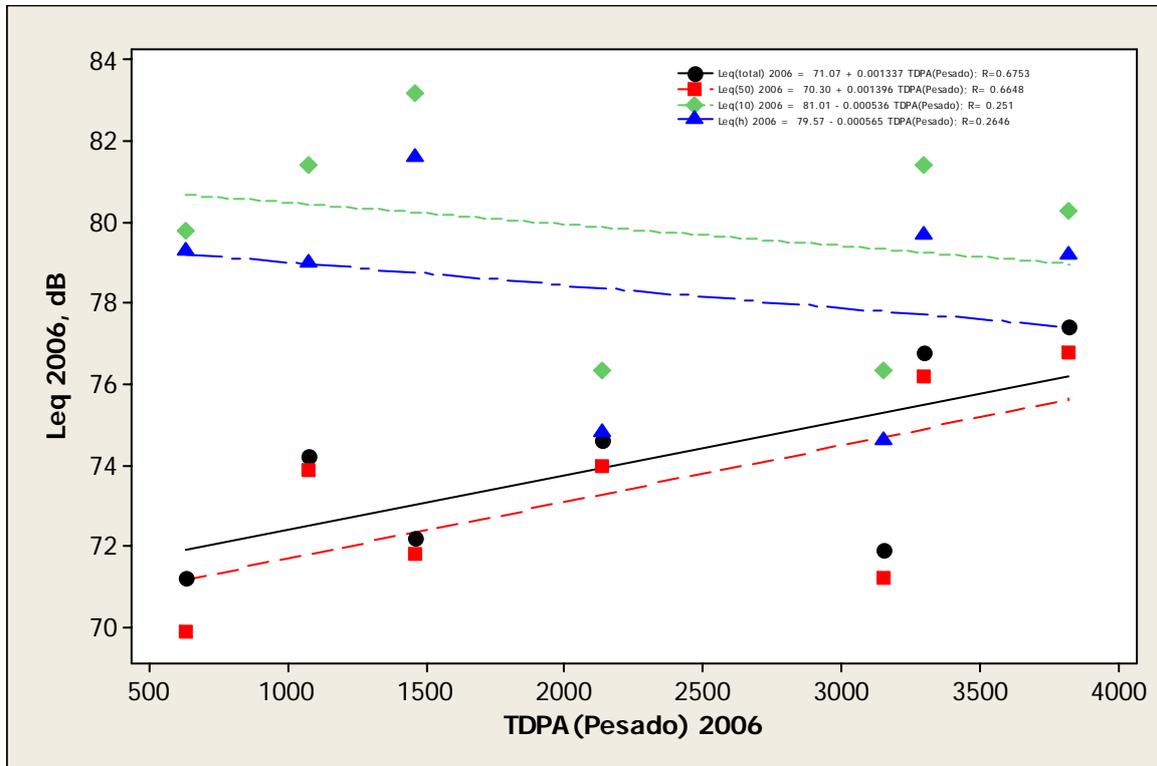


Figura 4.2

**Regresión lineal de los niveles de ruido registrados en el 2006 vs TDPA(pesado)**

Al analizar estas ecuaciones se observa que Leq(total) y Leq(50) crecen a razón de 13,37 y 13,96 dB por cada diez mil vehículos pesados, con coeficientes de correlación no muy altos. Por el contrario, Leq(10) y Leq(h) decrecen a razón de 5,36 y 5,65dB por cada diez mil vehículos pesados, con coeficientes de correlación pequeños. En la fig 4.2 se aprecia que los valores más grandes, definidos por las rectas de regresión, son los de Leq(10), seguidos por Leq(h), Leq(total) y leq(50).

**4.2 Análisis de los datos del 2002**

Al realizar el análisis de variancia de los valores de los cuatro Leq del año 2002, se obtiene que el valor de la estadística es F=19,96. Éste es mayor que el valor crítico que se obtiene de las tablas de la distribución F de probabilidades, que es 3,02, por lo cual se rechaza también la hipótesis de que las cuatro medias de las Leq son iguales entre sí.

Por otra parte, al analizar por separado los datos de cada columna de la tabla 4.1 correspondientes al 2002, se observa que todos los Leq varían relativamente poco de una carretera a otra, y que **en todos los casos se exceden los 65dB** que establece como máximo aceptable la norma de la OCDE. La Leq (total) tiene el valor más grande de 78,1dB, en la carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300; el más pequeño es de 71,0dB en la Monterrey-Nuevo Laredo (libre), por lo cual el rango es 7,1dB, la desviación estándar es 2,81dB, el coeficiente de variación es 0,0382, y el promedio es 73,57dB.

Al igual que en el 2006, en 2002 la Leq(10) tiene los valores mayores, con rango de 83,2-80,5 = 2,7dB, desviación estándar de 1,35dB, coeficiente de variación muy pequeño de 0,0164, y promedio de 81,92dB; es decir, en promedio es mayor en 7,35dB que el Leq (total). El promedio global de los cuatro Leq en los seis tramos es de 77,23dB, la desviación estándar es 0,90dB, el coeficiente de variación es 0,0117, y el rango es 78,65-76,43=2,22dB.

Al revisar los datos del TDPA del 2002, se aprecia que éstos varían mucho; al igual que en el 2006, desde 5.664 hasta 20.942. También los TDPA(pesado) son muy diferentes, de 963 a 6.051. Por otra parte, los Leq (total) y Leq(50) también crecen con el TDPA, a razón de 1,67 y 2,99dB por cada diez mil vehículos. En cambio, Leq(10) y Leq(h) se reducen con el TDPA, a razón de 1,62 y 1,76dB por cada diez mil vehículos (fig 4.3), ya que las ecuaciones de regresión que se calcularon son:

$$\text{Leq(total)} = 71,44 + 0,000167\text{TDPA} \quad (4.9)$$

$$\text{Leq(50)} = 69,10 + 0,000299\text{TDPA} \quad (4.10)$$

$$\text{Leq(10)} = 83,98 - 0,000162\text{TDPA} \quad (4.11)$$

$$\text{Leq(h)} = 82,75 - 0,000176\text{TDPA} \quad (4.12)$$

Los coeficientes de correlación son 0,39, 0,70, 0,79 y 0,87, respectivamente.

En la fig 4.4 se presentan las rectas de regresión calculadas para las Leq en función de los TDPA(pesado) de 2002. En ella se observa que Leq(total) y Leq(50) crecen con TDPA (pesado) a razón de 2,56 y 3,53dB por cada diez mil vehículos pesados, en tanto que Leq(10) y Leq(h) decrecen, inexplicablemente, con coeficientes de correlación altos.

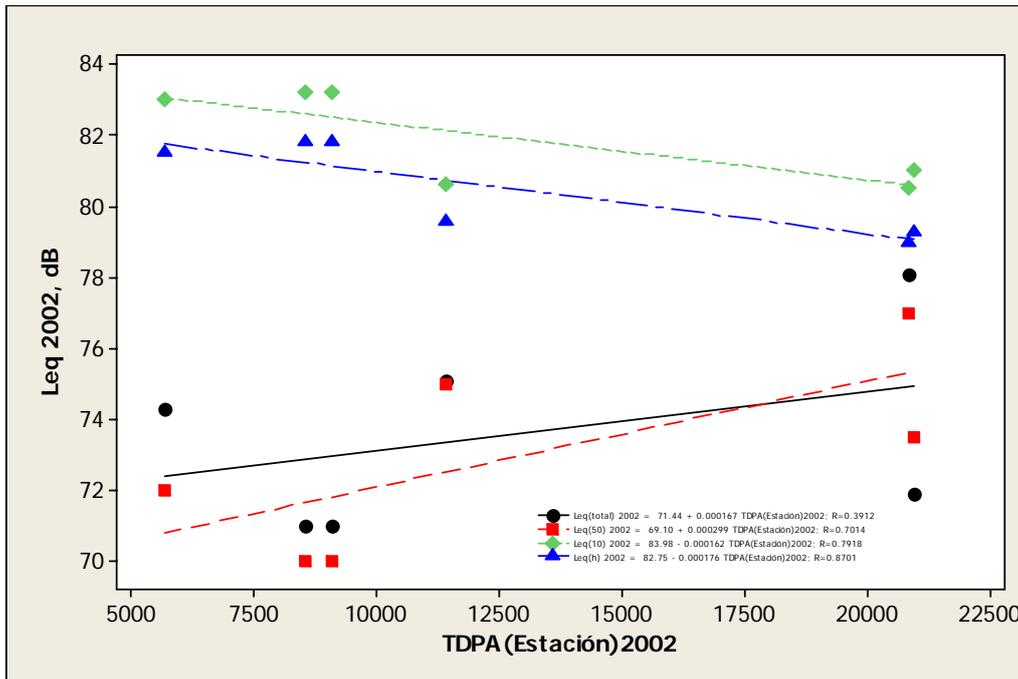


Figura 4.3

Regresión lineal de los niveles de ruido registrados en el 2002 vs TDPA

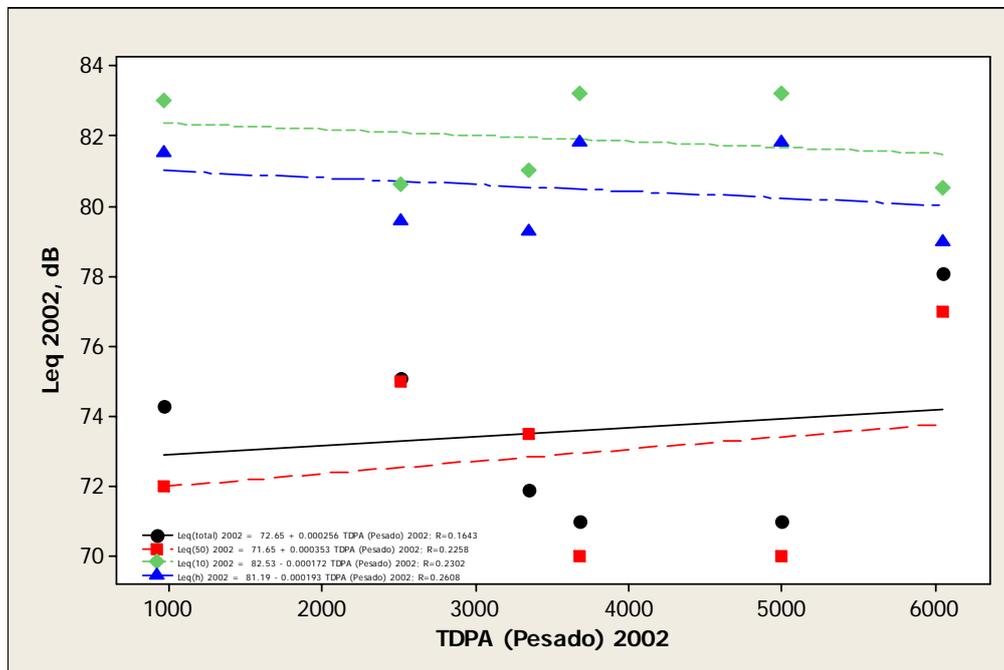


Figura 4.4

Regresión lineal de los niveles de ruido registrados en el 2002 vs TDPA(pesado)

### 4.3 Comparación entre el 2002 y 2006

En la fig 4.5 se presentan las rectas de regresión que relacionan a los Leq del 2006 con los del 2002; las ecuaciones son:

$$\text{Leq}(\text{total})2006 = 41,38 + 0,4455\text{Leq}(\text{total})2002 \quad (4.13)$$

$$\text{Leq}(50)2006 = 8,36 + 0,8879\text{Leq}(50)2002 \quad (4.14)$$

$$\text{Leq}(10)2006 = 117,3 - 0,4705\text{Leq}(10)2002 \quad (4.15)$$

$$\text{Leq}(h)2006 = 132,6 - 0,687\text{Leq}(h)2002 \quad (4.16)$$

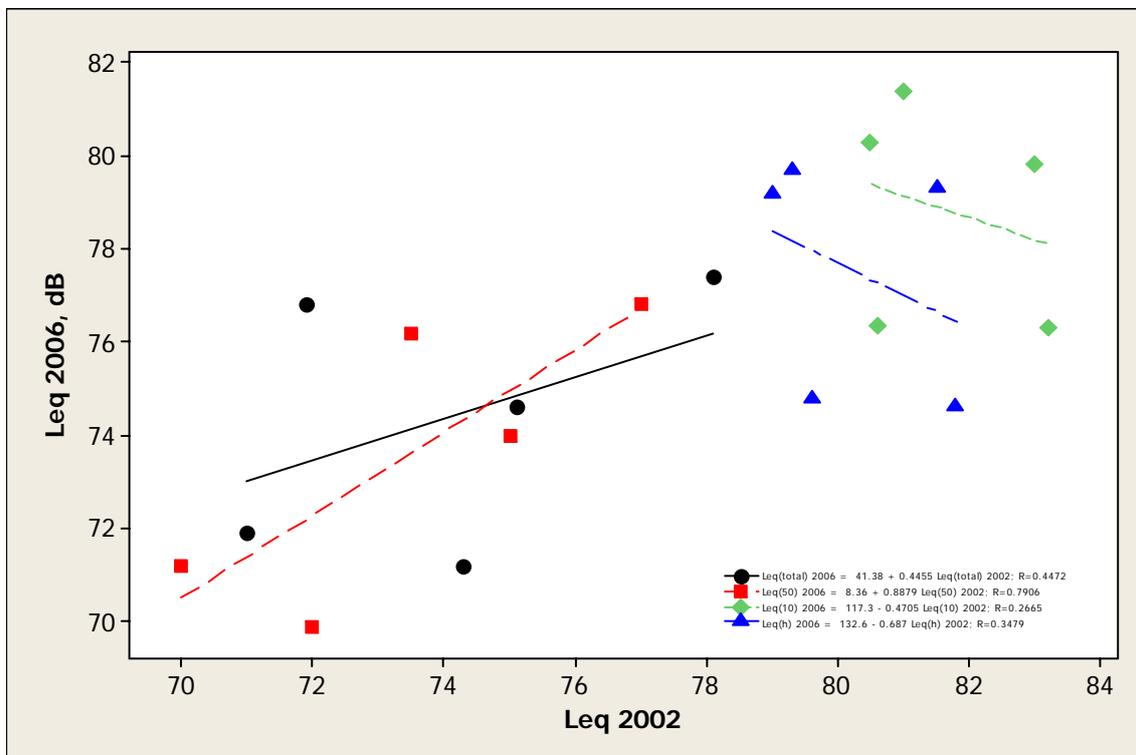


Figura 4.5

#### Regresión lineal de los niveles de ruido registrados en el 2006 vs 2002

Los coeficientes de correlación son 0,45, 0,79, 0,27 y 0,35, respectivamente; salvo el segundo, los otros tres son pequeños. En esta figura se observa que los Leq(total) y Leq(50) del 2006 tienen pendiente positiva pero menor a 1, por lo cual la tendencia es a dar valores de las Leq del 2006 menores a las del 2002, en tanto que las rectas de las otras dos Leq decrecen.

Para verificar si los niveles de ruido del 2002 crecieron en el 2006 (como ocurrió en el caso de las carreteras de Querétaro, ref 14), se realizó una prueba

estadística para valorar si los datos de cada Leq del 2002 y del 2006 corresponden a muestras de la misma población estadística. Con este fin, para cada Leq se hizo la prueba de hipótesis de que la media de las diferencias, Dif, de los valores de 2006 y 2002 vale cero. Para esto se aplica la fórmula de la estadística:

$$t = \frac{\text{Dif}}{S_{\text{Dif}}} \sqrt{n-1}$$

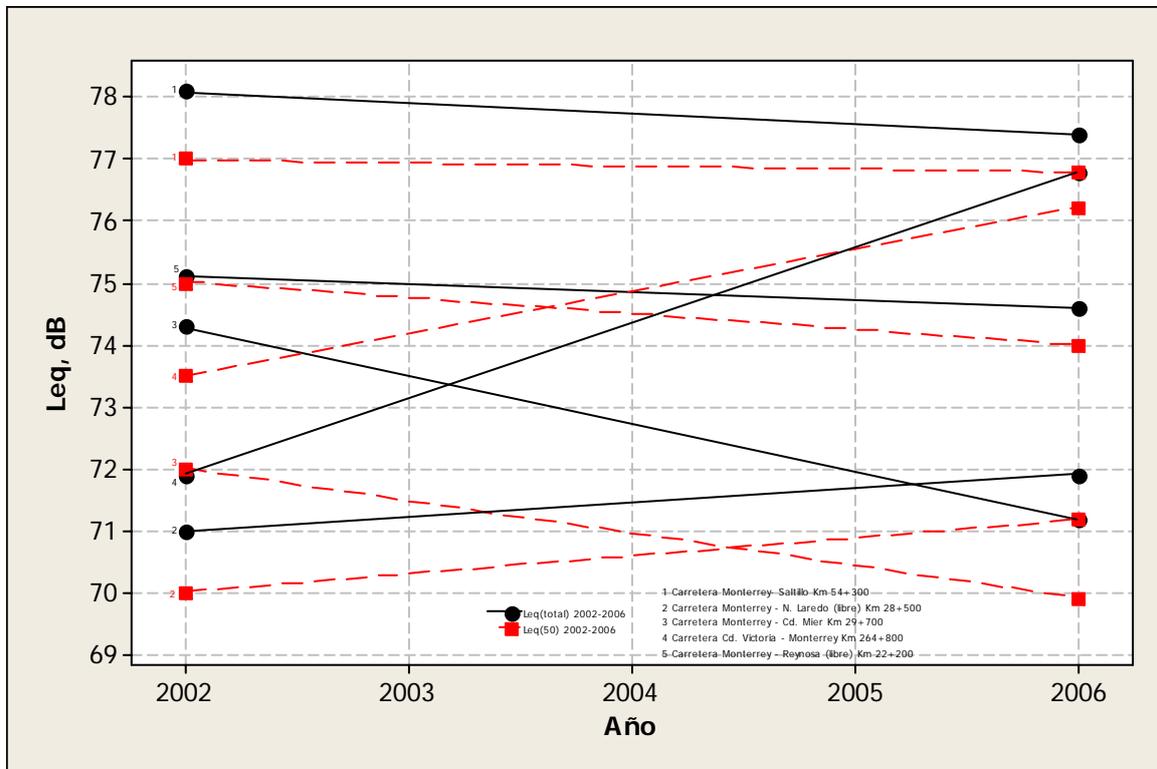
Donde: Dif y  $S_{\text{Dif}}$  son el promedio y la desviación estándar de las diferencias; y n es el número de datos de cada Leq; esta estadística tiene distribución de probabilidades t de *student* con n-1 grados de libertad.

Al aplicar esta ecuación con los datos de las diferencias calculadas para cada Leq en la tabla 4.1, se obtienen  $t=0,20$ ,  $t=0,13$ ,  $t=-1,89$  y  $t=-1,66$ . Estos valores son menores al crítico de la distribución de probabilidades t de student, con cuatro grados de libertad y nivel de confianza del 95%, que es 2,13 en la prueba de una cola (la hipótesis alterna es que la media de cada Dif es mayor a cero; es decir, que crecieron los niveles de ruido). Por tanto, se acepta la hipótesis de que la media de las diferencias vale cero, y se concluye que las medias de las Leq no crecieron estadísticamente del 2002 al 2006; es decir, los niveles de ruido se mantuvieron prácticamente iguales en el 2006 que en el 2002.

Por otra parte, al analizar en la tabla 4.1 las columnas de las diferencias (Dif) de los valores del 2006 y 2002, se observa que aunque en tres de las carreteras se registró decremento, los promedios de las Leq(total) y Leq(50) crecieron 0,30dB y 0,12dB, respectivamente. En virtud de los resultados de las pruebas de hipótesis en el párrafo anterior, se concluye que estos ligeros incrementos se deben al azar y no a un real crecimiento en los niveles de ruido medidos con estos indicadores. Esto se aprecia en la fig 4.6.

El mayor crecimiento de Leq(total) fue 4,9dB, es decir, 1,22dB por año, y ocurrió en el tramo Cd Victoria- Monterrey, lo cual podría explicarse parcialmente por el incremento de 2.610 vehículos en el TDPA, ya que con la ec 4.1 se explican tan sólo 0,73dB de los 4,9dB. El crecimiento de Leq (50) fue de 2,7dB. Por otra parte, el mayor decremento fue -3,1dB en el tramo Monterrey-Cd Mier, a pesar de que el TDPA creció en 87 vehículos.

Por el contrario, los Leq (10) y Leq (h) decrecieron de 2002 a 2006 en promedios de -2,83dB y -2,72dB, para lo cual no se le encontró explicación, con reducciones hasta de -7,2dB en la Monterrey-Nuevo Laredo.



**Figura 4.6**

**Variación de los niveles de ruido del 2002 al 2006**

En términos del promedio global para todas las Leq y todas las carreteras, del 2002 al 2006 se tuvo ligera reducción de -1,28dB, al bajar de 77,23dB a 76,40dB. Estas reducciones se aprecian en la fig 4.7.

En lo que al TDPA se refiere, en la fig 4.8 se nota que éste permaneció casi constante del 2002 al 2006 en la carretera Monterrey-Cd Mier, y tuvo crecimiento en las demás. Por otra parte, el TDPA(pesado) decreció en todas las carreteras.

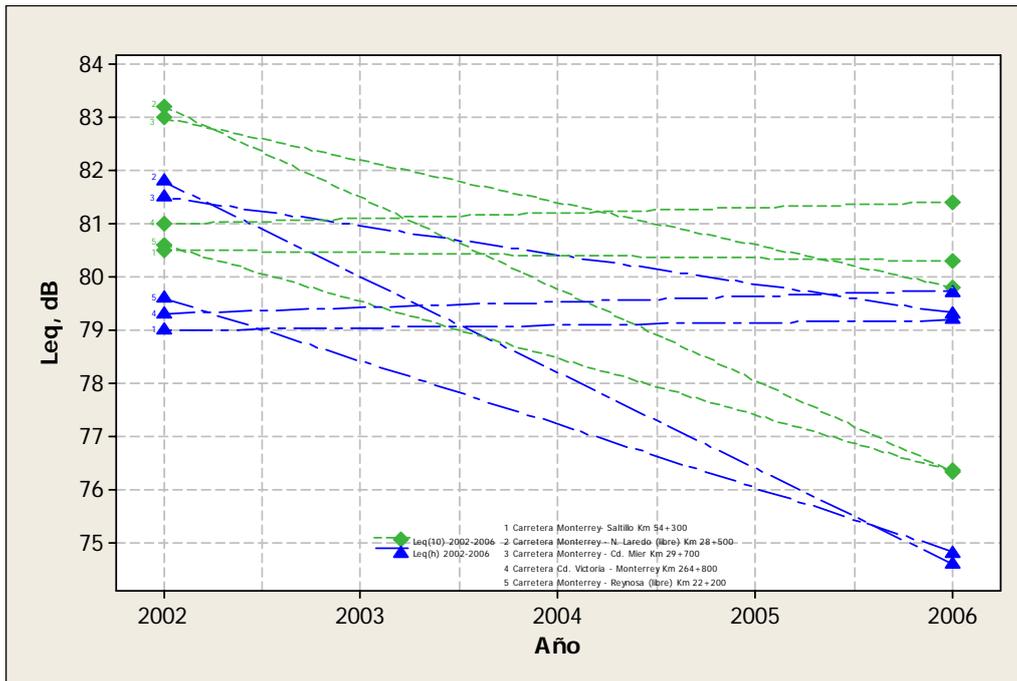


Figura 4.7

Variación de los niveles de ruido del 2002 al 2006

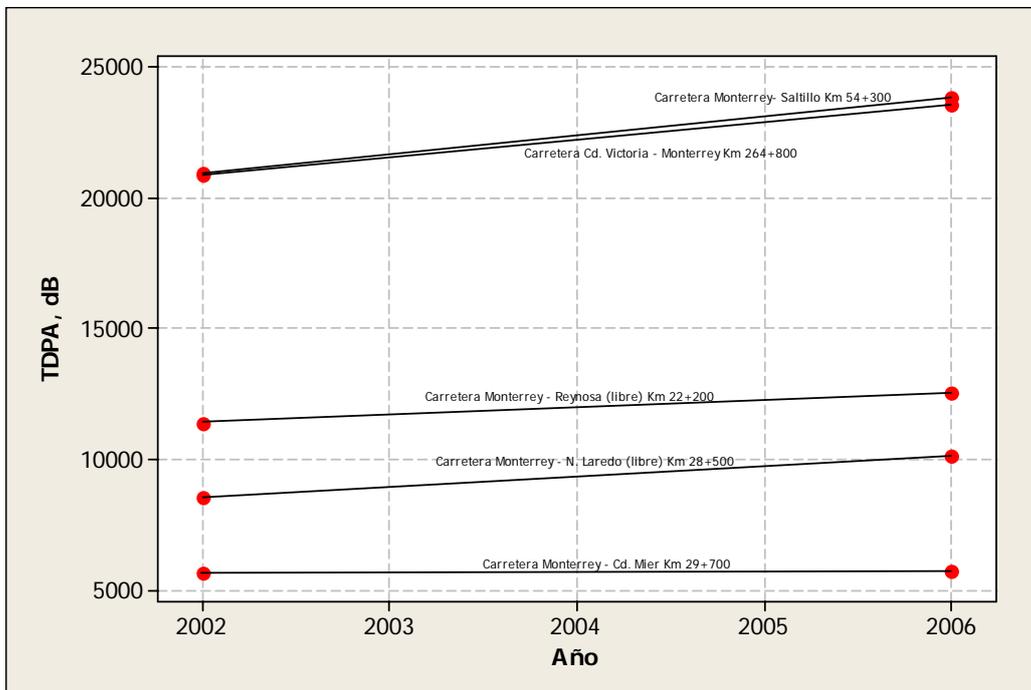


Figura 4.8

Variación de los TDPA del 2002 al 2006

Con datos del 2002 y 2006 juntos, el cálculo de las ecuaciones de las rectas de regresión del Leq con el TDPA, arrojó los siguientes resultados (fig 4.9).

$$\text{Leq}(\text{total}) = 72,74 + 0,000128\text{TDPA} \quad (4.17)$$

$$\text{Leq}(50) = 71,84 + 0,000156\text{TDPA} \quad (4.18)$$

$$\text{Leq}(10) = 80,38 + 0,000008\text{TDPA} \quad (4.19)$$

$$\text{Leq}(h) = 78,89 + 0,000008\text{TDPA} \quad (4.20)$$

Los respectivos coeficientes de correlación son 0,40, 0,47, 0,03 y 0,03.

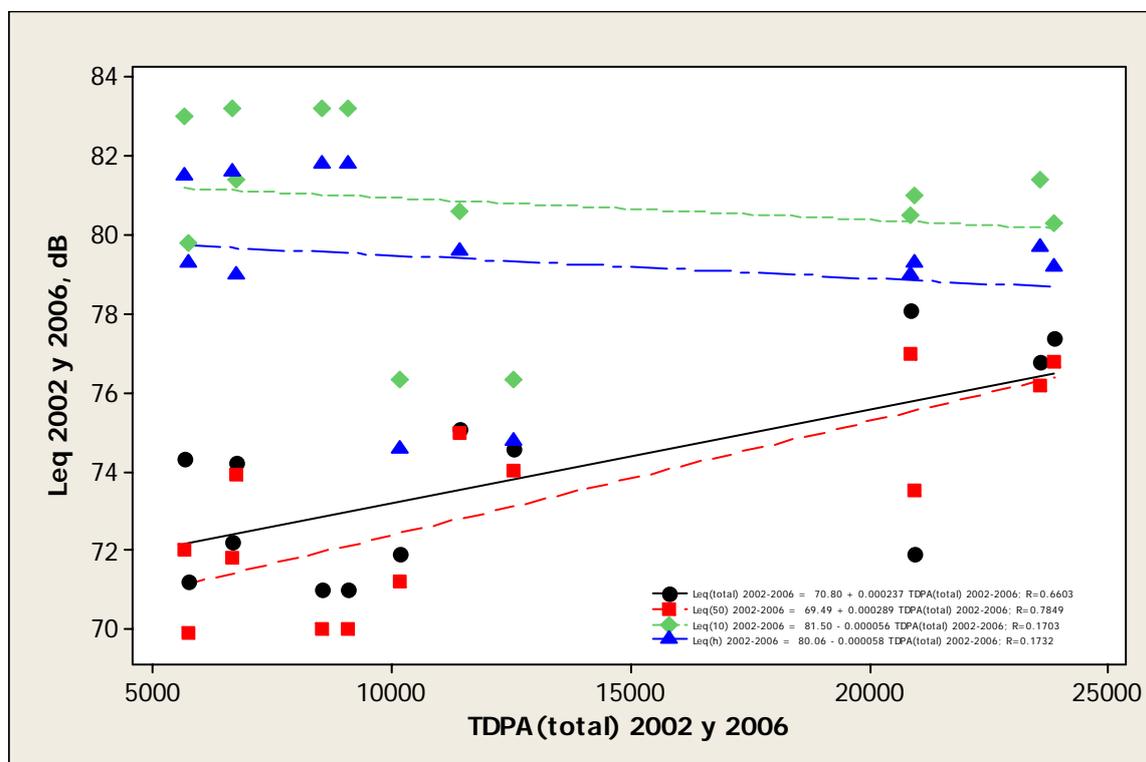


Figura 4.9

### Regresión de los niveles de ruido registrados en el 2002 y 2006 vs TDPA(total)

Al analizar estas ecuaciones se observa que  $\text{Leq}(\text{total})$  y  $\text{Leq}(50)$  crecen con el TDPA, a razón de 1,28 y 1,56dB por cada diez mil vehículos; por su parte,  $\text{Leq}(10)$  y  $\text{Leq}(h)$  también crecen, pero a razón de sólo 0.08 por cada diez mil vehículos, es decir, permanecen casi constantes.

En la fig 4.10 se presentan los Leq en función del TDPA(pesado), conjuntando los datos del 2002 y 2006. En ella se observa que  $\text{Leq}(\text{total})$  y  $\text{Leq}(50)$  crecen con

TDPA(pesado), a razón de 4,51 y 5,17dB por cada diez mil vehículos pesados, en tanto que Leq(10) y Leq(h) permanecen casi constantes, ya que crecen tan sólo a razón de 0,53 y 0,47dB por cada diez mil vehículos pesados.

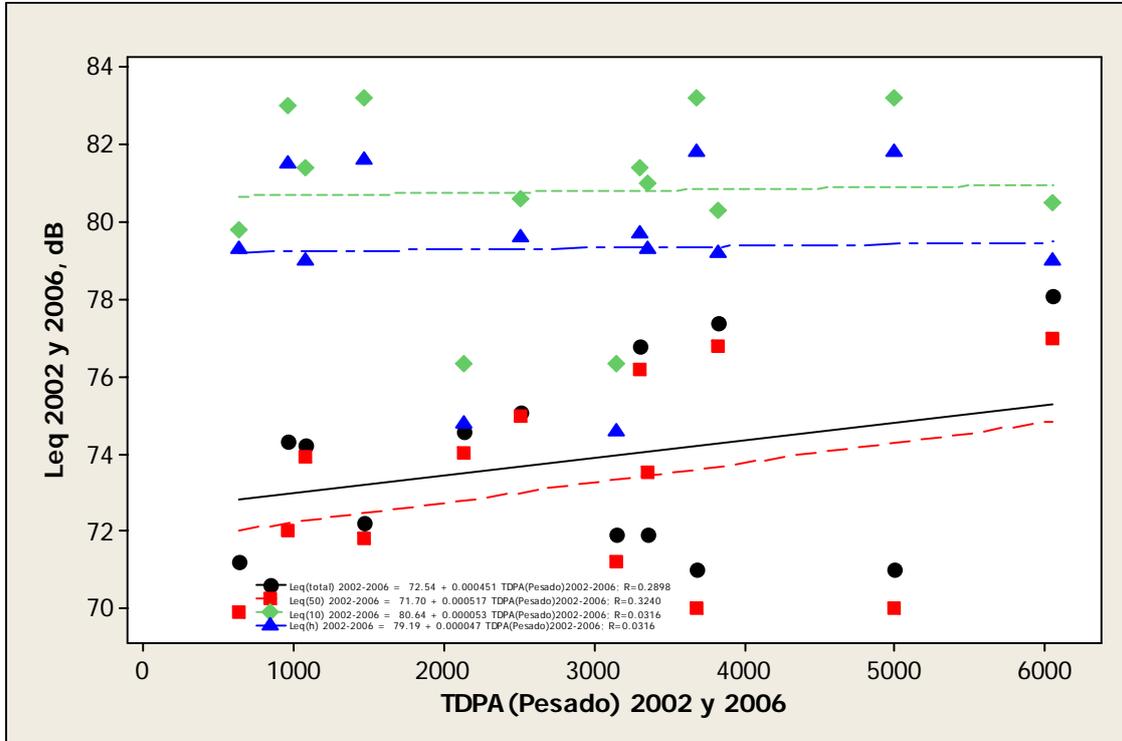


Figura 4.10

**Regresión de los niveles de ruido registrados en el 2002 y 2006 vs TDPA(pesado)**

Por todo lo anterior, la recomendación que surge de esta investigación es que, dado que en todos los casos de Nuevo León el nivel de ruido excede las normas internacionales al respecto, y a que el TDPA, tanto total como pesado, normalmente se va incrementando con el tiempo, se reitera la necesidad de expedir una norma para lograr que el ruido se mantenga en las carreteras mexicanas en niveles aceptables internacionalmente.

La propuesta de norma que ha hecho el IMT para esto (ref 12), que aquí se refrenda, es limitar inicialmente el Leq (total) a 75dB, con una reducción paulatina de 1dB cada año, durante diez años, para llegar a los 65dB que propone la OCDE para horario diurno en tramos que cruzan zonas habitacionales. Por fortuna, en el caso de Nuevo León los promedios de Leq(total) en el 2002 y 2006 fueron, respectivamente, 73,57 y 74,04dB; aunque en la carretera Monterrey-Saltillo en el 2006 fue de 77,4dB, y en la de Ciudad Victoria-Monterrey resultó de 76,8dB; es decir, sólo se excedieron ligeramente los 75,0dB.

## 4.4 Comparación de los niveles de ruido en carreteras de los estados de Nuevo León y Querétaro

En esta sección se comparan los valores del nivel de ruido captados en el 2005 en carreteras de Querétaro (ref 14), con los registrados en el 2006 en Nuevo León.

En la tabla 4.3 se presentan los datos del ruido registrado en las cinco carreteras del estado de Querétaro, correspondientes a los años 2000 y 2005, así como las diferencias, Dif, de los valores del 2005 menos los del 2000; los promedios y los coeficientes de variación para cada Leq. En ella se aprecia que el ruido creció en cada uno de los sitios y que en todos los casos **se exceden los 65dB** que establece como máximo aceptable la norma de la OCDE.

Para confirmar estadísticamente el crecimiento señalado, se realizaron las pruebas de hipótesis de que la media de las diferencias de cada Leq vale cero, tomando como hipótesis alterna el que es mayor a cero. Al hacerlo se obtienen los siguientes valores de la estadística t: 3,40; 2,21; 7,56; 2,21.

Por su parte, el valor crítico que da la distribución t de student para un nivel de confianza de 95% y 4 grados de libertad es 2, 13; éste es menor a los cuatro valores que arrojaron las muestras, por lo cual **no se acepta la hipótesis** de que la media de las diferencias vale cero y, consecuentemente, se acepta la hipótesis alterna de que **es mayor que cero**; es decir, que los Leq (los niveles de ruido) sí crecieron del 2000 al 2005.

El incremento más bajo fue de 0,2dB, correspondiente al Leq(50), registrado en la carretera de Querétaro a San Luis Potosí, km 12+800; y el crecimiento más alto fue de 9,08dB en la carretera de México a Querétaro, km 208+200. También se observa que en cada año los valores de cada Leq son muy similares en las cinco carreteras, ya que los coeficientes de variación son pequeños, con valores de 0,0247 a 0,0332 en el 2000, y de 0,0390 a 0,0537 en el 2005.

**Tabla 4.3 Niveles de ruido registrados en las carreteras del estado de Querétaro**

Estaciones de estudio	Leq (total) , dB			Leq 50, dB			Leq 10, dB			Leq (h) , dB			Promedio, dB		
	2000	2005	Dif	2000	2005	Dif	2000	2005	Dif	2000	2005	Dif	2000	2005	Dif
México – Querétaro, km 208+200	77,3	85,2	7,9	79,0	85,0	6,0	77,0	86,08	9,08	80,5	85,08	4,58	78,45	85,34	6,89
México - Querétaro km, 193+050	80,6	88,2	7,6	81,5	87,75	6,25	80,5	89,36	8,86	83,0	87,91	4,91	81,40	88,31	6,91
Querétaro - San Luis Potosí, km 12+800	78,3	79,4	1,1	79,3	79,5	0,2	77,75	82,0	4,25	81,0	80,4	-0,6	79,09	80,33	1,24
Querétaro - San Luis Potosí, km 26+200	76,2	80,7	4,5	77,0	80,0	3,0	76,0	83,0	7,0	79,0	80,86	1,86	77,05	81,14	4,09
Querétaro – Celaya, km 10+000 (libre a Celaya)	75,0	78,4	3,4	76,5	77,0	0,5	73,5	81,55	8,05	77,8	79,6	1,8	75,70	79,14	3,44
<b>Promedio</b>	<b>77,48</b>	<b>82,38</b>	<b>4,90</b>	<b>78,66</b>	<b>81,85</b>	<b>3,19</b>	<b>76,95</b>	<b>84,40</b>	<b>7,45</b>	<b>80,26</b>	<b>82,77</b>	<b>2,51</b>	<b>78,34</b>	<b>82,85</b>	<b>4,51</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>2,13</b>	<b>4,16</b>	<b>2,88</b>	<b>2,00</b>	<b>4,39</b>	<b>2,89</b>	<b>2,55</b>	<b>3,29</b>	<b>1,97</b>	<b>1,98</b>	<b>3,57</b>	<b>2,27</b>	<b>2,15</b>	<b>3,84</b>	<b>2,42</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>0,0276</b>	<b>0,0506</b>	<b>0,5874</b>	<b>0,0254</b>	<b>0,0537</b>	<b>0,9068</b>	<b>0,0332</b>	<b>0,0390</b>	<b>0,2639</b>	<b>0,0247</b>	<b>0,0432</b>	<b>0,9051</b>	<b>0,0275</b>	<b>0,0464</b>	<b>0,5365</b>

En la tabla 4.3 se aprecia también que en la carretera México-Querétaro se registró el ruido más alto, tanto en el km 193+050, donde el pavimento es de concreto hidráulico, con un Leq promedio de 88,31dB y un máximo de Leq(10)=89,36dB, como en el km 208+200, donde el pavimento es de asfalto, con promedio de 85,34dB y un máximo de Leq(10)=86,08dB. Además, se observa que los Leq(10) son las que tuvieron los mayores crecimientos del 2000 al 2005 en los cinco puntos, con un incremento promedio de 7,45dB, para dar un promedio global de 84,40dB y un incremento de 1,49dB por año.

Asimismo, el menor crecimiento global promedio en las cinco estaciones del año 2000 al 2005, fue 82,77-80,26=2,51dB en Leq(h), lo cual da un incremento de 0,5dB por año; es decir, en promedio el ruido, ya de por sí excesivo en el 2000, creció entre 2,51 y 7,45dB en cinco años; y 0,9dB por año, en promedio global. Es de destacarse nuevamente que en todos los casos, se exceden los 65dB que establece la norma de la OCDE.

En la tabla 4.4 se muestran los datos del 2005 en Querétaro y del 2006 en Nuevo León, observándose que el ruido es **bastante mayor** en el primero que en el segundo, con promedios de: en Leq(total) de 82,38dB versus 74,04dB; en Leq(50) de 82,77dB versus 73,40dB; en Leq(10) de 84,40dB versus 79,74dB; y en Leq(h) de 81,85dB versus 78,31dB.

Esto se comprueba estadísticamente al hacer la prueba de hipótesis de igualdad de medias (ref 13), tomando como hipótesis alterna que las medias de cada una de las cuatro Leq de Querétaro son mayores que las de Nuevo León, con un 95% de nivel de confianza. Para esto se calculó la estadística.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\epsilon \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde: los índices 1 y 2 corresponden a Querétaro y Nuevo León, respectivamente;  $\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  son los promedios;  $n_1$  y  $n_2$  son los tamaños de las muestras;  $S_1$  y  $S_2$  son las desviaciones estándar, y

$$\epsilon = \sqrt{(n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2) / (n_1 + n_2)}$$

Al calcular las “t” correspondientes a cada una de los cuatro Leq se obtuvieron 4,36; 5,27; 2,73; 1,75. El valor crítico para una prueba de una cola, en la que la hipótesis alterna es que las medias del ruido de Querétaro son mayores a las de Nuevo León, para un nivel de confianza de 95% y 9 grados de libertad es 1.81; éste sólo es superior al t=1,75 de Leq(h); porque para ésta, las medias de Querétaro y Nuevo León son estadísticamente iguales; por el contrario, en los otras tres Leq se concluye que los de Querétaro son mayores.

**Tabla 4.4 Niveles de ruido registrados en Querétaro en el 2005 y Nuevo León en el 2006**

No.	Sección de estudio	Leq (total), dB		Leq (50), dB		Leq (10), dB		Leq (h), dB		Promedio, dB	Desviación, dB Estándar	Coeficiente de variación
		2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006			
1	México – Querétaro, km 208+200	85,2		85,08		86,08		85,00		85,34	0,5001	0,0059
2	México – Querétaro, km 193+050	88,2		87,91		89,36		87,75		88,31	0,7276	0,0082
3	Querétaro - San Luis Potosí, km 12+800	79,4		80,40		82,00		79,50		80,33	1,2038	0,0150
4	Querétaro - San Luis Potosí, km 26+200	80,7		80,86		83,00		80,00		81,14	1,2950	0,0160
5	Querétaro – Celaya, km 10+000 (libre a Celaya)	78,4		79,6		81,55		77,00		79,14	1,9276	0,0244
6	Carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300		77,4		76,8		80,30		79,2	78,43	1,6132	0,0206
7	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (libre), km 28+500		71,9		71,2		76,32		74,6	73,51	2,3813	0,0324
8	Carretera Monterrey - Nuevo Laredo (cuota), km 5+500		72,2		71,8		83,20		81,6	77,20	6,0421	0,0783
9	Carretera Monterrey - Cd Mier, km 29+700		71,2		69,9		79,80		79,3	75,05	5,2272	0,0696
10	Carretera Cd Victoria - Monterrey, km 264+800		76,8		76,2		81,40		79,7	78,53	2,4514	0,0312
11	Carretera Monterrey - Reynosa (libre), km 22+200		74,6		74,0		76,34		74,8	74,94	0,9964	0,0133
12	Carretera Monterrey - Reynosa (cuota), km 8+500		74,2		73,9		81,40		79,0	77,13	3,6854	0,0478
13	Libramiento Noroeste de Monterrey, km 26+000 *											
<b>Promedio</b>		<b>82,38</b>	<b>74,04</b>	<b>82,77</b>	<b>73,40</b>	<b>84,40</b>	<b>79,74</b>	<b>81,85</b>	<b>78,31</b>	<b>76,40</b>	<b>3,20</b>	<b>0,04</b>
<b>Desviación Estándar</b>		<b>4,164</b>	<b>2,424</b>	<b>3,573</b>	<b>2,571</b>	<b>3,288</b>	<b>2,614</b>	<b>4,393</b>	<b>2,616</b>	<b>1,9206</b>	<b>1,8720</b>	<b>0,0245</b>
<b>Coeficiente de variación</b>		<b>0,0506</b>	<b>0,0327</b>	<b>0,0432</b>	<b>0,0350</b>	<b>0,0390</b>	<b>0,0328</b>	<b>0,0537</b>	<b>0,0334</b>	<b>0,0251</b>	<b>0,5851</b>	<b>0,5852</b>

\* Sin estudio posterior al 2002.

También se aprecia en la tabla 4.4 que los valores de cada Leq en ambos estados varían relativamente poco de una carretera a otra, ya que los coeficientes de variación van de 0,0327 a 0,0350 en Nuevo León, y de 0,0390 a 0,0537 en Querétaro.

Asimismo, se observa que los cuatro tipos de Leq tienen valores parecidos entre sí en Querétaro, con un coeficiente de variación máximo de 0,0244; mientras que en Nuevo León los Leq(10) y Leq(h) son bastante mayores que los Leq(total) y Leq(50), con un coeficiente de variación mínimo de 0,0133 en la Monterrey-Reynosa (libre), y máximo de 0,0783 en la Monterrey-Nuevo Laredo (cuota).

En la fig 4.11 se presentan las rectas de regresión de los distintos Leq para el 2005, versus los del 2000. En ellas se nota la tendencia creciente de todos los tipos de Leq, con coeficientes de correlación, R, que van de 0,77 para Leq(total), a 0,85 para Leq(50), lo cual también hace prever que el nivel de ruido irá en ascenso si no se toman algunas acciones normativas y correctivas para aminorarlo.

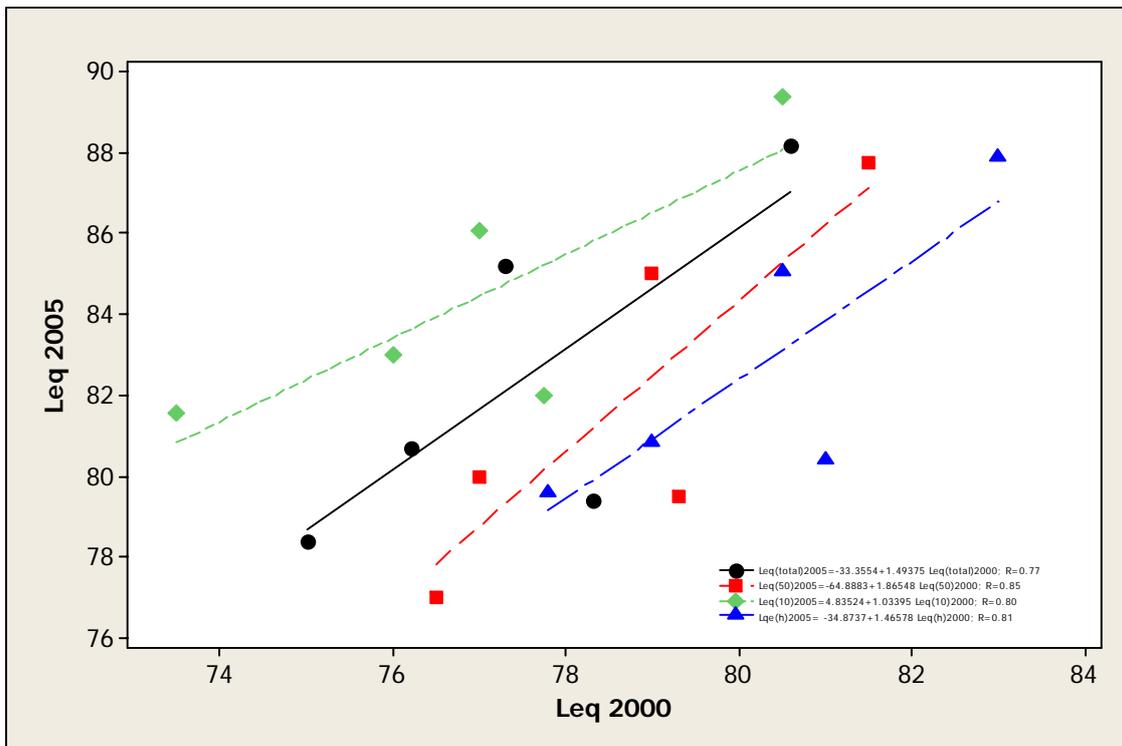


Figura 4.11

**Relación de los niveles de ruido registrados en los años 2000 y 2005 en el estado de Querétaro**

Al comparar la fig 4.11 de Querétaro con la figura 4.5 de Nuevo León, se aprecia que en la de Querétaro los Leq(total) y Leq(50) crecen con pendiente mayor (1,49 versus 0,44, y 1,36 versus 0,88), pero el mayor contraste está en que los Leq(10) y Leq(h) decrecen en Nuevo León y crecen en Querétaro.

En la tabla 4.5 se presentan los valores de los TDPA totales de Querétaro correspondiente a 2000 y 2005, así como sus diferencias; y los TDPA de los vehículos pesados solamente, TDPA(pesado), con sus respectivas diferencias.

**Tabla 4.5 Comparación de los TDPA en Querétaro**

ESTACIONES DE ESTUDIO	TDPA			TDPA(pesado)		
	2000	2005	Dif	2000	2005	Dif
Carretera México – Querétaro, km 208+200	37.718	44.654	6.936 (16 %)	6.412 (17 %)	11.164 (25 %)	4.751 (8 %)
Carretera México – Querétaro, km 193+050	32.325	48.344	16.019 (33 %)	5.819 (18 %)	14.020 (29 %)	8.201 (11 %)
Carretera Querétaro - San Luis Potosí, km 12+800	20.843	32.802	11.959 (36 %)	3.960 (19 %)	5.576 (17 %)	1.616 (-2 %)
Carretera Querétaro - San Luis Potosí, km 26+200	15.716	26.961	11.245 (42 %)	2.986 (19 %)	4.853 (18 %)	1.867 (-1 %)
Carretera Querétaro –Celaya, km 10+000 (libre a Celaya)	10.564	16.804	6.240 (37 %)	3.064 (29 %)	3.025 (18 %)	- 39 (-11 %)
Promedio	23.433	33.913		4.448	7.727	

En dicha tabla se observa que el TDPA total creció entre 16 y 42%; en tanto que el TDPA pesado creció 8 y 11% en los dos tramos de la carretera México-Querétaro, pero decreció porcentualmente en los otros tres sitios, aunque no así en valores absolutos; excepto en el de Querétaro-Celaya, en que disminuyó en 39 vehículos pesados.

Al comparar los datos de la tabla 4.5 con los de la 4.2, se aprecia que los TDPA son, en general, bastante mayores en Querétaro que en Nuevo León, con valores que van de 16.804 a 44.654, con promedio de 33.913 en Querétaro, mientras que en Nuevo León van de 5.751 a 23.874, con promedio de 12.752 en el TDPA. Por su parte, van de 3.025 a 14.020, con promedio de 7.727 en Querétaro, mientras que van de 633 a 3.820 en Nuevo León, con promedio de 2.244, en el TDPA(pesado), todo lo cual explica que los niveles de ruido en Querétaro sean mayores que en los de Nuevo León.

En la fig 4.12 se muestran las gráficas de regresión lineal de los Leq versus el TDPA del 2005; en ella se aprecia que los coeficientes de correlación, R, son bastante altos, y van de 0,89 para Leq(10), a 0,96 para Leq(50); por lo que con las rectas de regresión se puede estimar el crecimiento del ruido que se tendrá en corto plazo, al aumentar el TDPA con el tiempo en cada sitio de registro.

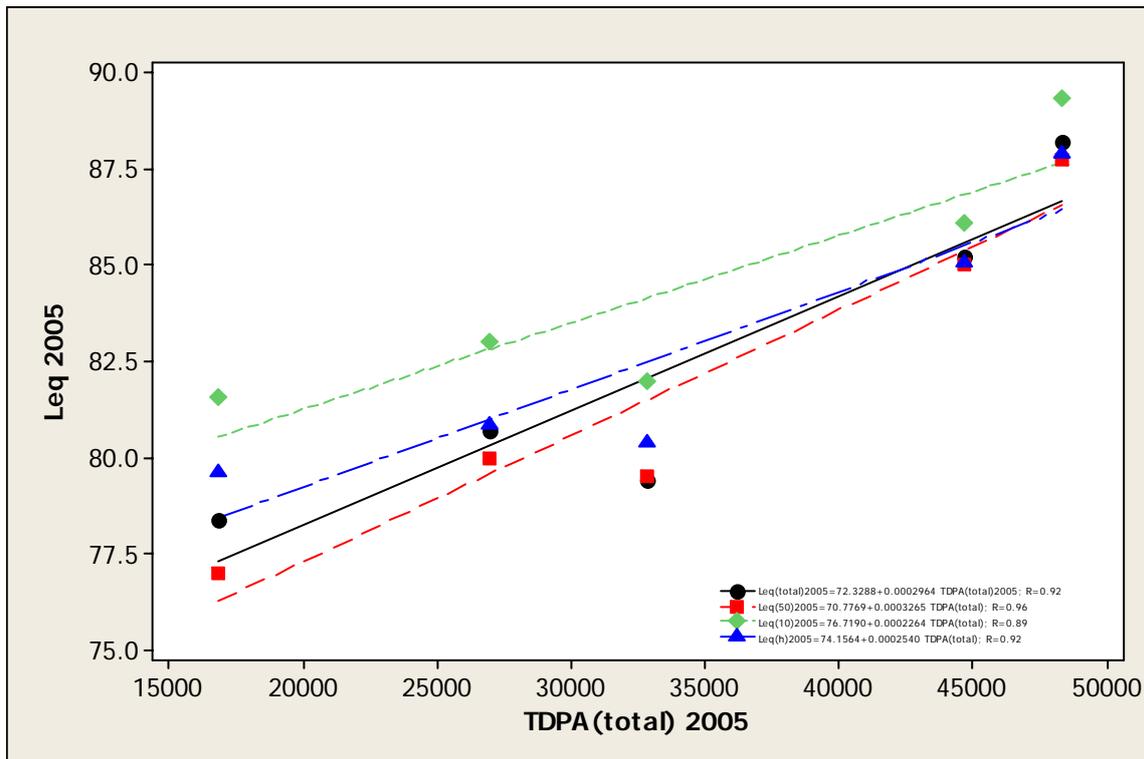


Figura 4.12

### Relación de los niveles de ruido vs el TDPA del 2005 en Querétaro

Las ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación son:

$$Leq (total) = 72,32+0,000296 TDPA; \quad R=0,92 \quad (4.21)$$

$$Leq (50) = 70,77+0,000326 TDPA; \quad R=0,96 \quad (4.22)$$

$$Leq (10) = 76,72+0,000226 TDPA; \quad R=0,89 \quad (4.23)$$

$$Leq (h) = 74,15+0,000254 TDPA; \quad R=0,92 \quad (4.24)$$

Con estas ecuaciones y los coeficientes de correlación grandes, se infiere que en promedio el ruido crecerá 2,964, 3,265, 2,264 y 2,540dB (son las pendientes de los rectas) por cada diez mil vehículos que se incremente el TDPA total, para los casos Leq(total), Leq(50), Leq(10) y Leq(h), respectivamente.

Al comparar la fig 4.12 con la 4.1; y las ecs 4.21 a 4.24 con las 4.1 a 4.4, se aprecia que en Querétaro los Leq crecen con mayor pendiente que en Nuevo León, y lo más contrastante es que en el primer estado los Leq(10) y Leq(h) también crecen con el TDPA, en tanto que en Nuevo León permanecen casi constantes.

Por otra parte, en la fig 4.13 se muestran las rectas de regresión lineal que relacionan cada Leq del 2005 con el TDPA de tránsito pesado, solamente, TDPA(pesado). Comparando esta figura con la 4.2 se aprecia un mejor ajuste; de hecho, los coeficientes de correlación aumentaron en los cuatro casos, variando de 0.972 en Leq(10) a 0.993 en Leq(50). También se destaca que las rectas de Leq(total), Leq(50) y Leq(h) se parecen bastante; y que la de Leq(10) da valores mayores, pero con una pendiente menor, acercándose a las otras conforme crece el TDPA (pesado).

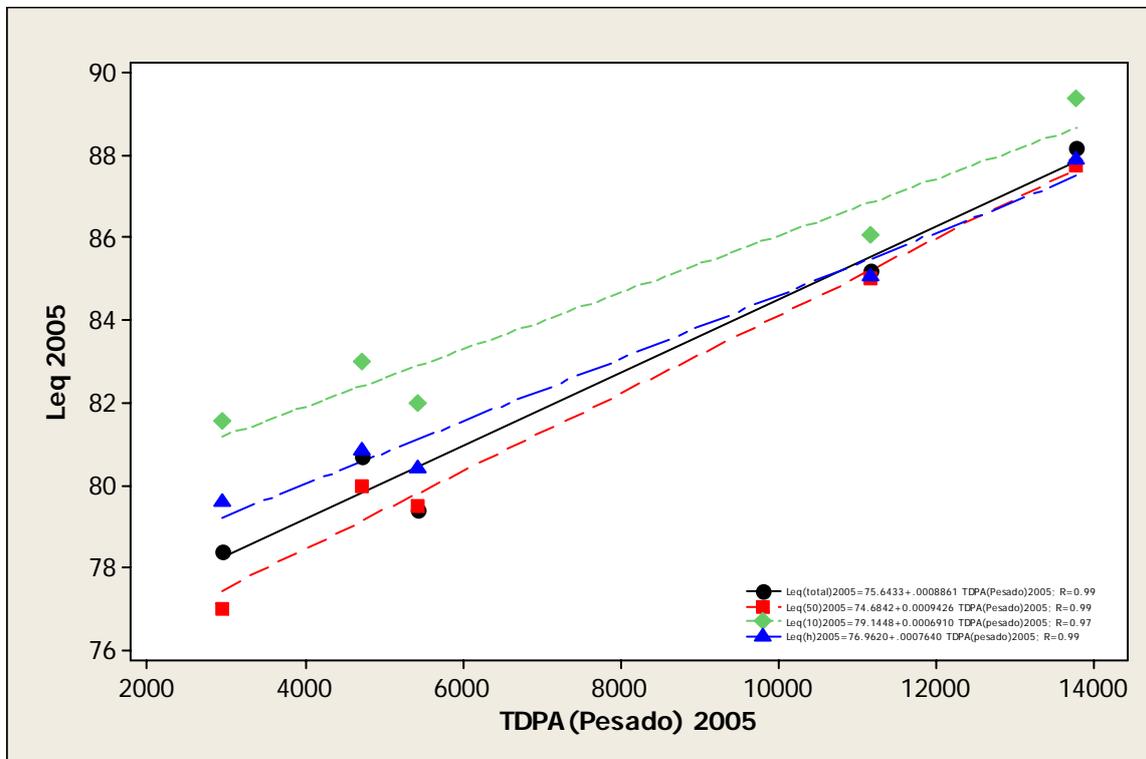


Figura 4.13

**Relación de los niveles de ruido vs el TDPA(pesado) del 2005 en Querétaro**

Las ecuaciones de regresión y los coeficientes de correlación son:

$$\text{Leq (total)} = 75,64+0,000886 \text{ TDPA (pesado)}; R=0,99 \quad (4.25)$$

$$\text{Leq (50)} = 74,68+0,000942 \text{ TDPA (pesado)}; R=0,99 \quad (4.26)$$

$$\text{Leq}(10) = 79,14 + 0,000691 \text{ TDPA (pesado)}; R=0,97 \quad (4.27)$$

$$\text{Leq}(h) = 76,96 + 0,000764 \text{ TDPA (pesado)}; R=0,99 \quad (4.28)$$

En este caso se tienen coeficientes de correlación altos y los niveles de ruido crecen 0,69dB, 0,76dB, 0,88dB y 0,94dB en los parámetros  $\text{Leq}(10)$ ,  $\text{Leq}(h)$ ,  $\text{Leq}(\text{total})$  y  $\text{Leq}(50)$ , respectivamente, por cada incremento de mil vehículos pesados que transiten en el futuro. Por ejemplo, para la carretera México–Querétaro, km 193+050, el incremento del TDPA(pesado) fue de 8.201 vehículos, con lo cual las predicciones de crecimiento para los cuatro indicadores serían 5,66dB, 6,23dB, 7,22dB y 7,71dB, lo cual da un promedio de 6,71dB; en tanto que los crecimientos observados fueron de 8,86dB, 4,91dB, 7,60dB y 6,25dB, los cuales dan un promedio de 6,91dB, muy semejante al promedio 6,71dB de los valores predichos.

Además, en la fig 4.13, al comparar entre sí a las cuatro rectas de regresión de los parámetros,  $\text{Leq}(\text{total})$ ,  $\text{Leq}(50)$ ,  $\text{Leq}(10)$  y  $\text{Leq}(h)$ , se aprecia que el  $\text{Leq}(10)$  es en general un poco mayor, y los otros son bastante parecidos entre sí en cada año, ya que en el 2000 la diferencia promedio de los primeros tres, varió en 2,78dB al pasar de 77,48dB a 80,26dB (el promedio global fue 78,34dB); en tanto que en el 2005 el promedio global fue 82,85dB, y el rango fue de 0,92dB, al asumir valores de 81,85 a 82,77dB.

Al comparar la fig 4.13 con la 4.2; y las ecs 4.25 a 4.28 con las 4.5 a 4.8, se aprecia que en Querétaro todos los  $\text{Leq}$  crecen con el TDPA(pesado); mientras que en Nuevo León crecen sólo  $\text{Leq}(\text{total})$  y  $\text{Leq}(50)$ , pero decrecen  $\text{Leq}(10)$  y  $\text{Leq}(h)$ . Sin embargo, los pendientes de las rectas de el  $\text{Leq}(\text{total})$  y  $\text{Leq}(50)$  de Nuevo León son mayores que los de Querétaro.



## 5 Índice Ambiental

---

Con el fin de contar con un índice para cuantificar objetivamente las desviaciones de los niveles de ruido vehicular en las carreteras, respecto a un valor establecido internacionalmente como máximo aceptable, se decidió tomar el de la OCDE de 65dB, y definir el **Índice Ambiental de Ruido, IAR**, como el cociente del ruido registrado como  $Leq$  (total) entre los 65dB; es decir

$$IAR = \frac{Leq(total)}{65}$$

En las tablas 5.1 y 5.2 se presentan los valores que asume el IAR en las carreteras de Nuevo León y Querétaro. En ella se aprecia que en todos los casos el IAR es superior a 1,00, siendo el más grande el de la carretera México-Querétaro, km 208+200, año 2005, que vale 1,31; es decir, el ruido excede en 31% el valor máximo aceptable establecido por la OCDE. El IAR más pequeño es 1,09 en el libramiento Noroeste de Monterrey, en el 2002.

**Tabla 5.1 Índice Ambiental de Ruido de Querétaro**

Carretera	IAR	
	2000	2005
México – Querétaro, km 208+200	1,19	1,31
México – Querétaro, km 193+050	1,24	1,36
Querétaro - San Luis Potosí, km 26+200	1,17	1,24
Querétaro - San Luis Potosí, km 12+800	1,20	1,22
Querétaro - Celaya(libre), km 10+000	1,15	1,21
<b>Promedio</b>	<b>1,19</b>	<b>1,27</b>

**Tabla 5.2 Índice Ambiental de Ruido de Nuevo León**

Carretera	IAR	
	2000	2005
Monterrey- Saltillo	1,20	1,20
Monterrey – Nuevo Laredo (libre)	1,09	1,09
Monterrey – Nuevo Laredo (cuota)	-	1,11
Monterrey – Cd Mier	1,14	1,14
Monterrey – Cd Victoria	1,11	1,18
Monterrey - Reynosa (libre)	1,16	1,14
Monterrey - Reynosa (cuota)	-	1,14
Libramiento Noroeste de Monterrey	1,09	-
<b>Promedio</b>	<b>1,13</b>	<b>1,14</b>

También se aprecia que del 2002 al 2005 en Querétaro, el IAR creció de 1,19 a 1,27, en promedio; en tanto que en Nuevo León se conservó estable, ya que pasó de 1,13 a 1,14, y sólo en la carretera Monterrey - Cd Victoria creció de 1,11 a 1,18.

Al comparar el IAR de un estado a otro, se concluye que éste es bastante mayor en Querétaro en los dos años de medición, ya que en éste los promedios resultaron de 1,19 y 1,27, mientras que en Nuevo León llegaron a 1,13 y 1,14. Por su parte, los valores mayores fueron 1,31 en Querétaro, y 1,20 en Nuevo León.

Si se aplicara la propuesta de normativa desarrollada por el IMT, la cual sugiere un valor límite de 75dB (ref 12), el IAR inicial debería ser menor que  $75/65=1,154$ ; y reducirse gradualmente 1dB en un periodo de diez años. En este caso, en Querétaro a Celaya (libre) lo cumpliría, con un IAR 1,15 en el año 2000; en Nuevo León, únicamente la carretera no lo cumplirían los tramos Monterrey-Saltillo, con 1,20 en ambos años, y Monterrey-Cd Victoria con 1,18 en el 2006, lo cumplirían.

## **6 Conclusiones y recomendaciones**

---

El intenso ruido ambiental que genera la operación de transporte en las carreteras de Nuevo León y Querétaro provoca molestia, perturba la tranquilidad, y reduce la calidad de vida de las personas. Ésta es una de las razones importantes por las cuales se realizaron investigaciones sobre el ruido en ambos estados.

El resumen de las conclusiones que resultaron del análisis estadístico de los datos de ruido en Nuevo León (el de Querétaro está en la referencia 14), es:

5. El ruido, medido en términos del indicador  $Leq(\text{total})$ , que es el más utilizado en las normas internacionales, ya de por sí intenso, creció ligeramente en algunos sitios carreteros del año 2002 al 2006, con un máximo de 77,4dB para  $Leq(\text{total})$  en la carretera Monterrey-Saltillo.
6. Se encontró buena correlación positiva entre los indicadores  $Leq(\text{total})$  y  $Leq(50)$  con el TDPA total, lo cual pronostica un crecimiento de los niveles de ruido que va de 2,78dB a 2,84dB por cada incremento de diez mil vehículos en el TDPA que ocurra a lo largo del tiempo.
7. Se encontró buena correlación positiva entre los indicadores  $Leq(\text{total})$  y  $Leq(50)$  con el TDPA de tránsito pesado, lo cual pronostica un crecimiento de los niveles de ruido que va de 13,37 a 13,96dB, respectivamente, por cada incremento de diez mil vehículos pesados que suceda a lo largo del tiempo.
8. El IAR, que se propone en este trabajo permite comparar a objetivos, y fácilmente el ruido vehicular en cada carretero, con los 65dB que establece como máximo la OCDE. En los casos aquí analizados, el IAR asume el valor más grande en Querétaro, de 1,31; y el más pequeño en Nuevo León, de 1,09.

Por todas las conclusiones derivadas de las investigaciones sobre el ruido que ocasionan los automotores en las carreteras de Nuevo León y Querétaro, la recomendación que se reitera, dado que los niveles de ruido medidos en términos de los indicadores  $Leq$  exceden las normas internacionales al respecto, y a que éstos se van incrementando con el tiempo y con el TDPA, tanto total como pesado, que a su vez también es creciente, se debe crear y expedir una norma para lograr que el ruido se mantenga en las carreteras mexicanas, en niveles aceptables internacionalmente.

La propuesta de norma que ha hecho el IMT para esto (ref 12), es de limitar inicialmente el Leq (total) a 75dB, con una reducción paulatina de 1dB cada año, durante una década, para llegar a los 65dB que propone la OCDE para horario diurno en tramos que cruzan zonas habitacionales. En este caso, el IAR debe ser menor de 1,154 durante el primer año, y reducirse a 1,0 en diez años.

## Bibliografía

---

Berglund, B., Lindvall, T. *Community Noise, Archives of the Center for Sensory Research, Vol 2, Issue 1*. Stockholm University and Karolinska Institute (1995).

Damián H. Sergio; Flores P. Miguel. *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso I, Querétaro*. Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 154 (2001).

Flores P. Miguel; Damián H, Sergio; Téllez G. Rodolfo. *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso II, Jalisco*. Publicación Técnica No. 187, Instituto Mexicano del Transporte (2001).

Flores P, Miguel; Torras O. Sandra; Téllez G. Rodolfo. *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso III, Nuevo León*. Publicación Técnica No. 193, Instituto Mexicano del Transporte (2002).

Flores P. Miguel; Torras O. Sandra; Téllez G. Rodolfo. *Estudio del ruido generado por la operación del transporte carretero. Caso IV, Veracruz*. Publicación Técnica No. 194, Instituto Mexicano del Transporte (2002).

International Organization for Standardization. *Acoustics-measurement of Noise Emitted by Stationary Road Vehicles- Survey Method*. Draft International Standard ISO/DIS 5130 (1977).

Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras. *Reducción del ruido en el entorno de las carreteras*. OCDE; Francia (1995).

Organización Panamericana de la salud. *Criterios de salud ambiental 12: El ruido*. Organización Mundial de la Salud, México (1983)

Peterson, Alan. *ContraFlow; Revista World Highways, Vol 9*. Reino Unido (Ene/Feb 2000).

Ruza, Felipe. *El ruido del tráfico: evaluación y corrección de su impacto*. Simposio sobre Impacto Ambiental de Carreteras, PIARC; España (1988).

Secretara de Desarrollo Social. *Norma Oficial Mexicana NOM-080-ECOL-1994* (1994).

Torras O. Sandra; Flores P, Miguel; Téllez G. Rodolfo. *Propuesta de normatividad mexicana para regular el ruido que genera la operación del transporte carretero*. Documento Técnico No. 30, Instituto Mexicano del Transporte (2003).

Flores P. Miguel; Mendoza S. Juan Fernando; Téllez, G Rodolfo; Rascón C. Octavio. *Evolución del ruido carretero en el estado de Querétaro 2000-2005*. Publicación Técnica No. 280, Instituto Mexicano del Transporte (2006).

## Anexos

**Tabla A1.1 Lecturas de ruido obtenidas en la carretera Monterrey-Saltillo, km 54+300**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	76.8	09:46	75.2	10:32	82.6	11:19	76.5
09:01	77.5	09:47	77.4	10:33	78.8	11:20	76.4
09:02	72.3	09:48	83.7	10:34	77.5	11:21	73.9
09:03	76.5	09:49	81.1	10:35	75	11:22	75.9
09:04	74.9	09:50	74.7	10:36	74.6	11:23	73.6
09:05	78.6	09:51	73.3	10:37	78.4	11:24	76.2
09:06	74.5	09:52	76.5	10:38	81.9	11:25	77.4
09:07	75.1	09:53	75.7	10:39	74.6	11:26	81.8
09:08	75.2	09:54	76.9	10:40	76.9	11:27	76.9
09:09	77	09:55	80.8	10:41	74.6	11:28	74.2
09:10	76.3	09:56	76.8	10:42	76	11:29	75.3
09:11	76.2	09:57	81.7	10:43	76.5	11:30	77.4
09:12	77.5	09:58	76.9	10:44	78.7	11:31	76.7
09:13	71.7	09:59	76.4	10:45	75.4	11:32	76.8
09:14	78.7	10:00	80.1	10:46	76.2	11:33	69.1
09:15	71.6	10:01	79.1	10:47	77.4	11:34	77.1
09:16	80.3	10:02	77.4	10:48	74.3	11:35	75
09:17	79.5	10:03	75.9	10:49	75.4	11:36	76
09:18	74.9	10:04	80.8	10:50	76.6	11:37	72.5
09:19	77.2	10:05	73.4	10:51	75.1	11:38	74.9
09:20	76.9	10:06	77.1	10:52	79	11:39	79.8
09:21	78.6	10:07	77.3	10:53	78.4	11:40	72.4
09:22	73	10:08	78.8	10:54	73.1	11:41	77.3
09:23	74.2	10:09	77.3	10:55	75.3	11:42	79.7
09:24	75.5	10:10	78.1	10:56	76.8	11:43	78
09:25	77.1	10:11	73.1	10:57	77.9	11:44	75.8
09:26	79.1	10:12	76.4	10:59	76.9	11:45	80.1
09:27	75.1	10:13	82.2	11:00	79.2	11:46	75.5
09:28	77.8	10:14	72.9	11:01	79	11:47	74.5
09:29	76.3	10:15	74.9	11:02	76.2	11:48	78.8
09:30	78.7	10:16	76.4	11:03	75.9	11:49	74.3
09:31	76.2	10:17	80.3	11:04	78.6	11:50	73.7
09:32	76	10:18	76.8	11:05	75.8	11:51	80.3
09:33	73.3	10:19	76.8	11:06	76.8	11:52	73.9
09:34	80.3	10:20	81.1	11:07	74	11:53	75.4
09:35	76.2	10:21	76.9	11:08	73.4	11:54	77
09:36	74	10:22	76.9	11:09	76.9	11:55	73.7
09:37	78.5	10:23	78.5	11:10	76	11:56	76.9
09:38	81.3	10:24	76.1	11:11	73.5	11:57	80.2
09:39	77.4	10:25	76.5	11:12	69.6	11:58	78.1
09:40	79.3	10:26	78.8	11:13	71.5	11:59	78
09:41	74.7	10:27	73.7	11:14	79.2	12:00	75.2
09:42	73.4	10:28	77.6	11:15	80.4	12:01	78.4
09:43	76.3	10:29	77	11:16	79	12:02	76.6
09:44	77.8	10:30	72.7	11:17	77.6	12:03	80.5
09:45	77.4	10:31	74.8	11:18	75.7	12:04	73.2

**Tabla A1.1 Continuación**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	76.5	12:50	80.6	13:35	78.6	14:20	79.6
12:06	77.6	12:51	66.9	13:36	73.5	14:21	79.3
12:07	78.5	12:52	75.8	13:37	76.5	14:22	75.2
12:08	76.9	12:53	70.2	13:38	77.4	14:23	77.4
12:09	71.4	12:54	77.8	13:39	76.9	14:24	75.7
12:10	76.9	12:55	71.6	13:40	76.7	14:25	72.6
12:11	79.2	12:56	78.6	13:41	76.6	14:26	78.3
12:12	72.8	12:57	77.7	13:42	73.2	14:27	82.5
12:13	75.3	12:58	81.9	13:43	74.9	14:28	70.8
12:14	75.8	12:59	73.6	13:44	81.9	14:29	76.6
12:15	76.4	13:00	77.1	13:45	79.6	14:30	71.8
12:16	76	13:01	77.7	13:46	80.3	14:31	76.8
12:17	74	13:02	76.1	13:47	76.6	14:32	79.2
12:18	83.4	13:03	76	13:48	80.1	14:33	76.4
12:19	76.9	13:04	78	13:49	79.7	14:34	77.3
12:20	76.3	13:05	4	13:50	75.8	14:35	74.4
12:21	75.3	13:06	77.6	13:51	80.2	14:36	76.8
12:22	80.4	13:07	78.5	13:52	76.3	14:37	77.9
12:23	77.8	13:08	76.1	13:53	76.3	14:38	74.1
12:24	78.5	13:09	79.4	13:54	79	14:39	75.5
12:25	76.5	13:10	72.2	13:55	78.4	14:40	78.4
12:26	74.9	13:11	78.7	13:56	78.2	14:41	79.7
12:27	74.4	13:12	78.6	13:57	77.8	14:42	75.3
12:28	76.1	13:13	78.2	13:58	75	14:43	75.2
12:29	77.2	13:14	79.8	13:59	75.7	14:44	78.6
12:30	79.4	13:15	74.3	14:00	76	14:45	73.5
12:31	71.7	13:16	74.9	14:01	76.7	14:46	76.5
12:32	77.6	13:17	76.4	14:02	79.3	14:47	77.4
12:33	71	13:18	75.7	14:03	79.1	14:48	76.9
12:34	78.1	13:19	77.3	14:04	76.2	14:49	76.7
12:35	77.4	13:20	76.9	14:05	75.2	14:50	76.6
12:36	75.8	13:21	74.4	14:06	77.6	14:51	73.2
12:37	77.1	13:22	77.4	14:07	79.9	14:52	73.6
12:38	78.2	13:23	73.4	14:08	76.6	14:53	76.2
12:39	82.5	13:24	77.3	14:09	79.4	14:54	77.4
12:40	70.8	13:25	76.9	14:10	75.1	14:55	81.8
12:41	76.6	13:26	77	14:11	76.9	14:56	76.9
12:42	71.8	13:27	71.4	14:12	72.8	14:57	74.2
12:43	76.8	13:28	77.9	14:13	81.3	14:58	75.3
12:44	79.2	13:29	74.1	14:14	76.9	14:59	77.4
12:45	76.4	13:30	75.5	14:15	80.2	15:00	76.7
12:46	77.3	13:31	78.4	14:16	77.6	15:01	
12:47	74.4	13:32	79.7	14:17	78.1	15:02	
12:48	76.8	13:33	75.3	14:18	79.2	15:03	
12:49	74.1	13:34	75.2	14:19	75.1	15:04	

Tabla A1.2 Lecturas de ruido en la carretera Monterrey-N Laredo, km 28+500

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	69.0	09:46	67.0	10:32	68.4	11:19	70.6
09:01	75.5	09:47	75.5	10:33	68.3	11:20	69.8
09:02	76.0	09:48	71.0	10:34	72.5	11:21	71
09:03	73.0	09:49	71.0	10:35	75.5	11:22	73.4
09:04	70.0	09:50	73.0	10:36	72.0	11:23	71.5
09:05	66.0	09:51	72.0	10:37	70.0	11:24	72.3
09:06	75.0	09:52	72.0	10:38	74.0	11:25	74
09:07	69.0	09:53	69.0	10:39	70.0	11:26	74.7
09:08	69.0	09:54	70.0	10:40	74.9	11:27	74.1
09:09	77.0	09:55	72.5	10:41	74.4	11:28	68.6
09:10	70.0	09:56	75.5	10:42	73.9	11:29	75.2
09:11	70.5	09:57	72.9	10:43	74.0	11:30	72.5
09:12	73.0	09:58	73.4	10:44	72.5	11:31	68.1
09:13	74.0	09:59	71.3	10:45	64.0	11:32	71.5
09:14	70.0	10:00	71	10:46	65.5	11:33	69.5
09:15	69.5	10:01	72.3	10:47	69.5	11:34	74.0
09:16	76.0	10:02	69.5	10:48	70.5	11:35	67.5
09:17	71.0	10:03	63.4	10:49	74.5	11:36	73.5
09:18	73.5	10:04	72.5	10:50	73.2	11:37	74.6
09:19	72.0	10:05	70.9	10:51	71.1	11:38	72.8
09:20	72.5	10:06	68.9	10:52	73.0	11:39	69.8
09:21	72.2	10:07	67.5	10:53	74.0	11:40	71.5
09:22	67.3	10:08	70.3	10:54	70.0	11:41	73.2
09:23	72.7	10:09	70.4	10:55	74.0	11:42	75.0
09:24	70	10:10	68.5	10:56	77.5	11:43	70.5
09:25	70.7	10:11	66.5	10:57	71	11:44	74.5
09:26	73.2	10:12	72.5	10:59	74	11:45	76.5
09:27	68.4	10:13	70.5	11:00	73.5	11:46	75.0
09:28	71.5	10:14	67.0	11:01	71.8	11:47	67.9
09:29	74	10:15	73	11:02	67.8	11:48	63.4
09:30	70.4	10:16	72.8	11:03	69	11:49	76.4
09:31	71.0	10:17	72	11:04	69.3	11:50	71.6
09:32	67.5	10:18	74.4	11:05	72.6	11:51	69.9
09:33	68.0	10:19	73	11:06	73.8	11:52	74.1
09:34	72.5	10:20	74.0	11:07	71.0	11:53	71.7
09:35	71.5	10:21	77.5	11:08	71.0	11:54	72.0
09:36	66.9	10:22	70.0	11:09	73.0	11:55	71.5
09:37	73.4	10:23	74.0	11:10	70.0	11:56	69.0
09:38	71.8	10:24	72.5	11:11	72.0	11:57	71.5
09:39	71.5	10:25	75.1	11:12	72.0	11:58	74.0
09:40	74.3	10:26	70.3	11:13	75.6	11:59	72.6
09:41	70.6	10:27	72.7	11:14	71.2	12:00	67.8
09:42	73.4	10:28	74.8	11:15	73.3	12:01	70.5
09:43	72.8	10:29	74	11:16	74.5	12:02	76.2
09:44	72.8	10:30	75.2	11:17	68.6	12:03	71.6
09:45	70.9	10:31	72.9	11:18	72.3	12:04	69.2

**Tabla A1.2 Continuación**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	68.0	12:50	68.1	13:35	72.9	14:20	71.0
12:06	69.0	12:51	68.9	13:36	71.2	14:21	67.0
12:07	70.5	12:52	70.8	13:37	69.5	14:22	71.5
12:08	69.0	12:53	67.0	13:38	69.0	14:23	65.0
12:09	70.0	12:54	69.0	13:39	65.0	14:24	65.0
12:10	68.5	12:55	67.0	13:40	68.0	14:25	71.5
12:11	70.5	12:56	71.0	13:41	71.0	14:26	73.2
12:12	70	12:57	72.5	13:42	67.0	14:27	74.7
12:13	71.9	12:58	69.5	13:43	66.2	14:28	70.0
12:14	68.4	12:59	62.0	13:44	72.6	14:29	73.0
12:15	69.0	13:00	67.0	13:45	69.0	14:30	64.5
12:16	68.5	13:01	67.0	13:46	63.0	14:31	67.5
12:17	65.0	13:02	68.0	13:47	65.5	14:32	70.0
12:18	79.0	13:03	65.0	13:48	65.5	14:33	63.4
12:19	74.5	13:04	70.1	13:49	67.5	14:34	76.4
12:20	73.4	13:05	71.6	13:50	71	14:35	71.6
12:21	74	13:06	71.4	13:51	71	14:36	69.9
12:22	69.2	13:07	69.4	13:52	73.2	14:37	74.1
12:23	68.9	13:08	73	13:53	70.1	14:38	71.0
12:24	71.6	13:09	73.1	13:54	70.9	14:39	72.5
12:25	75.2	13:10	67.0	13:55	72.9	14:40	70.0
12:26	66.9	13:11	66.0	13:56	74	14:41	71.0
12:27	72.2	13:12	65.0	13:57	67.0	14:42	72.5
12:28	66.4	13:13	65.0	13:58	66.0	14:43	73.6
12:29	72.3	13:14	67.0	13:59	65.0	14:44	72.6
12:30	73.6	13:15	72.6	14:00	65.0	14:45	59.7
12:31	68.5	13:16	71.4	14:01	67.0	14:46	68.5
12:32	70.2	13:17	71.4	14:02	73.6	14:47	72
12:33	68.4	13:18	73	14:03	72.1	14:48	74.4
12:34	71.2	13:19	70.5	14:04	70.4	14:49	67.0
12:35	72.5	13:20	73.2	14:05	73.4	14:50	65.0
12:36	74.9	13:21	72.2	14:06	69.4	14:51	70.0
12:37	72	13:22	72.3	14:07	65.8	14:52	73.0
12:38	71.8	13:23	79.0	14:08	71.5	14:53	64.5
12:39	68.0	13:24	74.5	14:09	68.0	14:54	73.9
12:40	70.0	13:25	73.0	14:10	69.0	14:55	74.3
12:41	68.0	13:26	71.0	14:11	70.5	14:56	70.5
12:42	68.0	13:27	66.5	14:12	69.0	14:57	67.4
12:43	66.0	13:28	73.6	14:13	70.0	14:58	74.3
12:44	69.9	13:29	65	14:14	72.2	14:59	73.7
12:45	67.9	13:30	72.4	14:15	67.9	15:00	71.5
12:46	69.6	13:31	74.2	14:16	71.6	15:01	
12:47	72.7	13:32	73.3	14:17	70.6	15:02	
12:48	74.5	13:33	71.6	14:18	69.7	15:03	
12:49	70.9	13:34	70.8	14:19	71.3	15:04	

**Tabla A1.3 Lecturas de ruido obtenidas en la carretera Monterrey-Cd Mier, km 29+700**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	60.6	09:46	72.4	10:32	70.5	11:19	78.1
09:01	71.1	09:47	71.8	10:33	71.4	11:20	67.2
09:02	70.7	09:48	69.2	10:34	70.6	11:21	69.8
09:03	68.4	09:49	64.6	10:35	68	11:22	72.5
09:04	73.1	09:50	71.5	10:36	71.7	11:23	72.6
09:05	66.9	09:51	68.8	10:37	69.8	11:24	73.7
09:06	69.6	09:52	71.9	10:38	71.3	11:25	73.9
09:07	68.2	09:53	71.5	10:39	68.1	11:26	68.8
09:08	69.7	09:54	68.1	10:40	69.6	11:27	69.9
09:09	66.9	09:55	70.8	10:41	71.1	11:28	68.1
09:10	66.6	09:56	72.7	10:42	68.6	11:29	71.9
09:11	71.5	09:57	69.1	10:43	69.2	11:30	72.6
09:12	66.7	09:58	66.2	10:44	70.5	11:31	72.2
09:13	65.3	09:59	68.2	10:45	72.8	11:32	70
09:14	70.2	10:00	69.9	10:46	70.5	11:33	68.8
09:15	66.8	10:01	67.2	10:47	66.6	11:34	68.4
09:16	81.2	10:02	65.7	10:48	68.7	11:35	68.6
09:17	68.7	10:03	72.5	10:49	71.4	11:36	69.8
09:18	74.8	10:04	70.9	10:50	76.1	11:37	67.2
09:19	67.9	10:05	68.5	10:51	67.7	11:38	78.6
09:20	71.9	10:06	66.8	10:52	72.4	11:39	71.3
09:21	66.7	10:07	70.6	10:53	68.6	11:40	69.9
09:22	69.9	10:08	71.9	10:54	70.6	11:41	70.9
09:23	66.8	10:09	69.3	10:55	62.8	11:42	69.3
09:24	69.6	10:10	74.9	10:56	70.1	11:43	69.4
09:25	72.4	10:11	68.7	10:57	71.7	11:44	71.7
09:26	65.8	10:12	69	10:59	65.4	11:45	67.2
09:27	75.3	10:13	69.9	11:00	72.4	11:46	65.5
09:28	69	10:14	73.3	11:01	74.7	11:47	71.7
09:29	76.6	10:15	68.5	11:02	68.6	11:48	65.1
09:30	71.1	10:16	70.3	11:03	69.3	11:49	68.4
09:31	70.1	10:17	70.8	11:04	66.3	11:50	66.5
09:32	66.8	10:18	77.5	11:05	78.6	11:51	65.4
09:33	72.8	10:19	70.2	11:06	70	11:52	64.3
09:34	72.9	10:20	76	11:07	70.7	11:53	66
09:35	64.1	10:21	70.2	11:08	68.5	11:54	71.5
09:36	69.8	10:22	71.5	11:09	65.8	11:55	69.4
09:37	71.1	10:23	67.7	11:10	71.5	11:56	66.4
09:38	70.2	10:24	64.1	11:11	70.7	11:57	75.4
09:39	69.7	10:25	70.4	11:12	70.1	11:58	67.5
09:40	71.7	10:26	71.3	11:13	74.7	11:59	66.8
09:41	71.1	10:27	71.1	11:14	72.5	12:00	71.4
09:42	67.6	10:28	73.4	11:15	63	12:01	74.7
09:43	78.1	10:29	69.5	11:16	68.8	12:02	67.1
09:44	70	10:30	71.8	11:17	72.7	12:03	69.6
09:45	70.7	10:31	73.4	11:18	71.2	12:04	76.4

**Tabla A1.3 Continuación**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	69.6	12:50	70.6	13:35	63	14:20	64.3
12:06	68.2	12:51	70.4	13:36	72.8	14:21	70
12:07	67.6	12:52	67.1	13:37	69.3	14:22	71.2
12:08	70.5	12:53	65.9	13:38	70.4	14:23	70
12:09	72.2	12:54	67.4	13:39	69.5	14:24	68.5
12:10	73.6	12:55	69.3	13:40	69.9	14:25	71.1
12:11	74.1	12:56	69.3	13:41	75.2	14:26	70.1
12:12	64.4	12:57	65.9	13:42	71.5	14:27	66.8
12:13	69.1	12:58	68.1	13:43	73.2	14:28	72.8
12:14	72.1	12:59	56.6	13:44	73.3	14:29	72.9
12:15	71.7	13:00	66.9	13:45	75.2	14:30	64.1
12:16	75	13:01	67.6	13:46	70	14:31	69.8
12:17	67.6	13:02	69.1	13:47	68.7	14:32	71.1
12:18	66.3	13:03	68.2	13:48	69.9	14:33	70.2
12:19	69.7	13:04	64.5	13:49	67.7	14:34	69.7
12:20	65.3	13:05	73.5	13:50	73.8	14:35	72.4
12:21	70.7	13:06	66.9	13:51	68.5	14:36	68.6
12:22	66.1	13:07	65.8	13:52	69	14:37	70.6
12:23	69.3	13:08	70.1	13:53	67.3	14:38	62.8
12:24	66.3	13:09	76.6	13:54	73.7	14:39	70.1
12:25	68.7	13:10	68	13:55	68.3	14:40	71.7
12:26	68	13:11	69.8	13:56	70.2	14:41	65.4
12:27	67.4	13:12	73.4	13:57	68.8	14:42	72.4
12:28	65.4	13:13	63	13:58	75.7	14:43	74.7
12:29	67.6	13:14	68.9	13:59	69.6	14:44	68.6
12:30	70.3	13:15	68.2	14:00	72.7	14:45	69.3
12:31	70	13:16	73.7	14:01	74.8	14:46	66.3
12:32	68.6	13:17	69.2	14:02	67.9	14:47	78.6
12:33	66.7	13:18	71.6	14:03	71.9	14:48	70
12:34	65.3	13:19	75.2	14:04	66.7	14:49	70.7
12:35	70.9	13:20	71.5	14:05	78.7	14:50	68.5
12:36	70.1	13:21	63.6	14:06	71.6	14:51	65.8
12:37	73	13:22	62.9	14:07	69.5	14:52	71.5
12:38	79	13:23	72.9	14:08	65.7	14:53	70.7
12:39	70	13:24	70.7	14:09	65.4	14:54	70.1
12:40	71.2	13:25	67	14:10	72.4	14:55	74.7
12:41	70	13:26	69.8	14:11	74.7	14:56	72.5
12:42	68.5	13:27	70.2	14:12	68.6	14:57	63
12:43	73.1	13:28	69.1	14:13	71.9	14:58	68.8
12:44	65.3	13:29	78.7	14:14	69.3	14:59	72.7
12:45	71.6	13:30	71.6	14:15	74.9	15:00	71.2
12:46	66.9	13:31	69.5	14:16	68.7	15:01	
12:47	72.5	13:32	65.7	14:17	68.4	15:02	
12:48	65.5	13:33	72.2	14:18	66.5	15:03	
12:49	70.4	13:34	70	14:19	65.4	15:04	

**Tabla A1.4 Lecturas de ruido carretera Monterrey-Cd Victoria, km 264+800**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	77	09:46	77.8	10:32	74.2	11:19	75.2
09:01	76.5	09:47	77.9	10:33	77.2	11:20	77.7
09:02	76.4	09:48	73.9	10:34	82.4	11:21	74.2
09:03	77.6	09:49	74.5	10:35	73.9	11:22	77.2
09:04	77.9	09:50	76.3	10:36	78.1	11:23	74.2
09:05	77.8	09:51	73.6	10:37	75.5	11:24	77.2
09:06	75	09:52	75.8	10:38	77.8	11:25	82.4
09:07	76.6	09:53	77.2	10:39	78.3	11:26	73.9
09:08	75.6	09:54	78.8	10:40	75.3	11:27	78.1
09:09	74.5	09:55	75.4	10:41	75.1	11:28	75.5
09:10	78	09:56	73.7	10:42	76	11:29	77.8
09:11	75.4	09:57	74.1	10:43	75.2	11:30	78.3
09:12	73.9	09:58	76.9	10:44	77.7	11:31	78.2
09:13	76.1	09:59	75.3	10:45	74.2	11:32	75.6
09:14	77.5	10:00	78.1	10:46	77.2	11:33	76.8
09:15	77.3	10:01	77.8	10:47	82.4	11:34	72.9
09:16	76.2	10:02	76.9	10:48	73.9	11:35	78
09:17	75.1	10:03	75.3	10:49	78.1	11:36	78.2
09:18	76.2	10:04	77.8	10:50	75.5	11:37	75.1
09:19	76.7	10:05	76.2	10:51	77.8	11:38	77.8
09:20	76.5	10:06	77	10:52	78.3	11:39	77.9
09:21	74.1	10:07	75.2	10:53	77.9	11:40	73.9
09:22	72.9	10:08	78.3	10:54	77.8	11:41	74.5
09:23	79.9	10:09	74.7	10:55	75	11:42	76.3
09:24	75.2	10:10	76.9	10:56	76.6	11:43	73.6
09:25	75.9	10:11	78	10:57	75.6	11:44	75.8
09:26	75.3	10:12	76.5	10:59	74.5	11:45	77.2
09:27	75.1	10:13	74.6	11:00	78	11:46	78.8
09:28	76	10:14	78.1	11:01	75.4	11:47	75.4
09:29	75.2	10:15	75.9	11:02	73.9	11:48	73.7
09:30	77.7	10:16	76.2	11:03	76.1	11:49	76.5
09:31	74.2	10:17	77.3	11:04	77.5	11:50	74.1
09:32	77.2	10:18	77.3	11:05	77.3	11:51	72.9
09:33	82.4	10:19	75.8	11:06	76.2	11:52	79.9
09:34	73.9	10:20	75.8	11:07	75.1	11:53	75.2
09:35	78.1	10:21	76.2	11:08	76.2	11:54	75.9
09:36	75.5	10:22	75.1	11:09	76.7	11:55	75.3
09:37	77.8	10:23	76.2	11:10	76.5	11:56	75.1
09:38	78.3	10:24	77	11:11	74.1	11:57	76
09:39	78.2	10:25	75.3	11:12	72.9	11:58	75.2
09:40	75.6	10:26	75.4	11:13	79.9	11:59	77.7
09:41	76.8	10:27	75.3	11:14	75.2	12:00	74.2
09:42	72.9	10:28	75.1	11:15	75.9	12:01	77.2
09:43	78	10:29	76	11:16	75.3	12:02	74.2
09:44	78.2	10:30	75.2	11:17	75.1	12:03	77.2
09:45	75.1	10:31	77.7	11:18	76	12:04	82.4

**Tabla A1.4 Continuación**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	73.9	12:50	78.1	13:35	75.2	14:20	75.5
12:06	78.1	12:51	75.5	13:36	77.7	14:21	77.8
12:07	75.5	12:52	77.8	13:37	74.2	14:22	75.3
12:08	77.8	12:53	78.3	13:38	77.2	14:23	77.8
12:09	75.3	12:54	77.9	13:39	74.2	14:24	76.2
12:10	77.8	12:55	77.8	13:40	77.2	14:25	77
12:11	76.2	12:56	75	13:41	82.4	14:26	75.2
12:12	77	12:57	76.6	13:42	73.9	14:27	78.3
12:13	75.2	12:58	75.6	13:43	78.1	14:28	74.7
12:14	78.3	12:59	74.5	13:44	75.5	14:29	76.9
12:15	74.7	13:00	78	13:45	77.8	14:30	78
12:16	76.9	13:01	75.4	13:46	75.3	14:31	76.5
12:17	78	13:02	73.9	13:47	77.8	14:32	74.6
12:18	76.5	13:03	76.1	13:48	76.2	14:33	78.1
12:19	74.6	13:04	77.5	13:49	77	14:34	75.9
12:20	78.1	13:05	77.3	13:50	75.2	14:35	76.2
12:21	75.9	13:06	76.2	13:51	78.3	14:36	75.1
12:22	76.2	13:07	75.1	13:52	74.7	14:37	76
12:23	77.3	13:08	76.2	13:53	76.9	14:38	75.2
12:24	77.3	13:09	76.7	13:54	78	14:39	77.7
12:25	75.8	13:10	76.5	13:55	76.5	14:40	76.2
12:26	75.8	13:11	74.1	13:56	74.6	14:41	75.1
12:27	76.2	13:12	72.9	13:57	78.1	14:42	76
12:28	75.1	13:13	79.9	13:58	75.9	14:43	75.2
12:29	76.2	13:14	75.2	13:59	76.2	14:44	77.7
12:30	77	13:15	75.9	14:00	75.1	14:45	
12:31	75.3	13:16	75.3	14:01	76	14:46	
12:32	75.1	13:17	77.8	14:02	75.2	14:47	
12:33	76	13:18	76.2	14:03	77.7	14:48	
12:34	75.2	13:19	77	14:04	74.2	14:49	
12:35	77.7	13:20	75.2	14:05	77.2	14:50	
12:36	74.2	13:21	78.1	14:06	74.2	14:51	
12:37	77.2	13:22	75.5	14:07	77.2	14:52	
12:38	74.2	13:23	77.8	14:08	82.4	14:53	
12:39	77.2	13:24	78.3	14:09	73.9	14:54	
12:40	82.4	13:25	77.9	14:10	78.1	14:55	
12:41	73.9	13:26	77.8	14:11	75.5	14:56	
12:42	78.1	13:27	74.1	14:12	77.8	14:57	
12:43	75.5	13:28	72.9	14:13	75.3	14:58	
12:44	77.8	13:29	79.9	14:14	77.8	14:59	
12:45	75.3	13:30	75.2	14:15	76.2	15:00	
12:46	77.8	13:31	75.9	14:16	77.2	15:01	
12:47	76.2	13:32	75.3	14:17	82.4	15:02	
12:48	77	13:33	75.1	14:18	73.9	15:03	
12:49	75.2	13:34	76	14:19	78.1	15:04	

**Tabla A1.5 Lecturas de ruido carretera Monterrey-Reynosa (libre), km  
22+200**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	73.4	09:46	73.2	10:32	73.6	11:19	75.8
09:01	76.6	09:47	74	10:33	74.0	11:20	74.1
09:02	70.7	09:48	74.9	10:34	71.5	11:21	78.0
09:03	76.0	09:49	74.6	10:35	74.5	11:22	71.0
09:04	74.5	09:50	77.5	10:36	75.5	11:23	73.5
09:05	76.3	09:51	75.0	10:37	71.5	11:24	74.5
09:06	73.2	09:52	76.5	10:38	73.4	11:25	74.0
09:07	74.1	09:53	79.5	10:39	73.4	11:26	72.4
09:08	74.2	09:54	74.0	10:40	74.1	11:27	75.4
09:09	73.8	09:55	76.0	10:41	74.8	11:28	73
09:10	72.6	09:56	71.8	10:42	74.0	11:29	75.5
09:11	74.5	09:57	74.5	10:43	74.5	11:30	77.5
09:12	72.0	09:58	74.2	10:44	72.5	11:31	76.5
09:13	75.7	09:59	75.7	10:45	78.0	11:32	78.0
09:14	73.3	10:00	74.3	10:46	71.0	11:33	75.5
09:15	75.0	10:01	73.3	10:47	73	11:34	74.5
09:16	72.4	10:02	75.5	10:48	74.2	11:35	71
09:17	75.9	10:03	73.5	10:49	71.4	11:36	73.8
09:18	74.5	10:04	74.5	10:50	72.8	11:37	74.0
09:19	73.4	10:05	70.0	10:51	78	11:38	76.0
09:20	73.1	10:06	73.5	10:52	77.0	11:39	78.0
09:21	76.2	10:07	74.5	10:53	74.5	11:40	76.0
09:22	73.7	10:08	75.5	10:54	70.0	11:41	76.5
09:23	73.4	10:09	74.0	10:55	73.5	11:42	74.3
09:24	75.6	10:10	73.7	10:56	74.5	11:43	75.8
09:25	75.0	10:11	76.3	10:57	77.3	11:44	73.8
09:26	74.5	10:12	77.7	10:59	76.9	11:45	73.6
09:27	76.0	10:13	71.3	11:00	74.3	11:46	71.9
09:28	77.0	10:14	75.8	11:01	72.5	11:47	74.4
09:29	75.6	10:15	75.8	11:02	72.7	11:48	74.5
09:30	73.6	10:16	74.1	11:03	73.6	11:49	74.8
09:31	74.2	10:17	74.3	11:04	74.2	11:50	70.9
09:32	73.9	10:18	72.3	11:05	75	11:51	72.7
09:33	74.1	10:19	73.3	11:06	74.0	11:52	73.2
09:34	78	10:20	75.0	11:07	76.0	11:53	74.0
09:35	74.2	10:21	75.5	11:08	76.0	11:54	73.5
09:36	73.3	10:22	77.0	11:09	77.0	11:55	71.5
09:37	70.0	10:23	73.5	11:10	73.5	11:56	74.0
09:38	73.5	10:24	74.0	11:11	72.9	11:57	73.0
09:39	74.5	10:25	72.8	11:12	73.3	11:58	73.3
09:40	75.5	10:26	74.6	11:13	77.1	11:59	71.8
09:41	74.0	10:27	74.9	11:14	76.1	12:00	74.2
09:42	74.4	10:28	74.3	11:15	73.9	12:01	73.5
09:43	74.7	10:29	73.4	11:16	72.8	12:02	73.6
09:44	74.3	10:30	74.3	11:17	72	12:03	73.9
09:45	72.4	10:31	73.7	11:18	75.1	12:04	72.7

**Tabla A1.5 Continuación**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	74.8	12:50	76	13:35	76.3	14:20	73.6
12:06	77.1	12:51	72.6	13:36	71.5	14:21	72.5
12:07	73.9	12:52	72.3	13:37	72	14:22	74.0
12:08	72.5	12:53	72.7	13:38	74.4	14:23	76.0
12:09	75.0	12:54	72.3	13:39	74	14:24	76.5
12:10	74.5	12:55	75.0	13:40	71.6	14:25	75.0
12:11	70.0	12:56	72.5	13:41	71.5	14:26	74.3
12:12	75.5	12:57	75.5	13:42	78.0	14:27	73.3
12:13	77.5	12:58	75.0	13:43	77.0	14:28	75.5
12:14	75.7	12:59	73.0	13:44	73.5	14:29	73.5
12:15	71.2	13:00	75	13:45	75.5	14:30	75.5
12:16	73.4	13:01	75.6	13:46	74.1	14:31	71.5
12:17	74.1	13:02	74.4	13:47	71.6	14:32	73.0
12:18	73.6	13:03	72.9	13:48	73.9	14:33	76.5
12:19	72.8	13:04	75	13:49	75.3	14:34	74.0
12:20	77.0	13:05	71.6	13:50	72.5	14:35	73.6
12:21	78.5	13:06	75.5	13:51	77.0	14:36	70.4
12:22	73.0	13:07	72.5	13:52	73.0	14:37	70.3
12:23	77.0	13:08	72.5	13:53	74.0	14:38	73.9
12:24	74.0	13:09	76.0	13:54	79.0	14:39	73.1
12:25	73.5	13:10	74.0	13:55	71.6	14:40	74.0
12:26	73.8	13:11	73	13:56	72.4	14:41	76.0
12:27	75.5	13:12	70.3	13:57	72.7	14:42	76.0
12:28	76	13:13	74.8	13:58	75.0	14:43	77.0
12:29	75.1	13:14	73.1	13:59	75.5	14:44	73.5
12:30	75.0	13:15	78.0	14:00	71.5	14:45	72.6
12:31	75.5	13:16	76.0	14:01	73.0	14:46	76.3
12:32	73.5	13:17	76.5	14:02	76.5	14:47	72.1
12:33	74.0	13:18	75.5	14:03	71.5	14:48	73.1
12:34	75.0	13:19	74.5	14:04	73.5	14:49	76.3
12:35	74	13:20	74	14:05	73	14:50	71.5
12:36	72.4	13:21	73.6	14:06	75.1	14:51	75.5
12:37	71.4	13:22	70.4	14:07	76.3	14:52	72.5
12:38	73.7	13:23	70.3	14:08	75.0	14:53	72.5
12:39	71.3	13:24	73.9	14:09	75.5	14:54	76.0
12:40	74.5	13:25	73.1	14:10	73.5	14:55	74.0
12:41	73	13:26	72.5	14:11	74.0	14:56	71.9
12:42	72.5	13:27	74.6	14:12	75.0	14:57	71.6
12:43	74.0	13:28	75	14:13	74	14:58	72.4
12:44	76.0	13:29	77.5	14:14	74.9	14:59	72.7
12:45	76.5	13:30	70.5	14:15	74.6	15:00	73.9
12:46	75.0	13:31	75.0	14:16	77.5	15:01	
12:47	73.8	13:32	75.5	14:17	74.2	15:02	
12:48	71.3	13:33	73.5	14:18	78.9	15:03	
12:49	72.4	13:34	73.1	14:19	75.9	15:04	

**Tabla A1.6 Lecturas de ruido carretera Monterrey-Reynosa (cuota), km  
8+500**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	75.6	09:46	73.2	10:32	73.6	11:19	75.8
09:01	75.7	09:47	74	10:33	74.6	11:20	74.1
09:02	72.6	09:48	74.9	10:34	74.8	11:21	76.4
09:03	71.8	09:49	74.6	10:35	73	11:22	73.9
09:04	74.5	09:50	77.5	10:36	72.9	11:23	73.6
09:05	76.5	09:51	74.2	10:37	73.5	11:24	73.9
09:06	73.2	09:52	78.9	10:38	73.4	11:25	74.4
09:07	74.1	09:53	75.9	10:39	73.4	11:26	72.4
09:08	74.2	09:54	73.6	10:40	74.1	11:27	75.4
09:09	73.8	09:55	73.8	10:41	74.8	11:28	73
09:10	72.6	09:56	71.8	10:42	73.9	11:29	75
09:11	74.5	09:57	74.5	10:43	74.6	11:30	75.4
09:12	76	09:58	74.2	10:44	73.3	11:31	72.7
09:13	73.9	09:59	75.7	10:45	75.1	11:32	74.3
09:14	74.5	10:00	74.3	10:46	71.6	11:33	75
09:15	74.1	10:01	73.3	10:47	73	11:34	74.5
09:16	73.1	10:02	75.5	10:48	74.2	11:35	71
09:17	75.9	10:03	73.5	10:49	71.4	11:36	73.8
09:18	74.5	10:04	76.4	10:50	72.8	11:37	76.2
09:19	73.4	10:05	74.1	10:51	78	11:38	73.3
09:20	73.1	10:06	75.6	10:52	74.6	11:39	74.1
09:21	76.2	10:07	74.7	10:53	75.1	11:40	74.8
09:22	73.7	10:08	77.6	10:54	73.5	11:41	77.1
09:23	73.4	10:09	73.7	10:55	73.5	11:42	74.3
09:24	73.7	10:10	73.7	10:56	75.7	11:43	75.8
09:25	73	10:11	76.3	10:57	77.3	11:44	73.8
09:26	74	10:12	77.7	10:59	76.9	11:45	73.6
09:27	76.1	10:13	71.3	11:00	74.3	11:46	71.9
09:28	74.6	10:14	75.8	11:01	72.5	11:47	74.4
09:29	75.6	10:15	75.8	11:02	72.7	11:48	74.5
09:30	73.6	10:16	74.1	11:03	73.6	11:49	74.8
09:31	74.2	10:17	74.3	11:04	74.2	11:50	70.9
09:32	73.9	10:18	72.3	11:05	75	11:51	72.7
09:33	74.1	10:19	73.3	11:06	75.1	11:52	73.2
09:34	78	10:20	73.6	11:07	73.3	11:53	72
09:35	74.2	10:21	73.3	11:08	74	11:54	72.7
09:36	73.3	10:22	74.3	11:09	74.9	11:55	72.8
09:37	71.5	10:23	76.2	11:10	73.2	11:56	71.5
09:38	73.5	10:24	75.3	11:11	72.9	11:57	70.9
09:39	73	10:25	72.8	11:12	73.3	11:58	73.3
09:40	75.1	10:26	74.6	11:13	77.1	11:59	71.8
09:41	76.3	10:27	74.9	11:14	76.1	12:00	74.2
09:42	74.4	10:28	74.3	11:15	73.9	12:01	73.5
09:43 a.m.	74.7	10:29	73.4	11:16	72.8	12:02	73.6
09:44	74.3	10:30	74.3	11:17	72	12:03	73.9
09:45	72.4	10:31	73.7	11:18	75.1	12:04	72.7

**Tabla A1.6 Continuación.**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	74.8	12:50	76	13:35	76.3	14:20	73.6
12:06	77.1	12:51	72.6	13:36	71.5	14:21	73.8
12:07	73.9	12:52	72.3	13:37	72	14:22	71.8
12:08	72.5	12:53	72.7	13:38	74.4	14:23	74.5
12:09	72.9	12:54	72.3	13:39	74	14:24	74.2
12:10	74.3	12:55	72.2	13:40	71.6	14:25	75.7
12:11	76.5	12:56	71.7	13:41	76.1	14:26	74.3
12:12	72.5	12:57	73.1	13:42	71.5	14:27	73.3
12:13	74.2	12:58	72.4	13:43	73.5	14:28	75.5
12:14	75.7	12:59	74.8	13:44	75.1	14:29	73.5
12:15	71.2	13:00	75	13:45	74.9	14:30	76.4
12:16	73.4	13:01	75.6	13:46	74.1	14:31	74.1
12:17	74.1	13:02	74.4	13:47	71.6	14:32	75.6
12:18	73.6	13:03	72.9	13:48	73.9	14:33	74.7
12:19	72.8	13:04	75	13:49	75.3	14:34	77.6
12:20	74	13:05	71.6	13:50	74.2	14:35	73.6
12:21	72.7	13:06	72.4	13:51	72.7	14:36	70.4
12:22	74	13:07	71.6	13:52	72.5	14:37	70.3
12:23	73.3	13:08	72.2	13:53	76.9	14:38	73.9
12:24	74.5	13:09	75.1	13:54	71.9	14:39	73.1
12:25	73.5	13:10	72.4	13:55	71.6	14:40	72.5
12:26	73.8	13:11	73	13:56	72.4	14:41	74.6
12:27	75.5	13:12	70.3	13:57	72.7	14:42	75
12:28	76	13:13	74.8	13:58	73.9	14:43	73.6
12:29	75.1	13:14	73.1	13:59	74.1	14:44	77.2
12:30	76.9	13:15	73.9	14:00	78	14:45	72.6
12:31	72.1	13:16	73.4	14:01	74.2	14:46	76.3
12:32	74	13:17	72.6	14:02	73.3	14:47	72.1
12:33	72.9	13:18	73.5	14:03	71.5	14:48	73.1
12:34	72.9	13:19	72.9	14:04	73.5	14:49	76.3
12:35	74	13:20	74	14:05	73	14:50	71.5
12:36	72.4	13:21	73.6	14:06	75.1	14:51	72
12:37	71.4	13:22	70.4	14:07	76.3	14:52	74.4
12:38	73.7	13:23	70.3	14:08	74.4	14:53	74
12:39	71.3	13:24	73.9	14:09	74.7	14:54	71.6
12:40	74.5	13:25	73.1	14:10	74.3	14:55	76.1
12:41	73	13:26	72.5	14:11	72.4	14:56	71.9
12:42	75.1	13:27	74.6	14:12	73.2	14:57	71.6
12:43	74.1	13:28	75	14:13	74	14:58	72.4
12:44	72.8	13:29	73.6	14:14	74.9	14:59	72.7
12:45	70.1	13:30	77.2	14:15	74.6	15:00	73.9
12:46	70.2	13:31	72.6	14:16	77.5	15:01	
12:47	73.8	13:32	76.3	14:17	74.2	15:02	
12:48	71.3	13:33	72.1	14:18	78.9	15:03	
12:49	72.4	13:34	73.1	14:19	75.9	15:04	

**Tabla A1.7 Lecturas de ruido carretera Monterrey-N. Laredo (cuota), km 5+500**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
09:00	72.3	09:46	69.9	10:32	68.4	11:19	70.6
09:01	73.6	09:47	68.7	10:33	68.3	11:20	69.8
09:02	73.6	09:48	73.4	10:34	72.5	11:21	71
09:03	72.6	09:49	71.5	10:35	71.2	11:22	73.4
09:04	59.7	09:50	75.2	10:36	74.9	11:23	71.5
09:05	68.5	09:51	76	10:37	70.3	11:24	72.3
09:06	72	09:52	72.4	10:38	71.6	11:25	74
09:07	74.4	09:53	73	10:39	69.1	11:26	74.7
09:08	74.6	09:54	70.5	10:40	74.9	11:27	74.1
09:09	72.7	09:55	73.4	10:41	74.4	11:28	68.6
09:10	72.8	09:56	75.5	10:42	73.9	11:29	75.2
09:11	70.2	09:57	72.9	10:43	70.3	11:30	72.5
09:12	71.1	09:58	73.4	10:44	66	11:31	68.1
09:13	73.9	09:59	71.3	10:45	70.6	11:32	75.4
09:14	74.3	10:00	71	10:46	72.9	11:33	69.7
09:15	70.5	10:01	72.3	10:47	72.6	11:34	71.3
09:16	67.4	10:02	69.5	10:48	70.5	11:35	70.9
09:17	74.3	10:03	63.4	10:49	74.5	11:36	72.1
09:18	73.7	10:04	72.5	10:50	73.2	11:37	74.6
09:19	71.5	10:05	70.9	10:51	71.1	11:38	72.8
09:20	72.5	10:06	68.9	10:52	73.3	11:39	69.8
09:21	72.2	10:07	67.5	10:53	70.5	11:40	71.5
09:22	67.3	10:08	70.3	10:54	71.6	11:41	73.2
09:23	72.7	10:09	70.4	10:55	74.4	11:42	74.7
09:24	70	10:10	68.8	10:56	71.2	11:43	73.8
09:25	70.7	10:11	74.8	10:57	71	11:44	71.5
09:26	73.2	10:12	66.6	10:59	74	11:45	72.3
09:27	68.4	10:13	67.6	11:00	73.5	11:46	72
09:28	71.5	10:14	75.4	11:01	71.8	11:47	67.9
09:29	74	10:15	73	11:02	67.8	11:48	63.4
09:30	70.4	10:16	72.8	11:03	69	11:49	76.4
09:31	69.5	10:17	72	11:04	69.3	11:50	71.6
09:32	73.8	10:18	74.4	11:05	72.6	11:51	69.9
09:33	72.1	10:19	73	11:06	73.8	11:52	74.1
09:34	74.4	10:20	67.7	11:07	72.2	11:53	71.7
09:35	72.6	10:21	73	11:08	73.6	11:54	70.1
09:36	66.9	10:22	73.5	11:09	72.6	11:55	68.3
09:37	73.4	10:23	76.5	11:10	67.6	11:56	70.6
09:38	71.8	10:24	71.2	11:11	65.2	11:57	68.3
09:39	71.5	10:25	75.1	11:12	74.6	11:58	73
09:40	74.3	10:26	70.3	11:13	75.6	11:59	72.6
09:41	70.6	10:27	72.7	11:14	71.2	12:00	67.8
09:42	73.4	10:28	74.8	11:15	73.3	12:01	70.5
09:43	72.8	10:29	74	11:16	74.5	12:02	76.2
09:44	72.8	10:30	75.2	11:17	68.6	12:03	71.6
09:45	70.9	10:31	72.9	11:18	72.3	12:04	69.2

**Tabla A1.7 Continuación.**

Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura	Hora	Lectura
12:05	73.9	12:50	68.1	13:35	72.9	14:20	70.9
12:06	75	12:51	68.9	13:36	71.2	14:21	72.1
12:07	71.3	12:52	70.8	13:37	69.5	14:22	74.6
12:08	71.1	12:53	69.8	13:38	69.9	14:23	72.8
12:09	69.8	12:54	69	13:39	73.3	14:24	69.8
12:10	71.8	12:55	67.3	13:40	73.9	14:25	71.5
12:11	71.9	12:56	72	13:41	66.3	14:26	73.2
12:12	70	12:57	75.2	13:42	69.7	14:27	74.7
12:13	71.9	12:58	69.5	13:43	66.2	14:28	73.8
12:14	68.4	12:59	77.1	13:44	72.6	14:29	71.5
12:15	70.1	13:00	71.3	13:45	72	14:30	72.3
12:16	73.9	13:01	71.6	13:46	72	14:31	72
12:17	68.6	13:02	71.1	13:47	68.9	14:32	67.9
12:18	75.4	13:03	73.8	13:48	69.5	14:33	63.4
12:19	72.8	13:04	70.1	13:49	71.1	14:34	76.4
12:20	73.4	13:05	71.6	13:50	71	14:35	71.6
12:21	74	13:06	71.4	13:51	71	14:36	69.9
12:22	69.2	13:07	69.4	13:52	73.2	14:37	74.1
12:23	68.9	13:08	73	13:53	70.1	14:38	71.7
12:24	71.6	13:09	73.1	13:54	70.9	14:39	70.1
12:25	75.2	13:10	68	13:55	72.9	14:40	68.3
12:26	66.9	13:11	64.1	13:56	74	14:41	72.3
12:27	72.2	13:12	71.5	13:57	67.5	14:42	73.6
12:28	66.4	13:13	71.9	13:58	69	14:43	73.6
12:29	72.3	13:14	75.2	13:59	71.8	14:44	72.6
12:30	73.6	13:15	72.6	14:00	73.5	14:45	59.7
12:31	68.5	13:16	71.4	14:01	72.1	14:46	68.5
12:32	70.2	13:17	71.4	14:02	73.6	14:47	72
12:33	68.4	13:18	73	14:03	72.1	14:48	74.4
12:34	71.2	13:19	70.5	14:04	70.4	14:49	74.6
12:35	72.5	13:20	73.2	14:05	73.4	14:50	72.7
12:36	74.9	13:21	72.2	14:06	69.4	14:51	72.8
12:37	72	13:22	72.3	14:07	65.8	14:52	70.2
12:38	71.8	13:23	72.2	14:08	71.5	14:53	71.1
12:39	74.7	13:24	73.3	14:09	70.1	14:54	73.9
12:40	73.3	13:25	71.9	14:10	69.3	14:55	74.3
12:41	75	13:26	70.8	14:11	73.9	14:56	70.5
12:42	71.4	13:27	69.3	14:12	71.8	14:57	67.4
12:43	73.4	13:28	73.6	14:13	71.1	14:58	74.3
12:44	69.9	13:29	65	14:14	72.2	14:59	73.7
12:45	67.9	13:30	72.4	14:15	67.9	15:00	71.5
12:46	69.6	13:31	74.2	14:16	71.6	15:01	
12:47	72.7	13:32	73.3	14:17	70.6	15:02	
12:48	74.5	13:33	71.6	14:18	69.7	15:03	
12:49	70.9	13:34	70.8	14:19	71.3	15:04	





‡ Certificación ISO 9001:2000 según documento No 0109-2007-AQ-MEX-EMA,  
vigente hasta el 24 de octubre de 2009 ([www.imt.mx](http://www.imt.mx))

**CIUDAD DE MÉXICO**

Av Nuevo León 210, piso 2  
Col Hipódromo Condesa  
06100, México, D F  
tel (55) 5265 3190  
fax (55) 5265 3190 ext 4711

**SANFANDILA**

km 12+000, Carretera  
Querétaro-Galindo  
76700, Sanfandila, Qro  
tel (442) 216-9777  
fax (442) 216-9671

[www.imt.mx](http://www.imt.mx)  
[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)